

Vers une cohérence des pratiques de détection des chaleurs : intégrer la vache, l'éleveur et le système d'élevage

DISENHAUS C. (1,2), CUTULLIC E. (1, 2, 3), FRERET S. (4), PACCARD P. (5), PONSART C. (6)

(1) Agrocampus-Ouest, UMR 1080, Sciences et Productions Animales, 65 rue de Saint Brieuc, 35000 Rennes, France

(2) INRA, UMR1080 Production du Lait, 35590 Saint-Gilles, France

(3) Haute Ecole Suisse d'Agronomie, 3052 Zollikofen, Suisse

(4) INRA, UMR 85 Physiologie de la Reproduction et des Comportements, 37380 Nouzilly, France

(5) Institut de l'élevage, 9 allée Pierre de Fermat, F- 63170 Aubière

(6) UNCEIA, département R&D, 13 rue Jouët, 94704 Maisons-Alfort

RESUME

La détection des chaleurs résulte de la combinaison entre l'expression des comportements par les vaches et les facultés et/ou les possibilités de l'éleveur à repérer cette expression. L'expression des chaleurs repère l'ovulation, indétectable extérieurement. Cette expression des chaleurs est variable, en intensité, en durée et par le moment où les signes s'expriment. Les chaleurs des vaches laitières sont à la fois plus discrètes et plus courtes qu'auparavant. De plus, en race Holstein, les nombreuses anomalies de cyclicité réduisent le nombre d'ovulations et donc de chaleurs potentielles. Ceci complique encore la perception des cycles ovariens par l'éleveur. Dans cette synthèse, les principaux facteurs de variations de l'expression des chaleurs sont revus : au niveau de l'animal, l'accent est mis sur les effets de la qualité de la cyclicité après vêlage et de la production laitière au moment des chaleurs ; au niveau du troupeau, le nombre d'animaux potentiellement en chaleurs au même moment et la conduite de la reproduction modifient largement la détectabilité des chaleurs. La prise en compte de l'ensemble de ces facteurs doit permettre d'améliorer le conseil en élevage. Ainsi, dans des troupeaux à fort niveau de production, avec des vêlages étalés et une mise à la reproduction en stabulation, l'expression des chaleurs sera discrète. Leur détection nécessitera donc une attention soutenue et le recours à l'ensemble des signes sexuels. L'augmentation de sensibilité de la détection se fait au détriment de la spécificité, donc d'une augmentation des IA au mauvais moment. Un compromis propre à chaque élevage doit être trouvé. Une nouvelle génération d'aides à la détection se développe, le rapport coût-avantages restant à évaluer selon les objectifs du système de production.

Toward heat detection consistency in dairy herds: integrate the cow, the breeder and the production system.

DISENHAUS C. (1,2), CUTULLIC E. (1, 2, 3), FRERET S. (4), PACCARD P. (5), PONSART C. (6)

(1) Agrocampus-Ouest, UMR 1080, Sciences et Productions Animales, 65 rue de Saint Brieuc, 35000 Rennes, France

(2) INRA, UMR1080 Production du Lait, 35590 Saint-Gilles, France

SUMMARY

Heat detection results from the combination between expression of cows' behaviour and breeders' abilities and /or possibilities to recognise this expression. Heat predicts the ovulation, undetectable externally. Heat expression shows variation both in intensity, in duration and by the moment when signs occur. Dairy cows' heats are nowadays both more discreet and shorter than before. In addition, in the case of Holstein cows, the numerous cyclicity abnormalities reduce the number of ovulations and so the number of potential heats. This makes the perception of ovarian cycle difficult for breeders. In this paper, the main factors of variation of heat expression are reviewed, both at the animal and herd levels. We point to the quality of post partum activity, milk production at the moment of heat expression and the number of animals being in heat at the same time. Recommendations for breeders should be improved by taking into account all these factors. The heat expression will be poor in herds with a high level of milk production, different calving periods and reproduction in housing. Consequently, a sustained attention and the use of all sexual signs will be necessary for heat detection. Heat detection thus entails a focussed attention and the use of all sexual signs. Increasing the sensibility of detection decreases the specificity, thereby increasing the frequency of AI performed at the wrong moment. A compromise must be found in every farm. A new generation of heat detection systems is developed, their cost / advantage ratio still remains to be assessed according to the production system's objectives.

INTRODUCTION

On appelle communément « détection des chaleurs » le repérage, par l'éleveur, des signes comportementaux précédant l'ovulation. La détection des chaleurs est un problème aussi ancien que l'élevage laitier. Elle a toujours sollicité les capacités d'observation de l'éleveur, puisque peu d'éleveurs laitiers avaient et/ou ont un taureau à demeure. Ce problème est aujourd'hui d'autant plus d'actualité que la taille des troupeaux augmente et que le nombre de vaches/UTH s'élève. Le temps d'observation par vache peut donc être amené à être réduit dans un cadre de gestion du travail. En Amérique du Nord, les grands troupeaux ont adopté une conduite de la reproduction sur chaleurs induites par

utilisation des schémas de traitements hormonaux systématiques, alors qu'en France l'utilisation des traitements de maîtrise des cycles ne concerne que 2% des vaches laitières inséminées (Picard-Hagen *et al.*, 2008), principalement afin d'avancer et de regrouper les périodes de vêlages. Mais dans nos systèmes laitiers, les vêlages et la mise à la reproduction s'étendent souvent sur l'année entière (Trou *et al.*, 2010). De plus, en Europe, la pression des consommateurs et les préoccupations de santé publique conduisent à une utilisation raisonnée et plus restreinte des hormones en productions animales (Paris *et al.*, 2008). La détection des chaleurs spontanées reste de ce fait incontournable dans nos systèmes de production.

La détection est la combinaison de l'expression des vaches et des facultés et/ou des possibilités de l'éleveur à repérer cette expression. Ces dernières décennies, le problème est devenu suffisamment aigu pour générer de nombreuses études expérimentales et enquêtes sur le terrain et des innovations en termes de dispositifs automatisés. Cette synthèse reprend les récentes connaissances sur l'évolution de l'expression des chaleurs et de leur détection dans nos conditions actuelles d'élevage.

