

Facteurs de variation de la fertilité en première IA chez les vaches Prim'Holstein

FRERET S. (1), SALVETTI P. (2), GATIEN J. (2), HUMBLLOT P. (3), PONSART C. (2)
(1) INRA, UMR 85 Physiologie de la Reproduction et des Comportements, 37380 Nouzilly, France
(2) UNCEIA, Département R & D, 13 rue Jouët, 94704 Maisons-Alfort cedex, France
(3) SLU Swedish University of Agricultural Sciences, Po Box 7054, SE 750 07 Uppsala, Suède

RESUME

L'enquête « FERTILIA » a été menée dans 135 élevages et a impliqué 15 coopératives d'insémination (IA), afin d'étudier à large échelle les facteurs de variation de la fertilité en 1^{ère} IA en race Prim'Holstein. Un phénotypage fin de la fertilité a été mis en œuvre pour déterminer les taux d'IA réalisées en phase lutéale (IAPL), de non fécondation ou mortalité embryonnaire précoce (NF-MEP), de phase lutéale prolongée ou mortalité embryonnaire tardive (PLP-MET) et de gestation 45 jours après IA1. Le niveau génétique fertilité des vaches et les conditions de vêlage ont eu un effet sur les taux de PLP-MET et de gestation. Les modalités de détection des chaleurs ont impacté tous les critères de fertilité, alors que les effets des conditions d'insémination ont été observés sur les taux d'IAPL et de NF-MEP. L'alimentation et la production laitière en début de lactation ont influencé les taux de NF-MEP, de PLP-MET et par conséquent de gestation.

Factors influencing fertility at first service in Prim'Holstein cows

FRERET S. (1), SALVETTI P. (2), GATIEN J. (2), HUMBLLOT P. (3), PONSART C. (2)
(1) INRA, UMR 85 Physiologie de la Reproduction et des Comportements, 37380 Nouzilly, France

SUMMARY

The study named "FERTILIA" was conducted in 135 commercial herds and concerned 15 artificial insemination (AI) centers, in order to study factors influencing fertility at first service in Prim'Holstein cows.

Fertility was precisely described by measuring the rates of AI performed in luteal phase (LPAI), non-fertilization or early embryonic death (NF-EED), prolonged luteal phase or late embryonic death (PLP-LED) and pregnancy at day 45 (PREG). The cows' genetic fertility index and calving conditions affected PLP-LED and pregnancy rates. Oestrus detection influenced all fertility parameters, whereas AI conditions influenced only LPAI and NF-EED rates. Nutrition and milk production in the first 3 months of lactation affected NF-EED, PLP-LED and pregnancy rates.

INTRODUCTION

La diminution rapide et continue du taux de réussite en première IA a été principalement marquée chez les vaches de race Prim'Holstein (baisse de 1 point/an entre 1995 et 2003, Barbat *et al.*, 2005). Depuis l'intégration de la fertilité dans les schémas de sélection, celle-ci semble se stabiliser (Le Mézec et Barbat, 2010). Mais l'origine de cette dégradation n'est qu'à 50 % d'ordre génétique. En outre, plus de 50 % des échecs après insémination (IA) ont lieu avant 35 jours de gestation (Ledoux *et al.*, 2006). L'enquête FERTILIA a été mise en œuvre en élevage et à large échelle afin de décrire les paramètres de fertilité en 1^{ère} IA en race Prim'holstein (inséminations réalisées en phase lutéale, mortalités embryonnaires, taux de gestation) puis de mettre en évidence des facteurs de variation de ces paramètres en étudiant le post partum, les pratiques des éleveurs pour la détection des chaleurs (signes observés, modalités d'appel de l'inséminateur), les conditions et la technique d'insémination (IA), la production laitière et la gestion alimentaire du tarissement et du début de lactation.

1. MATERIEL ET METHODES

Cette enquête a été réalisée dans 135 élevages Prim'Holstein répartis dans 15 coopératives d'IA. Les données individuelles pour les vaches-IA1 incluses dans l'enquête (n=4621) ont été recueillies grâce à des questionnaires auprès des éleveurs (conditions de vêlage et événements en post partum (PP), détection des chaleurs, gestion du tarissement, calendriers fourragers et plans de complémentation) et des inséminateurs (conditions et technique d'IA). Les paramètres décrivant la fertilité en 1^{ère} IA ont été déterminés selon la méthodologie décrite par Fréret *et al.* (2006) : taux d'IA réalisées en phase lutéale (IAPL), taux de non fécondation/mortalité embryonnaire précoce (NF-MEP), taux de phase lutéale prolongée/ mortalité

embryonnaire tardive (PLP-MET) et taux de gestation à 45 jours après IA1 (TG), calculés en excluant les IAPL. Les données d'IA et de production laitière des 3 premiers contrôles, ainsi que les informations génétiques (index lait, TP, TB et INEL des vaches, index fertilité des pères et grands-pères maternels), ont été extraites du Système d'Information Génétique.

Toutes les analyses ont été réalisées avec le logiciel SAS® (SAS Institute, 2009). Après une étape d'analyse descriptive des données, une analyse univariée a permis de tester les relations entre variables (Chi2, test T de Student ou ANOVA selon le type de variable). Pour la partie alimentation, une typologie sur les données individuelles de rationnement au moment du vêlage et de l'IA a été réalisée par analyse en composantes principales et classification ascendante hiérarchique (macro TYPO de Brun (1995)). Les variables concernant le type de ration (complète ou non), les quantités de fourrages (pâturage, ensilage de maïs et d'herbe) et de concentrés (énergétiques et azotés, dans la ration de base et la complémentation) ont été utilisées pour la construction de la typologie. L'analyse multivariée des facteurs de variation potentiels sur les taux d'IAPL, de NF-MEP, de PLP-MET (incidence, par rapport au nombre de vaches encore gestantes à 21 jours) et de gestation a été réalisée avec des modèles mixtes de régression logistique (procédure GLIMMIX) en incluant un effet élevage aléatoire. Les variables avec un $p \leq 0,15$ en analyse univariée ont été introduites dans les modèles puis retirées pas à pas, en commençant par les effets les moins significatifs, afin de ne conserver que des effets avec $p \leq 0,05$ dans les modèles (sauf IVIA1 conservé en ajustement dans le modèle NF-MEP). Les interactions d'ordre 1 ont été testées.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les caractéristiques des élevages enquêtés ont été décrites par Fréret *et al.* (2006). Les performances de reproduction

individuelles moyennes ont été : 4,5 % d'IA en phase lutéale, 36,9 % de NF-MEP, 19,4 % de PLP-MET en fréquence (par rapport au nombre de vaches pour lesquelles le statut NF-MEP ou PLP-MET peut être déterminé) et 31,9 % de PLP-MET en incidence (par rapport au nombre de vaches encore gestantes à 21 jours), 47,1 % de gestation à 45 jours. Ces chiffres sont en accord avec ce qui a été observé dans les études antérieures (Ledoux *et al.*, 2006), mais avec un taux d'IAMM peu élevé et une incidence de PLP-MET plus élevée. Les modèles multivariés sont présentés dans les tableaux 1 à 4 : les résultats sont exprimés en pourcentages estimés, les comparaisons significatives entre modalités au seuil de 5 % sont indiquées par a vs. b et x vs. y.

2.1. NIVEAU GENETIQUE FERTILITE FEMELLE

Le niveau génétique fertilité femelle sur ascendance des vaches (= 0.5 index fertilité du père + 0.25 index fertilité du grand-père maternel) a un effet favorable sur le TG (tableau 4), notamment par l'intermédiaire d'une diminution du taux de PLP-MET lorsque l'index fertilité augmente (tableau 3). La prise en compte de l'index fertilité des taureaux lors du planning d'accouplement est donc particulièrement important. Le niveau génétique lait n'a pas eu d'effet sur la fertilité, contrairement à ce qui a été observé par Pinto *et al.* (2000).

2.2. CONDITIONS DE VELAGE ET DELAI DE MISE A LA REPRODUCTION

Comme l'index fertilité, les conditions de vêlage affectent les événements plus tardifs : le taux de PLP-MET le plus bas et le TG le plus élevé concernent les vêlages pratiqués sans aide (tableaux 3 et 4). Les interventions de type « aide difficile, césarienne, embryotomie » dégradent la fertilité. Il semble important de faire de la prévention auprès des éleveurs qui interviennent trop rapidement ou systématiquement lors des mises bas.

Le délai de mise à la reproduction (intervalle vêlage-IA1) affecte les IAPL et la fertilité. En effet, le taux d'IAPL est augmenté lors des mises à la reproduction tardives (IVIA1 \geq 90 j PP, tableau 1). Le TG est dégradé pour les IVIA1 < 60 j (conformément aux résultats de Barbat *et al.* (2005), et avec une tendance à l'augmentation du taux de NF-MEP) et amélioré pour les IVIA1 \geq 90 j (tableaux 2 et 4). Il faut donc veiller à ne pas mettre les femelles à la reproduction trop tôt après vêlage (si la maîtrise des intervalles n'est pas une contrainte), même si des signes de chaleurs sont observés.