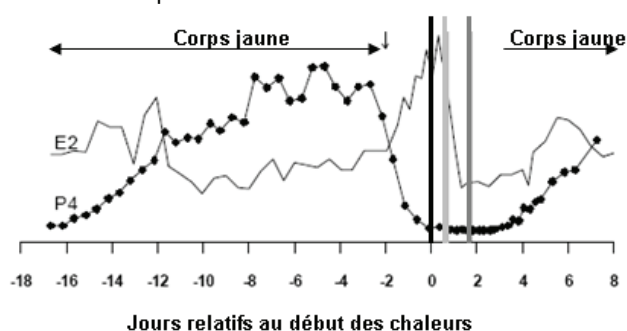
1. DES CHALEURS DETECTABLES : DES VACHES QUI OVULENT ET QUI S'EXPRIMENT

1.1. LES CHALEURS : SIGNES VISIBLES DE L'OVULATION

Physiologiquement les chaleurs, ou œstrus, sont définies par l'ensemble des phénomènes physiologiques et comportementaux qui précèdent et accompagnent l'ovulation chez la femelle des mammifères (Thibault, 1985). Les comportements sont initiés par une réponse cérébrale à l'élévation de l'œstradiol (E₂), principal œstrogène¹ chez la vache. L'œstradiol est synthétisé par les follicules. Sécrété dans le sang, sa concentration atteint un maximum lorsque le follicule dominant devient préovulatoire, en l'absence de progestérone (P₄) sécrétée par le corps jaune. Toujours en l'absence de corps jaune, l'élévation de l'œstradiol induit un pic de sécrétion de LH conduisant à l'ovulation (Allrich, 1994). La **figure 1** représente un exemple d'évolution de l'œstradiol et de la progestérone pendant un cycle. Les concentrations de progestérone dans le lait, reflet de la progestérone plasmatique (Roelofs *et al.*, 2006), sont généralement utilisées pour témoigner de l'ovulation dans les différentes études présentées ici. En conséquence, nous parlerons systématiquement de **détection des ovulations** lorsque les chaleurs détectées (par exemple par l'éleveur) sont confrontées aux chaleurs potentielles (à chaque ovulation) déduites des profils de progestérone. Nous parlerons de **détection des chaleurs**, lorsque les chaleurs sont observées et caractérisées (par exemple en terme de comportements) sans connaissance des ovulations.

Figure 1 Représentation du cycle hormonal chez la vache laitière. D'après Dieleman *et al.*, 1986

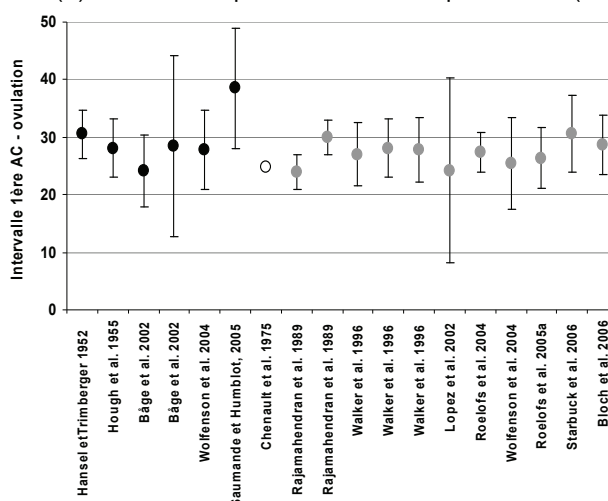
Le jour 0 est le jour du début des chaleurs (I), le trait | représente le pic de LH préovulatoire et le trait I le moment présumé de l'ovulation. E₂ = oestradiol, P₄ = progestérone, dosés dans le plasma.



D'une vache à l'autre et d'un cycle à l'autre, les rapports chronologiques entre le début des chaleurs, le pic de LH et l'ovulation sont variables (**Figure 2**), ce qui rend difficile le choix du moment optimal de l'insémination. Dans plusieurs études récentes, le début des chaleurs est concomitant avec le pic de LH (Bâge *et al.*, 2002), voire postérieur (Saumande et Humblot, 2005). Ces auteurs ont rapporté que la variation de l'intervalle entre le début des chaleurs et le pic de LH expliquait 80% de la variation observée entre le début des chaleurs et l'ovulation. Dans leur ensemble, ces études

suggèrent un découplage partiel du contrôle de l'ovulation et des chaleurs. La concentration en œstradiol serait suffisante pour déclencher le pic de LH et donc l'ovulation, mais insuffisante pour déclencher les comportements. Poussé à son maximum, ce phénomène expliquerait les "ovulations silencieuses", des ovulations sans aucun signe comportemental. A l'inverse, une forte concentration plasmatique en œstradiol, sécrétée par le placenta ou suite à des injections d'œstrogènes, peut générer des comportements de chaleurs alors qu'il n'y a pas d'ovulation (Dijkhuizen et Van Eerdenburg, 1997). Les facteurs de variation de l'expression comportementale ne sont donc pas nécessairement ceux de l'ovulation.

Figure 2 Intervalle de la première acceptation du chevauchement (AC) à l'ovulation (moyenne \pm 1 écart-type) dans 18 populations de génisses (●), de vaches (●) ou des deux (○) issues de 14 publications revues par Cutullic (2010).



1.2. ABSENCE DE CHALEURS OU ABSENCE D'OVULATION ?

En moyenne, 83% des vaches laitières ont repris une activité ovarienne avant 50 jours (**Tableau 1**). Chez les autres, la reprise peut être très tardive parfois à plus de 100 jours après vêlage (Grimard *et al.*, 2004). Selon les études récentes (revue de Grimard et Disenhaus, 2005 ; Windig *et al.*, 2008 ; Disenhaus *et al.*, 2009), seules 40 à 70% des vaches Holstein ont un profil de cyclicité normal après vêlage, 15 à 35% présentent un corps jaune qui persiste – parfois longtemps – avec comme conséquence un taux élevé de progestérone empêchant l'ovulation. Plus rarement, chez 5 à 10% des vaches, l'activité ovarienne s'interrompt pour une durée variable, pendant laquelle aucune chaleur ne pourra être observée. Cette répartition des profils de cyclicité à 2 conséquences i) peu d'ovulations donc peu de chaleurs possibles et ii) des durées de cycles variables, générant une difficulté à prédire le moment des chaleurs à partir des chaleurs précédentes.

Tableau 1 Proportion des vaches ayant repris leur cyclicité à 30 et 50 jours après vêlage (Disenhaus *et al.*, 2008). L'activité ovarienne est attestée par le dosage de la progestérone dans le lait.

Race	Nombre de vaches	% cyclées à 30 jours	% cyclées à 50 jours
Normande	106	63% ^{ab}	92%
PH	136	57% ^b	79%
Monbéliarde	35	40% ^c	74%

La valeur en gras diffère de toutes les valeurs de sa colonne (P<0,01). a≠c (P<0,05) ; b≠c (P<0,10)

Au regard de la seule référence disponible (Disenhaus *et al.*, 2008), les corps jaunes persistants apparaissent être un problème de la race Holstein. Chez les vaches Normande, 92% des vaches ont repris leur cyclicité avant 50 jours et

¹ Œstrogène veut dire "qui génère l'œstrus "

seules 8/106 ont présenté un corps jaune persistant (8%). Dans la race Montbéliarde, la reprise semble plus tardive (**Tableau 1**), aucun corps jaune persistant n'a été notifié et 7 vaches sur 35 ont présenté une interruption de cyclicité. Au final dans ces 2 autres races, une fois la cyclicité rétablie, la régularité des cycles comme la fréquence des ovulations étaient meilleures, augmentant la fréquence et en conséquence la détection possible des chaleurs.

1.3. LES COMPORTEMENTS : UNE GRANDE VARIÉTÉ D'EXPRESSION

L'acceptation du chevauchement : environ une ovulation sur deux en race Holstein.

Dans leur étude comportementale par observation continue, Esslemont et Bryant (1976) considéraient qu'une vache laitière était en chaleurs si elle acceptait le chevauchement au moins trois fois ou si elle tentait de chevaucher une congénère au moins six fois. En moyenne, ils ont observé 56 acceptations du chevauchement (AC) par période de chaleurs, résultats en conformité avec ceux de leurs contemporains (Hurnik *et al.*, 1975).