2.3. SIGNES DE CHALEURS ET DELAI D'IA

Le type de signes de chaleurs observés par les éleveurs a un impact sur la fertilité. Le taux d'IAPL est nettement augmenté lorsque l'éleveur décide d'appeler l'inséminateur sur l'observation d'un ou plusieurs signes non spécifiques et non liés à un comportement sexuel (présence de glaires, nervosité, beuglements, consultation du planning, baisse de production, détecteur, tableau 1). Le taux de PLP-MET est également augmenté, ce qui est dégradé le TG (tableaux 3 et 4). Pourtant, certains éleveurs considèrent les signes non spécifiques (et particulièrement la présence de glaires) comme des signes relativement fiables d'œstrus (Ponsart *et al.*, 2010). Il faut donc les sensibiliser aux bonnes pratiques de détection, qui nécessitent une attention soutenue et le recours à l'ensemble des signes sexuels, et notamment la répétition des signes sexuels secondaires (SIPZA = signes d'intérêt porté à la zone arrière) (Disenhaus *et al.*, 2010).

Lorsque le délai entre la détection du(es) signe(s) ayant déclenché l'appel de l'inséminateur et l'IA est supérieur à 18 heures, le taux de NF-MEP augmente, mais le TG n'est dégradé que lorsque ce délai dépasse 24 heures (tableaux 2 et 4). Cela permet une certaine souplesse dans l'organisation des tournées d'IA par les coopératives. Il est cependant important d'appeler l'inséminateur aussitôt après avoir observé les signes spécifiques de l'œstrus (acceptation du chevauchement, répétition des signes sexuels secondaires) pour éviter une IA trop tardive qui conduirait à une NF-MEP

liée à une dégénérescence de l'ovocyte ovulé. D'après la littérature, il est possible de préconiser d'inséminer les femelles entre 6 et 18 heures après détection des chaleurs (Dransfield, 1998 ; Roelofs, 2006).

2.4. CONDITIONS D'IA

Lorsque le nombre de vaches inséminées en même temps dans un élevage est \geq 3 ou lorsque le passage du col utérin est jugé « plutôt difficile à difficile » par l'inséminateur, le taux d'IAPL est augmenté (tableau 1). Cela met en évidence une mise à la reproduction de femelles qui ne sont pas vraiment en chaleur, si l'inséminateur est déjà appelé pour des vaches avec des chaleurs confirmées. Les inséminateurs doivent donc être vigilants lorsque l'appel porte sur l'insémination de plusieurs femelles (confirmation du statut, discussion avec l'éleveur). La contention de la vache lors de l'IA est également importante : lorsqu'elle est jugée « bonne » par l'inséminateur, le taux de NF-MEP diminue (tableau 2).

2.5. RANG DE LACTATION ET PRODUCTION LAITIERE

La parité affecte la fertilité des vaches : le TG est plus élevé chez les primipares, et les vaches à partir de la 3^{ème} lactation sont pénalisées par une augmentation du taux de PLP-MET (tableaux 3 et 4). La quantité de lait produit pénalise la fertilité : baisse du TG et augmentation du taux de PLP-MET chez les vaches dont la production moyenne sur les 3 premiers contrôles laitiers est > 30 kg pour les primipares et > 39 kg pour les multipares (tableaux 3 et 4). Lorsque le rapport (TB/TP) maximum sur les 3 premiers contrôles est > 1,5 (indicateur de déficit énergétique), le taux de NF-MEP est augmenté (tableau 2). Ce type d'indicateurs peut permettre de repérer des vaches à risque d'anomalie de cyclicité ou d'infertilité mais aussi de caractériser les effets de stratégies de conduites alimentaires sur la reproduction. Ces résultats sont en accord avec ceux de Cutullic *et al.* (2010) qui montrent que la gestion des réserves corporelles a des effets plutôt sur la cyclicité, la fécondation et le développement embryonnaire précoce, tandis que le niveau et la dynamique de production laitière jouent sur l'œstrus et le développement embryonnaire tardif.

La fertilité est meilleure (TG plus élevé et taux de NF-MEP/PLP-MET plus bas) lorsque les comptages cellulaires individuels (CCI) sont < 300 000 cellules/ml à chacun des 3 premiers contrôles (tableaux 2, 3 et 4), ce qui pourrait indiquer un statut sanitaire des vaches favorable.