Trente ans plus tard, avec une telle définition des chaleurs, peu de vaches laitières seraient inséminées. Le pourcentage de vaches acceptant le chevauchement avant l'ovulation, comme le nombre d'AC par chaleurs a considérablement diminué. En observation continue (Kerbrat et Disenhaus, 2004) comme avec des détecteurs électroniques de chevauchement (Rorie *et al.*, 2002) seules 6 ovulations sur 10 étaient accompagnées d'AC et préférentiellement entre 1h et 7h du matin. Les autres références, basées sur de l'observation beaucoup plus rapprochée qu'en pratique (30 minutes toutes les 2 ou 3 heures) ont permis d'observer l'AC pour 35 à 60% des ovulations (Lyimo *et al.*, 2000; Roelofs *et al.*, 2005b, Van Vliet *et al.*, 1996).

(Re) définir les chaleurs ?

En 1996, Van Eerdenburg *et al.* ont élaboré une nouvelle approche comportementale des chaleurs, en proposant une grille d'observation qui attribue des points à chaque comportement sexuel, avec par ordre d'importance : l'AC ; puis des comportements sexuels actifs soit lorsque la vache en chaleurs « cherche » ses congénères, à savoir le chevauchement ou la tentative de chevauchement, le poser du menton sur la croupe, le reniflement de vulve, les cajolements (revue de Disenhaus et Cutullic, 2008). Aucun de ces signes n'est spécifique comme le montre leur apparition courante en dehors de la période d'ovulation. En revanche, l'augmentation de leur fréquence est significative de la période d'œstrus (Kerbrat et Disenhaus, 2004). En d'autres termes, la répétition de ces comportements sexuels peu spécifiques devient un comportement spécifique et permet de définir une période de chaleurs. L'observation de 4 comportements en ¼ d'heure d'observation a permis de détecter 100% vaches ayant ovulé avec seulement 3% de vaches déclarées en chaleurs alors qu'elles étaient en phase lutéale. Ces signes sont très brefs, de 1 à 5 secondes, et nécessitent une attention soutenue pour les repérer. Contrairement à l'AC, les signes sexuels secondaires sont exprimés régulièrement au cours du nyctémère (Kerbrat et Disenhaus, 2004). Les éleveurs laitiers connaissent et utilisent les signes sexuels secondaires (Ponsart *et al.*, 2006). Cependant ils sont parfois mal utilisés. Ainsi dans l'étude Fertilia (Fréret *et al.*, 2005, Ponsart *et al.*, 2006), l'IA après observation d'un seul de ces signes est une pratique associée à une augmentation significative des inséminations au mauvais moment ($P < 0,05$, Fréret *et al.*, non publié).

Des chaleurs diversement exprimées et une réalité des ovulations entièrement silencieuses.

Certaines vaches acceptent fréquemment le chevauchement, d'autres sont très actives et expriment fortement les autres signes, certaines expriment tout, certaines expriment peu et certaines n'ont pas de chaleurs associées à l'ovulation. Les études ayant couplé une observation continue avec le suivi de la cyclicité post-partum ont pu déceler une proportion non

négligeable, de 8 à 15%, d'ovulations qui n'étaient accompagnées d'aucune modification comportementale (Disenhaus, 2004, Ranasinghe *et al.*, 2010). L'augmentation de l'activité générale (déplacements et changements d'allure plus fréquents) reste un signe accompagnant systématiquement

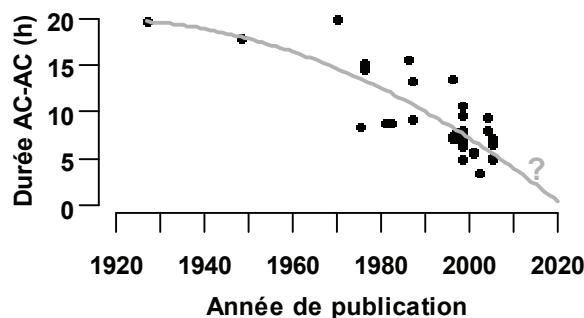
l'ovulation chez toutes les vaches exprimant des chaleurs (Kerbrat et Disenhaus, 2004, Ranasinghe *et al.*, 2010). Chaque vache en chaleurs se déplace significativement plus et reste moins longtemps couchée que cette même vache en phase lutéale (Kerbrat et Disenhaus, 2004, Lopez-Gatius *et al.*, 2005b). C'est sur ce principe qu'ont été mis au point les podomètres. En ferme expérimentale, la détection à partir de l'augmentation des déplacements est sensible² quasiment à 100% pour autant que l'activité soit étalonnée pour chaque vache par rapport à elle-même (Roelofs *et al.*, 2005a). Aussi l'intensité de l'expression ne peut pas être définie simplement. Comment qualifier les chaleurs d'une vache qui accepte peu le chevauchement mais qui lèche 150 fois la vulve d'une congénère ?

Une réduction préoccupante de la durée des chaleurs.

Comme on pouvait s'y attendre, une grande variabilité de la durée des chaleurs est rapportée : de 4 à 36 heures chez les vaches adultes (Kerbrat et Disenhaus, 2004, Van Vliet *et al.*, 1996). La durée des chaleurs en race Holstein, de la première à la dernière AC, était évaluée à 18-20 heures dans les années 80. Les études de ces dix dernières années rapportent une durée de 4 à 8 heures dans les mêmes conditions (**Figure 3**) et d'environ 14 h si l'on intègre les autres signes sexuels à la définition de l'œstrus (Van Eerdenburg *et al.*, 1996 ; Kerbrat et Disenhaus, 2004 ; Roelofs *et al.*, 2005b).

Figure 3 Revue de l'évolution de la durée des chaleurs chez la vache (Cutullic, 2010, n = 39).

La durée est estimée par l'intervalle entre la première et la dernière AC. Les observations ont été réalisées par suivi continu électronique ou observations répétées (au minimum 8 fois/jour)



En résumé, l'expression des chaleurs est variable, en intensité, en durée et par le moment où les signes s'expriment. Les chaleurs des vaches laitières sont conjointement plus discrètes et plus courtes qu'auparavant. Chez la vache Holstein, le nombre d'ovulations et donc de chaleurs potentielles est réduit du fait des nombreuses anomalies de cyclicité.

2. DES PRINCIPAUX FACTEURS DE VARIATION DE L'EXPRESSION

2.1. AU NIVEAU ANIMAL : QUALITÉ DE LA CYCLICITÉ ET PRODUCTION LAITIÈRE

Le rétablissement et la régularité de la cyclicité post-partum : des facteurs importants.

La première ovulation après vêlage est moins bien exprimée et de ce fait peu détectée (**Tableau 2**). En conséquence,

² Sensibilité : nombre de vaches détectées / nombre de vaches ayant une ovulation * 100

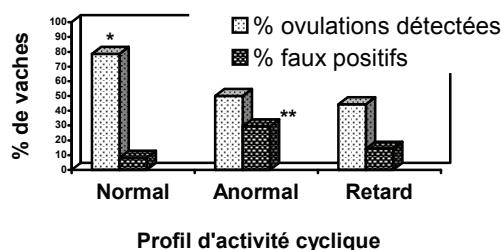
lorsque le rétablissement de l'activité ovarienne est tardif (à plus de 50 jours pp), l'expression des chaleurs au moment de la mise à la reproduction peut être pénalisée par une plus forte proportion de premières ovulations. En fermes expérimentales, la détection des ovulations entre 50 et 90 jours de lactation a été correctement réalisée pour 4/5 des vaches normalement cyclées depuis le vêlage (**Figure 4**). Cette proportion était significativement inférieure pour les autres profils de cyclicité. Lorsque la reprise d'activité cyclique était retardée ou anormale, la détection des ovulations de mise à la reproduction n'a pu être réalisée que pour une vache sur deux ($P < 0,05$), malgré l'attention particulière portée à la détection. La détection étant soigneusement codifiée, nous assumons que la détection des ovulations et l'expression des chaleurs étaient corrélées. En raison de l'attention particulière faite à la détection, le taux de faux positifs³, déjà important pour les profils normaux, est très supérieur ($P < 0,01$) pour les vaches dont la cyclicité est anormale. En pratique, la qualité de la cyclicité des vaches n'est pas connue. En conséquence, les facteurs qui jouent sur la cyclicité vont aussi avoir un impact sur les possibilités de détection et la qualité de détection des chaleurs par l'éleveur.

Tableau 2 : Comparaison de l'expression (suivi vidéo 24h/24) et de la détection des ovulations de 54 vaches sur la ferme expérimentale de Méjusseu (35) selon le numéro d'ovulation après vêlage (Disenhaus *et al.*, non publié).

	Nombre	Exprimées % (n)	Détectées % (n)
1 ^{ère} ovulation	54	39 (21)	11 (6)
2 ^{ème} ovulation	45	93 (42)	60 (27)

Les valeurs en gras diffèrent significativement des autres de la colonne ($P < 0,01$).

Figure 4 : Taux de détection des ovulations et taux de faux positifs entre 50 et 90 jours post-partum en fonction des profils d'activité cyclique post-partum des vaches $n=91$; Disenhaus, 2004). Normal : cyclicité normale, Anormal : Profil avec corps jaune persistant ou interruption, Retard : reprise de cyclicité après 50 jours de lactation. * % significativement différent à $P < 0,05$, ** à $P < 0,01$



L'effet négatif du niveau de production laitière sur la durée et l'intensité des chaleurs a été couramment observé (Lopez *et al.*, 2004, Lopez-Gatius *et al.*, 2005a, Pennington *et al.*, 1986, Ranasinghe *et al.*, 2010), et partiellement expliqué, en cohérence avec la dégradation de l'expression des chaleurs au cours de ces 30 dernières années. L'augmentation du nombre de traites, et donc de la production laitière à potentiel génétique constant a abaissé le taux de détection des ovulations⁴ (revue par Disenhaus, 2004). Les relations entre alimentation et production laitière sont complexes. Même en conditions expérimentales, il est difficile de faire la part des effets liés à la production laitière de ceux liés au bilan énergétique (généralement estimé en élevages par l'évolution de l'état corporel). En effet, la proportion de femelles cyclées précocement et régulièrement

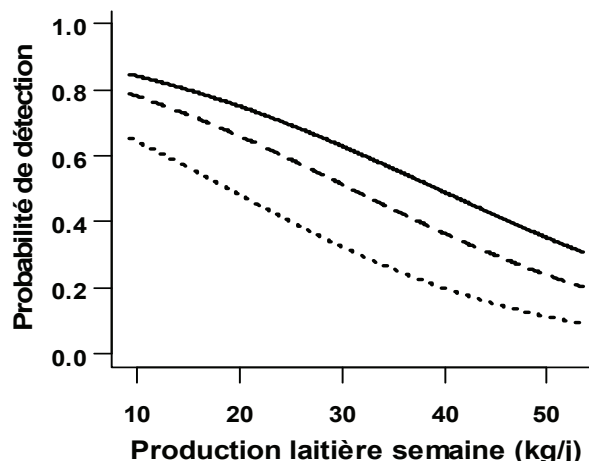
³ Vaches déclarées en chaleurs alors qu'elles n'ovulent pas

⁴ Taux de détection des ovulations : ovulations attestées par le profil de progestérone détectées par observation des chaleurs/ovulations attestées*100

après vêlage est aussi associée à l'état corporel au vêlage et à son évolution en début de lactation.

Pour dissocier l'effet de la production laitière de l'amaigrissement qui lui est associé, nous avons conduit deux expérimentations sur le domaine expérimental du Pin-au-Haras (de 2001 à 2005 : Delaby *et al.*, 2009, Cutullic *et al.*, 2009 ; de 2006 à 2008 : Cutullic *et al.*, 2010a et 2010b). Les deux expérimentations comparaient des lots de vaches, Holstein et Normande, alimentées de manière différente afin d'obtenir des animaux produisant beaucoup et maigrissant peu (lot haut) et des animaux produisant peu et maigrissant beaucoup (lot bas). La détection des ovulations étant codifiée, nous pouvons assumer que la détection est en relation avec l'expression des chaleurs. Dans les 2 expérimentations, la détection des chaleurs a été significativement facilitée dans les lots bas, en race Normande comme en race Holstein. Une loi de probabilité de la détection des ovulations en fonction du niveau de production laitière a été établie (**Figure 5**) : plus une vache a un niveau de production élevé, moins la probabilité de détection est élevée, que la détection repose sur l'AC ou sur l'ensemble des signes sexuels. Autrement dit, l'intégration de signes sexuels secondaires (§ 1.3) ne suffit pas à enrayer cette baisse de détection. La probabilité de détection de l'ovulation chute très rapidement si l'on n'utilise que l'AC. Il existe donc vraisemblablement un gradient d'intensité des chaleurs, de l'absence de comportement à l'AC. Aussi est-il sans doute plus pertinent de s'appuyer fortement sur les signes discrets dans les élevages à haute productivité laitière que dans les élevages moins productifs.

Figure 5 : Probabilité de détection de l'ovulation en fonction du niveau de production laitière sur la semaine de l'ovulation, selon que l'observateur utilise l'ensemble des signes sexuels pour caractériser les chaleurs (—), exige au moins un chevauchement (---), exige au moins une AC (...). (Cutullic *et al.*, 2010b). $N = 587$ ovulations de vaches de races Holstein et Normande. Les régressions logistiques incluent les effets race ($P < 0,01$), autre vache en chaleurs ($P < 0,0001$) et production laitière ($P < 0,0001$).



Il existe peu de références françaises comme étrangères concernant l'expression des chaleurs **chez d'autres races** que la Holstein. A priori, on pourrait supposer que l'expression des chaleurs est plus nette dans les autres races : les éleveurs se plaignent moins de la difficulté de détection, les intervalles entre vêlages sont plus courts, au-delà de l'effet d'une meilleure fertilité. A ce jour, les seules références disponibles en France sont celle de Hétreau *et al.* (2007) en troupeau mixte Montbéliarde-Abondance et celle de Cutullic *et al.* (2010a, 2010b) en race Normande. Dans cette expérimentation, à même niveau de production laitière, le taux de détection des ovulations a été meilleur pour les vaches de race Holstein que pour les vaches de race Normande ($P < 0,001$). La probabilité d'être détectée (tous

signes confondus) a été en effet supérieure de 17% pour une Holstein produisant 30 kg de lait par jour par rapport à une Normande de même niveau de production. Les quelques travaux étrangers ne concernent que la comparaison entre Holstein et Jersiaise et suggèrent que l'ovulation est plus souvent précédée d'AC en race Jersiaise (Fonseca *et al.*, 1983, Nebel *et al.*, 1997). Enfin, toute douleur, due aux boiteries par exemple, gêne l'expression des comportements (Walker *et al.*, 2010).