2.6. ALIMENTATION ENTRE LE VELAGE ET L'IA

Les 9 classes de typologie d'alimentation du vêlage à l'IA obtenues ont été décrites par Fréret *et al.* (2010). La variable « classe de typologie » a un effet significatif dans les modèles multivariés sur le TG et les taux de NF-MEP/PLP-MET (tableaux 2,3 et 4), c'est-à-dire à effets fixes du rang de lactation, de la production laitière et du rapport TB/TP maximum. Des profils de conduites alimentaires du vêlage à l'IA peuvent ainsi être identifiés.

Les classes 3, 8 et 9 présentent les TG les plus élevés et de faibles taux de NF-MEP et/ou PLP-MET. Dans les classes 8 et 9, l'apport de concentrés est individualisé et fractionné grâce à l'utilisation d'un DAC (distributeur automatique de concentrés), permettant une bonne fertilité malgré une forte augmentation des apports de concentrés autour du vêlage, et ce quel que soit le mode d'apport d'ensilage de maïs (élevé au vêlage et stable jusqu'à l'IA dans la classe 8, augmentation progressive du vêlage à l'IA dans la classe 9). Les classes 3 et 7 représentent le système « ration complète » (respectivement 90 et 100% de rations complètes). Mais la gestion de la transition alimentaire autour du vêlage est mieux gérée dans la classe 3, dans laquelle les femelles sont réintroduites précocement (au moins 7 j avant vêlage) dans le troupeau des vaches en lactation (VL) et reçoivent déjà plus de 6 kg d'ensilage de maïs (en moyenne) dès 30 jours avant vêlage (4 kg dès le tarissement) pour atteindre 10 kg au vêlage (celles de la classe 7 sont

réintégrées tardivement avec les VL et ne reçoivent que 2 kg au vêlage pour atteindre 10 kg 15 jours après). Il en est de même pour l'apport de concentrés, d'où une élévation brutale des apports énergétiques dans la classe 7. Les classes 3 et 9 illustrent de bonnes performances de reproduction (sur les 3 critères TG, NF-MEP et PLP-MET) avec 2 systèmes différents : ration complète ou complémentation individualisée.

La classe 6 présentent un TG bas, associé à des taux élevés de NF-MEP et de PLP-MET. Le pourcentage de rations de transition est très élevé dans cette classe, témoignant d'une instabilité dans le rationnement : cela pourrait gêner l'adaptation de la flore ruminale aux changements alimentaires et pénaliser la préparation du rumen à l'ingestion de rations à haute densité énergétique (Jouany, 2006).

Dans les systèmes « herbe », les performances de reproduction sont moyennes. La classe 5 est représentative des IA à l'herbe (100 % de pâture à l'IA, avec 50 % des IA en septembre-octobre). Dans la classe 4, l'ensilage d'herbe (en moyenne 5 kg à l'IA) prend le relais de la pâture et 47 % des IA sont faites en novembre-décembre (38 % dans la classe 1, dans laquelle il y a 60 % de pâture à l'IA). Les résultats sont moyens sur les 3 critères (gestation, NF-MEP et PLP-MET) pour la classe 5 qui est la plus représentative du système herbe. Le taux de NF-MEP est élevé dans la classe 4, celui de PLP-MET élevé dans la classe 1. Les changements alimentaires liés à la mise à l'herbe peuvent entraîner un excès d'apports azotés, qui non seulement stimule la production laitière et favorise la mobilisation des réserves, mais pourrait aussi être défavorable pour les gamètes et/ou le développement embryonnaire (Ponter *et al.*, 2005).

L'individualisation et le fractionnement des apports de concentrés avec le DAC semble être une solution technique particulièrement adaptée dans les élevages avec une forte hétérogénéité de production des femelles et chez les éleveurs n'ayant pas une gestion adéquate des transitions alimentaires et/ou réintroduisant tardivement leurs femelles (vaches tarées ou génisses gestantes) avec les VL. En l'absence de DAC, il est particulièrement important de respecter des transitions alimentaires adaptées et de réintroduire précocement les femelles dans le troupeau des VL (au minimum 7 jours avant le vêlage) pour préparer la flore ruminale à la ration des VL et ainsi maintenir une capacité d'ingestion maximale. Dans ce cas de figure, l'éleveur peut travailler en ration complète pour simplifier sa gestion de l'alimentation.