2.2. AU NIVEAU DU TROUPEAU : LES AUTRES VACHES EN CHALEURS, AVANT TOUT

La présence dans le troupeau d'une ou plusieurs autres vaches en chaleurs au même moment est le premier facteur de variation de l'expression des chaleurs, tous facteurs environnementaux et animaux confondus.

Le nombre de vaches simultanément en chaleurs augmente en effet significativement le nombre d'AC (Hurnik *et al.*, 1975 ; Kerbrat et Disenhaus, 2004) et les tentatives de chevauchement (Kerbrat et Disenhaus, 2004 ; Roelofs *et al.*, 2005b) mais pas les autres signes (Van Eerdenburg *et al.*, 2002 ; Kerbrat et Disenhaus, 2004). Ainsi, plus les vêlages sont groupés, mieux les chaleurs seront exprimées.

Le **Tableau 3** donne une estimation de la probabilité qu'une vache qui ovule – et donc qui devrait être en chaleurs – ait au moins une congénère qui ovule en même temps – et donc qui devrait être en chaleurs en même temps – pour 2 cas extrêmes de répartition des vêlages et 3 tailles de troupeaux fictifs. Sachant que la présence d'une autre vache en chaleurs explique de 25 à 50% (selon les références citées) de la variabilité d'expression, on voit clairement que dans les petits troupeaux et/ou lorsque les vêlages sont peu ou pas groupés, l'expression des chaleurs sera lourdement pénalisée.

De même, un sol meuble et le déplacement des animaux augmentent l'expression des AC (Seegers, 1999). Conduire des animaux à une aire d'exercice non bétonnée ou à la pâture est de fait favorable à l'expression des chaleurs et à leur détection (Britt *et al.*, 1986 ; Cutullic *et al.*, 2006). L'effet sol augmente donc l'intérêt des aides à la détection de l'AC à la pâture alors que leur utilisation en stabulation peut s'avérer décevante.

Tableau 3 : Probabilité d'avoir 2 ovulations concomitantes (autre ovulation le même jour ou le lendemain) dans un troupeau en fonction du nombre d'animaux et de la répartition des vêlages (Cutullic, non publié). Résultats sont issus de 1000 simulations (moyenne ± écart-type) à partir d'un modèle très simplifié de répartition des ovulations

Nombre de vaches	Vêlages groupés (3 mois)	Vêlages étalés (12 mois)
30	0,70 ± 0,06	0,41 ± 0,09
60	0,89 ± 0,03	0,66 ± 0,05
90	0,95 ± 0,01	0,80 ± 0,03

En résumé, dans des troupeaux à fort niveau de production, dont les vêlages sont étalés et la mise à la reproduction a lieu le plus souvent en stabulation, l'expression des chaleurs sera discrète. Leur détection nécessitera une attention soutenue et le recours à l'ensemble des signes sexuels.

3. LA DETECTION EN ELEVAGES

3.1. LES CHALEURS DETECTEES SONT D'ABORD DES CHALEURS DETECTABLES

Les conséquences techniques et économiques d'une sous-détection ne sont pas négligeables : pour une bonne fertilité intrinsèque, des simulations ont estimé qu'une diminution de 10 % de la sensibilité de la détection affecte les intervalles entre le vêlage et la 1^{ère} IA et l'IA fécondante avec un effet de l'ordre de +7 jours (Seegers *et al.*, 2010).

La sensibilité de la détection est très variable entre troupeaux: de 15 à 90 % (Grimard *et al.*, 2005). En élevage, les éleveurs doivent faire face aux variations de l'expression des chaleurs et de la cyclicité pour repérer les chaleurs. Seules les vaches qui ovulent et qui s'expriment auront des chaleurs détectables (Seegers *et al.*, 2010). Pratiquement, la première détection de chaleurs est en moyenne notée autour de 2 mois pp (59 jours, Ponsart *et al.*, 2006) et varie en fonction de la cyclicité des femelles entre 30 et 80 jours post-partum.

La 1^{ère} détection est plus tardive pour les vaches anormalement cyclées (78 vs 53 jours) et seules 31% de ces vaches (vs 65%) ont des chaleurs détectées avant la 1^{ère} IA (Congnard, 2005). Les éleveurs détectent plus fréquemment des signes manifestes et répétés lorsque les vaches sont normalement cyclées (**Figure 6**). La détection va donc être étroitement liée aux facteurs associés à la cyclicité, notamment les pathologies autour du vêlage et le profil d'état corporel (**Tableau 4**).

Dès le vêlage, et 30 jours après, suivre les indicateurs d'état corporel et de production laitière permet une surveillance accrue des femelles susceptibles de présenter une anomalie de cyclicité après vêlage (**Tableau 5**).

Les problèmes de détection sont aussi bien sûr liés aux modalités des observations. La fréquence des observations, la bonne utilisation des aides à la détection, comme celle des signes sexuels secondaires sont les principaux facteurs jouant sur la détection. Ainsi dans l'étude Fertilia, l'IA après observation d'un seul de ces signes ou sur l'indication du seul planning, est une pratique associée à une augmentation significative des inséminations au mauvais moment (P<0,05, Fréret *et al.*, non publié). En conséquence, la fertilité en 1^{ère} IA en a été affectée (**Figure 7**).

Tableau 4 : Facteurs influençant l'intervalle vêlage – 1^{ère} détection de chaleurs (n=353 ; Ponsart *et al.* 2006 ; modèle multivarié, avec élevage en effet aléatoire)

¹les différentes pathologies étaient regroupées : indicateurs global de la santé générale de l'animal

Variable	Classe	Effet estimé (jours)	P
Présence d'une pathologie post-partum ¹	Non	Réf	0,001
	Oui	+ 11 jours	
Perte d'état entre 0 et 30 jours PP	< 1 point	Réf	0,004
	≥ 1 point	+ 8 jours	
Note d'état corporel aux 1ères chaleurs	≥ 2,5	Réf	0,02
]1,5 – 2,5[+ 5 jours	
	≤ 1,5	+ 16 jours	
Rang de lactation	Primipare	Réf	> 0,05
	Multipare	+ 2 jours	

Tableau 5 : Intérêt des indicateurs d'état corporel (NEC) et production laitière (PL) à 30 jours pp, Ponsart *et al.*, 2007)

Référence	Indicateur	Effet
Dubois <i>et al.</i> , 2006	PL élevée 30 j PP TP/TB < 0,7 30 j PP	↑ anomalies cyclicité
Ponsart <i>et al.</i> , 2007	NEC < 2 30 j PP	

Figure 6 : Relation entre profil de cyclicité et modalités de détection de la première chaleur en 2004-2005 (n=236, Ponsart *et al.*, 2006)

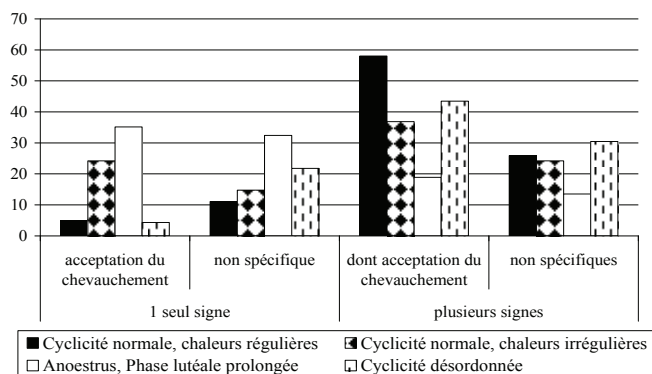
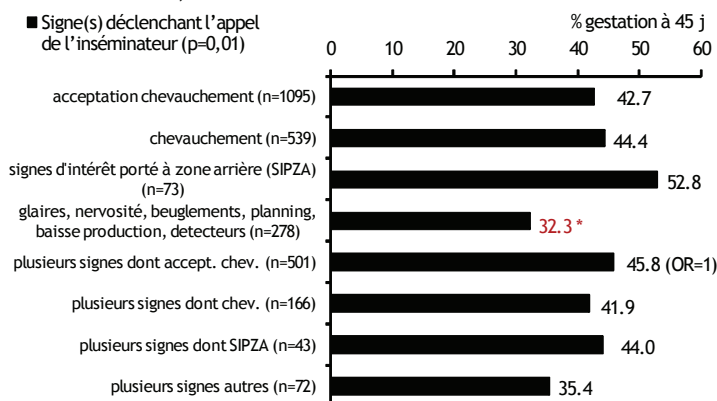


Figure 7 : Effet de(s) signe(s) déclenchant l'appel de l'inséminateur sur la fertilité en 1^{ère} IA (n=2767 vaches, enquête FERTILIA, analyse logistique multivariée avec effet élevage aléatoire ; d'après Fréret *et al.*, 2008). * les valeurs diffèrent de la modalité de référence « plusieurs signes dont AC » à P<0,05.



3.2 ADAPTER LES MODALITES DE DETECTION AUX OBJECTIFS DU TROUPEAU

Les modalités de détection optimales devraient être propres à chaque élevage en intégrant la variabilité de l'expression, selon les objectifs (répartition des vêlages, productivité laitière...), la taille du troupeau, le logement et l'organisation des activités du troupeau. Le texte ci-après donne quelques pistes pour s'adapter au troupeau.

Globalement, les vaches laitières privilégient l'alimentation au détriment de l'expression des chaleurs. Que ce soit en bâtiment (Tableau 6), ou au pâturage (Cavestany *et al.*, 2008 et, Figure 8) la détection est très rarement réalisée au cours de l'alimentation. D'après les données de Kerbrat (revue de Disenhaus, 2004), le moment séparant la fin de la traite de l'ouverture des cornadis a permis de détecter 50% des chaleurs. Enfin, en stabulation comme au pâturage, le crépuscule est une période propice d'observation pour la détection. Cependant, l'éloignement des habitations peut rendre exagérément contraignante l'observation à ce moment. Au pâturage, l'AC est plus fréquente (sol meuble, déplacement, espace...) mais parfois moins observée en raison de l'éloignement. La répartition des signes déclenchant l'appel de l'inséminateur est différente entre logettes et aire paillée, au détriment des signes spécifiques et répétés (enquête Fertilia, P<0,001, Fréret *et al.*, non publié).

La répartition des vêlages va influencer fortement les modalités de détection. En vêlages groupés, l'expression sera meilleure (Tableau 3), la perte d'un cycle va peser lourdement sur la réussite du système, la productivité laitière est généralement modérée et l'éleveur va concentrer ses efforts de détection sur la période de mise à la reproduction. En conséquence, tout signe d'alerte sera utilisé mais devra

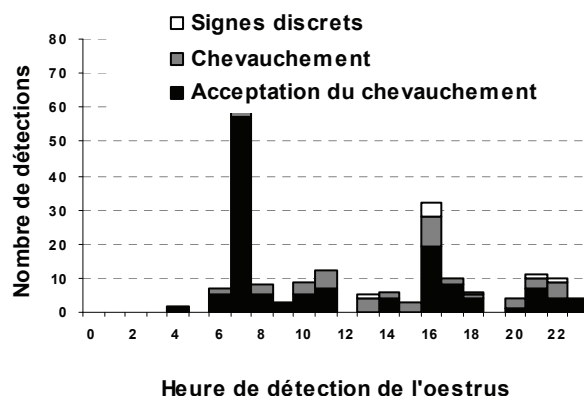
être confirmé pour éviter la surdétection. Dans un troupeau à très forte productivité laitière, le délai de mise à la reproduction n'est pas primordial, le coût de l'insémination souvent important et les animaux le plus souvent en bâtiment. L'expression est faible, les anomalies de cyclicité fréquentes et les vêlages le plus souvent étalés sur tout ou grande partie de l'année (revue de Disenhaus *et al.*, 2005). La détection des chaleurs est donc difficile. S'appuyer sur les signes discrets est pertinent (et réalisé, Ponsart *et al.*, 2010), mais nécessite la précaution de s'astreindre à repérer une répétition de ceux-ci, pour limiter les inséminations au mauvais moment (IAMM). Le processus conduisant l'éleveur à prendre la décision d'inséminer n'est pas toujours cohérent avec l'appréciation des signes observés par l'éleveur (Ponsart *et al.*, 2010)

Dans les grands troupeaux, le problème principal vient d'un déficit de temps de l'éleveur et/ou de la co-existence de plusieurs personnes chargées de la détection. Un planning, rempli est adapté, ne serait-ce que pour mémoriser et transmettre l'information. Celui-ci devra être utilisé avec précaution : les variations de durée des cycles conduisent à des IAMM si l'IA se fait au vu du planning seul.

Tableau 6 : Détection par les éleveurs des chaleurs précédant la 1^{ère} IA (Ponsart *et al.*, non publié)

Enquête :	FERTILIA		NEC+REPRO	
	N	%	N	%
Aux 1 ^{ères} chaleurs détectées	1992	44,6	223	43,4
Aux 2 ^{èmes} ou + chaleurs	2473	55,4	291	56,6
Observation du 1 ^{er} signe				
pendant période de traite	1428	33,2	178	37,6
pendant alimentation	465	10,8	58	12,3
pendant inactivité	2407	56,0	237	50,1
Avant 10 h				
Entre 10 et 16 h	1863	42,0	271	58,2
Après 16 h	1080	24,4	112	24,3
Appel sur 1 ^{er} signe				
Confirmation par d'autres signes	1488	33,6	83	17,8
Appel sur 1 ^{er} signe	2496	55,75	216	45,1
Confirmation par d'autres signes	1981	44,25	263	54,9

Figure 8 : Détection des chaleurs au pâturage : Répartition des heures de détection avec 5 périodes d'observation de 242 chaleurs détectées par AC (AC), chevauchement sans AC ou signes discrets sans chevauchement ni AC, (ferme expérimentale INRA du Pin au Haras, 2006 et 2007, Cutullic *et al.*, non publié).



3.3 DES NOUVELLES AIDES ET QU'EN ATTENDRE ?

Devant les difficultés précédemment évoquées, de nombreuses aides à la détection des chaleurs ont été développées. Comme leur nom l'indique, ces aides doivent aider et ne peuvent pas remplacer l'éleveur. Le tableau 7 résume pour chaque type d'aide l'opportunité d'utilisation, les avantages et les inconvénients connus des principales aides disponibles. Les limites, souvent liées à la méconnaissance sont citées. Seuls les outils de détection les plus récents sont

présentés ci-après. L'utilisation des traitements de maîtrise des cycles permettant une conduite de la reproduction en lots, avec des inséminations systématiques, sans détection des chaleurs, n'est pas abordée (Philipot, 2008).

Outre les aides classiques, planning, détecteurs de chevauchements et podomètres, déjà évoquées, 2 grandes familles de nouvelles technologies sont récemment développées – ou en cours de développement. Une première famille se base sur la détection des activités et mouvements des vaches. Il s'agit des podomètres de nouvelle génération et des "activimètres". Tous ces systèmes sont basés sur i) l'enregistrement en continu de l'activité de chaque vache : déplacement, temps couché, temps debout, et pour les activimètres : mouvements de la tête, de l'encolure...ii) le traitement de cette information par des algorithmes de calcul propres à chaque système permettant une comparaison automatique avec l'activité de la vache (et/ou du troupeau) les jours précédents, iii) une alerte donnée à l'éleveur. Le capteur peut être posé aux membres ou en collier sur la vache.

Les premières études, réalisées en Israël, aux Etats-Unis, en Allemagne et en France donnent une sensibilité très variable, de 60 à 100%, et une spécificité de 70 à 95% (synthèse de sources personnelles). Ces études ont été réalisées en bâtiment et très majoritairement dans des grands troupeaux à haute productivité laitière (> 10.000 kg/VL). Les podomètres enregistrant également le temps couché permettraient la détection en étable entravée (Brehme et al., 2008) A ce jour, en France, une centaine d'élevages utilisent ces dispositifs. Un certain nombre de questions restent posées : comment

ces dispositifs gèrent-ils la transition entre stabulation et pâturage ? Comment se comportent-ils dans un troupeau à haute incidence de boiteries, à haute incidence d'anomalies de cyclicité, à très faible expression animale ? Comment utiliser les alertes ? Lors d'essais réalisés, le taux de réussite à l'IA était optimal 4 à 6 heures après le pic d'activité (Ponsart, 2010). Cet intervalle est-il le même pour des vaches de moindre productivité ?

Une deuxième famille concerne les mesures automatisées lors de la traite : quantité de lait, conductivité du lait et progestérone dans le lait. Les 2 premières, automatisées ou non doivent être impérativement confirmées par l'observation. Pour la progestérone, le phénomène physiologique sous-jacent est la chute de progestérone précédant l'ovulation (**Figure 1**). Basée sur le prélèvement automatique de lait à la traite et le dosage de progestérone en ligne (en temps réel), le dispositif prédit le jour de l'ovulation (Friggens et Chagunda 2005) et non des chaleurs. A notre connaissance, ce dispositif n'est pas encore distribué en France. Conçu au Danemark, dans les troupeaux pilotes où cet outil est utilisé, un suivi vétérinaire est réalisé avec définition des conduites à tenir en cas d'alerte (Blom et Ridder, 2010, cité par Ponsart, 2010).

En résumé, la détection reste difficile. Un compromis propre à l'élevage doit être trouvé entre sensibilité et spécificité. Une nouvelle génération d'aides à la détection se développe. Le rapport coût-avantages est à évaluer selon les objectifs de l'élevage.

Tableau 7 : Résumé des avantages/limites/intérêt des principales aides à la détection

Aide	Opportunité	Avantages	Limites/inconvénients
Planning de reproduction	Toujours	Coût, transmission de l'information	Peu spécifique Ne doit pas être utilisé seul
Détecteur de chevauchement (simples, de la peinture à systèmes plus élaborés)	Bonne expression animale : pâturage, productivité animale modérée, vêlages groupés	Détection 24h/24, coût	Ne détecte que les AC (peu sensible), Faux positifs, Travail (mise en place)
Détecteurs électroniques de chevauchement	Bonne expression animale : productivité animale modérée, vêlages groupés	Détection 24h/24	Disponibilité, ne détecte que les AC, sensibilité (plusieurs AC), Travail (mise en place)
Détecteurs d'activité : podomètres simples,	Stabulation libre Expression animale faible	Détection 24h/24 de l'activité : plus sensible que AC et spécificité convenable	Pas en période de transition stabulation/pâturage Doivent être calibrés sur chaque vache.
podomètres nouvelle génération	Stabulation libre et étable entravée		Faux négatifs si boiteries
Activimètres	Stabulation libre, Expression animale faible ? Si déjà utilisé pour la détection des vêlages	Détection 24h/24 de l'activité : bonne spécificité si règles d'utilisation respectées (recul suffisant), assez bonne sensibilité	Disponibilité, coût Faux négatifs si expression faible Faux positifs si événement particulier (traitements) En période de transition ? Au pâturage ? Recul ?
Conductivité du lait, compteur à lait..	Intégrés au matériel de traite	Intégrés au matériel de traite	Peu spécifique Ne doivent être utilisés seuls
Dosage de la progestérone en ligne	Stabulation libre, expression animale très faible	Prédit le jour de l'ovulation si dosage quotidien	Disponibilité, coût très élevé
Taureau (vasectomisé ou non)	Contrainte temporelle forte Stabulation entravée	En monte : efficacité (sensible et spécifique) si pas trop de vaches (choix) En détection : sensibilité très variable	Danger, gestations non désirées (si non vasectomisé), travail (complications, agitation, tri), Sélection

CONCLUSION

De nombreux facteurs expliquent la difficulté de la détection des chaleurs en élevage. Cette dernière résulte des interactions entre la vache, l'éleveur et le système d'élevage. Du fait de la productivité laitière, les chaleurs sont peu exprimées et du fait du déficit énergétique qui lui est associé le nombre d'ovulations peut être faible.

L'étalement des vêlages, le temps passé par l'éleveur, les signes auxquels il a recours influencent la qualité de cette détection. Pour détecter les chaleurs, l'éleveur sera amené à choisir entre investissement en temps et investissement financier. Une prise en compte conjointe i) des objectifs de reproduction du système (regroupement ou étalement des vêlages), ii) des conséquences du système sur l'expression des chaleurs (expression du potentiel laitier, logement) et iii) des contraintes du système sur l'éleveur (temps de travail) doivent guider l'éleveur dans ses choix. A plus long terme, la sélection d'animaux aptes à exprimer les chaleurs serait un objectif à considérer avec l'apparition de la sélection génomique et des enregistrements automatisés de comportements ou d'indicateurs hormonaux.

Les auteurs remercient chaleureusement les personnels des fermes et laboratoires expérimentaux, de l'encadrement de l'élevage, des adhérents de l'UNCEIA du groupe Fertilité Femelle et bien sûr les éleveurs enquêtés pour avoir permis de réaliser les travaux cités ici.

- Allrich, R. D., 1994.** J. Dairy Sci., 77(9), 2738-2744.
- Bage, R., Gustafsson, H., Larsson, B., Forsberg, M., and Rodriguez-Martinez, H., 2002.** Theriogenology, 57(9), 2257-2269.
- Brehme, U., Stollberg, U., Holz, R., Schleusener, T., 2008.** Comp. and Electronics in Agriculture, 62(1), 73-80.
- Britt, J. H., Scott, R. G., Armstrong, J. D., and Whitacre, M. D., 1986.** J. Dairy Sci., 8, 2195-2202.
- Cavestany, D., et al., 2008.** Vet. Quart., 30:10-36.
- Cognard V., 2005.** Thèse, ENVL 160 p.
- Cutullic, E., 2010.** Doctorat, Université de Caen. 170p.
- Cutullic, E., Delaby, L., Causeur, D., et Disenhaus, C., 2006.** Renc. Rech. Rum., 13, 383-386.
- Cutullic, E., Delaby, L., Causeur, D., Michel, G., and Disenhaus, C., 2009.** Anim. Reprod. Sci., 113(1-4), 22-37.
- Cutullic, E., Delaby, L., Gallard, Y., and Disenhaus, C., 2010a.** Animal, in press (accepté le 16 sept. 2010).
- Cutullic, E., Delaby, L., Gallard, Y., Disenhaus, C., 2010b,** in 14th international conference on production diseases in farm animal. Gent, Belgique, 21.
- Delaby, L., Faverdin, P., Michel, G., Disenhaus, C., and Peyraud, J. L., 2009.** Animal, 3(6), 891-905.
- Dieleman, S. J., Bevers, M.M., Van Tol, H.T.M., Willemsse, A.H., 1997.** Anim. Reprod. Sci., 10, 275-292.
- Dijkhuizen, T.J., van Eerdenburg, F.J.C.M., 1997.** Vet. Quart., 19, 4: 194-196
- Disenhaus, C., Grimard, B., Trou, G., Delaby L., 2005.** Renc. Rech. Rum., 12, 125-135.
- Disenhaus, C., et al., 2008.** Renc. Rech. Rum., 15, 383-386.
- Disenhaus, C., 2004.** In Journées nationales des GTV, Tours (France), 859-865.
- Disenhaus, C. et Cutullic, E., 2008.** In Journées nationales des GTV, Nantes (France), 61-68.
- Disenhaus, C.; Cutullic, E.; Blanc, F.; Agabriel, J., 2009.** J. Dairy Sci., 92, 478.
- Dubois, P., Freret, S., Charbonnier, G., Humblot, P., Ponsart, C., 2006.** Renc. Rech. Rum., 13, 295.
- Esslemont, R. J., and Bryant, M. J., 1976.** Veterinary Record, 99, 472-475.
- Fonseca, F. A., Britt, J. H., Mc Daniel, B. T., Wilk, J. C., and Rakes, A. H., 1983.** J. Dairy Sci., 66(5), 1128-1147.
- Freret, S., Charbonnier, G., Congnard, V., Jeanguyot, N., Dubois, P., Levert, J., Humblot, P., Ponsart, C., 2005.** Renc. Rech. Rum., 12, 149-152.
- Freret, S., Ponsart, C., Paccard, P., Jeanguyot, N., et Humblot, P., 2008.** Renc. Rech. Rum., 15, 375.
- Friggens, N. C., and Chagunda, M. G. G., 2005.** Theriogenology, 64(1), 155-190.
- Grimard, B., Disenhaus, C., and Mialot, J. P., 2004,** In Journée Bovine Nantaise, 89-93.
- Grimard, B., Freret, S., Seegers, H., Ponsart, C., Chevallier, A. et Humblot, P., 2005.** Reprod Dom Anim, 40(4), 358.
- Grimard, B. et Disenhaus, C., 2005.** Point vétérinaire, 16-21.
- Hétreau, T., Giroud, O., Ponsart, C., Paccard, P., and Badinand, F., 2007.** Renc. Rech. Rum., 14, 372.
- Hurnik, J. F., King, G. J. and Robertson, H. A., 1975.** Applied Animal Ethology, 2, 55-68.
- Kerbrat, S. and Disenhaus, C., 2004.** Applied Animal Behaviour Science, 87, 223-238.
- Lopez, H., Satter, L. D., and Wiltbank, M. C., 2004.** Animal Reprod. Science, 81(3-4), 209-223.
- Lopez-Gatius, F., Lopez-Bejar, M., Fenech, M., and Hunter, R. H. F., 2005a.** Theriogenology 63(5), 1298-1307.
- Lopez-Gatius, F., Santolaria, P., Mundet, I., and Yaniz, J. L., 2005b.** Theriogenology, 63(5), 1419-1429.
- Lyimo, Z.C., Nielen, M., Ouweltjes, W., Kruij, T.A.M., Eerdenburg, F., 2000.** Theriogenology, 53(9), 1783-1795.
- Nebel, R.L., Jobst, S.M., Dransfield, M.B.G., Pandolfi, S.M., Bailey, T.L., 1997.** J. Dairy Sci., 80 Suppl. 1, 179.
- Paris A, et al. 2008.** Chapitre 6. In Hormones, santé publique et environnement, Eds Milgrom E & Baulieu EE, Académie des Sciences, 2008, 239-288.
- Pennington, J. A., Albright, J. L., and Callahan, C. J., 1986.** J. Dairy Sci., 69(11), 2925-2934.
- Philipot, J.M. 2008.** BTIA, 128, 54-56.
- Picard-Hagen, N., Saint-Blancat, M., Ponsart, C., Ennuyer, M., Defachelles, J., DesCôteaux, L., 2008.** Le Nouveau Praticien Vétérinaire, Vol. 2, N° 10, 37-45.
- Ponsart C. et al., 2010.** Renc. Rech. Rum., 17, accepté.
- Ponsart, C. et al., 2007.** Renc. Rech. Rum., 14, 351-358.
- Ponsart, C., 2010.** BTIA, 136, 22-24.
- Ponsart, C., Freret, S., Charbonnier, G., Giroud, O., Dubois, P., Humblot, P., 2006.** Renc. Rech. Rum., 13, 273-276.
- Ranasinghe, R. M. S. B., Nakao, T., Yamada, K., and Koike, K., 2010.** Theriogenology, 73(7), 942-949.
- Roelofs, J. B., Van Eerdenburg, F. J. C. M., Soede, N. M., and Kemp, B., 2005a.** Theriogenology, 63(5), 1366-1377.
- Roelofs, J. B., Van Eerdenburg, F. J. C. M., Soede, N. M., and Kemp, B. 2005b.** Theriogenology, 64(8), 1690-1703.
- Roelofs, J.B., Van Eerdenburg, F.J., Hazeleger, W., Soede, N.M., Kemp, B., 2006.** Anim. Reprod. Sci., 91(3-4), 337-343.
- Rorie, R.W., Bilby, T.R. and Lester, T.D., 2002.** Theriogenology, 57, 137-148.
- Saumande, J., and Humblot, P., 2005.** Anim. Reprod. Sci., 85(3-4), 171-182.
- Seegers, H., Billon, D., Bossard-Apper, E., Ponsart, C., Bareille, N., 2010,** Renc. Rech. Rum., 17. Accepté
- Seegers, H., 1999.** JNGTV, 539, 57-66.
- Trou, G., et al., 2010.** Renc. Rech. Rum., 17, accepté.
- Van Eerdenburg, F.J.C.M., Karthaus, D., Taverne, M.A.M., Mercis, I., Szenci, O., 2002.** J. Dairy Sci., 85(5), 1150-1156.
- Van Eerdenburg, F. J., Loeffler, H. S., and Van Vliet, J. H., 1996.** Vet. Quart., 18(2), 52-54.
- Van Vliet, J. H. and Van Eerdenburg, F. J. C. M., 1996.** Applied Animal Behaviour Science, 50(1), 57-69.
- Walker, S.L., Smith, R.F., Jones, D.N., Routly, J.E., Morris, M.J., Dobson, H., 2010.** Reprod. Domest. Anim., 45(1), 109-117.
- Windig, J. J., Beerda, B., and Veerkamp, R. F., 2008.** J. Dairy Sci., 91(7), 2874-2884.