CONCLUSION

L'enquête FERTILIA a permis de quantifier assez précisément en élevage et à large échelle des facteurs de risque d'infertilité et d'identifier à quel moment du processus de reproduction ils interviennent. Ces données chiffrées pourront servir de support aux intervenants en élevage afin d'affiner le conseil sur des éléments clés de la conduite d'élevage. L'amélioration des conditions d'IA, l'adoption de bonnes pratiques de détection des chaleurs, le respect d'un délai minimum de mise à la reproduction après vêlage, une conduite du rationnement adaptée et soignée avant et autour de la mise à la reproduction (gestion du tarissement et du début de lactation) et/ou le choix d'une génétique appropriée sont autant de points sur lesquels les éleveurs peuvent travailler pour améliorer la fertilité en 1^{ère} IA. En outre, il ne faut pas négliger la fertilité en 2^{ème} IA qui peut être influencée différemment par ces facteurs (Seegers *et al.* 2005).

Les auteurs remercient les éleveurs et CIA, et notamment D. Berthelot, P. Bonnard, A. Chevallier, C. Courtin, O. Cristeau, P. Denis, H. De Préaumont, G. Dupuy, B. Khireddine, S. Lacaze, G. Mally, J. Martin, A. Michel, J.P. Naprous, J.M. Philipot, O. Sourbé, L. Velon et J.L. Viala, qui ont mis en œuvre l'enquête au sein des élevages et participent à la

valorisation des données, ainsi que P. Paccard pour son expertise précieuse tout au long de ce travail.

Tableau 1 Modèle taux d'IAPL (n=3845)

Variable (effet global dans le modèle)	IAPL % estimé
Modalités de la variable (effectif)	
Intervalle vêlage-IA1 (p=0,0269)	
<60 j (n=737)	4,0 ^a
[60-90] j (n=1993)	5,5
[90-180] j (n=1115)	7,5 ^b
Signe(s) déclenchant l'appel de l'inséminateur (p<0,0001)	
acceptation chevauchement (AC) seul ou associé à un autre signe (n=2258)	4,8 ^a
Chevauchement (chev.) seul ou associé à un autre signe (autre que AC) (n=897)	2,6 ^{bx}
SIPZA (signes d'intérêt porté à la zone arrière) seul ou associé à un autre signe (autre que AC ou chev.) (n=164)	5,7
Autre signe (glaires/nervosité/beuglements/consultation du planning/baisse de production/détecteur) seul ou associé à un autre signe (n=526)	12,1 ^{by}
Nb de vaches inséminées en même temps (p=0,0026)	
1 vache inséminée (n=2165)	4,7 ^a
2 vaches inséminées (n=1157)	4,2 ^a
3 vaches ou plus inséminées (n=523)	8,4 ^b
Facilité de passage du col (p=0,0053)	
Facile (n=2318)	4,2 ^a
Plutôt facile (n=1296)	4,3 ^a
Plutôt difficile / difficile (n=231)	9,2 ^b

Tableau 2 Modèle taux de NF-MEP (IAPL exclues, n=2676)

Variable (effet global dans le modèle)	NF-MEP % estimé
Modalités de la variable (effectif)	
Intervalle vêlage-IA1 (p=0,0792)	
<60 j (n=529)	44,3 ^a
[60-90] j (n=1427)	39,6
[90-180] j (n=720)	37,8 ^b
Rapport TB/TP maximum sur les 3 premiers contrôles laitiers (p=0,0011)	
rapport TB/TP max ≤ 1,5 (n=1943)	36,9
rapport TB/TP max > 1,5 (n=733)	44,2
Comptages cellulaires individuels (CCI) (p=0,0022)	
CCI < 300 000 cel/ml aux 3 contrôles (n=2070)	37,0
CCI > 300 000 cel/ml à au moins 1 des 3 premiers contrôles (n=606)	44,1
Délai entre l'observation du(es) signe(s) déclenchant l'appel et l'IA1 (p=0,0003)	
[0-6] h (n=466)	37,9 ^a
[6-12] h (n=560)	34,9 ^{ax}
[12-18] h (n=757)	37,7 ^{ax}
[18-24] h (n=512)	43,5 ^y
≥ 24 h (n=381)	48,9 ^b
Qualité de la contention lors de l'IA (jugée par l'inséminateur) (p=0,0027)	
Bonne (n=1455)	37,4
contention mauvaise, plutôt mauvaise, plutôt bonne (n=1221)	43,7
Typologie alimentation vêlage-IA1 (p=0,0519)	
1 (n=300)	41,0
2 (n=120)	36,7
3 (n=204)	37,0 ^x
4 (n=342)	43,7 ^a
5 (n=252)	39,6
6 (n=430)	48,0 ^y
7 (n=310)	45,0
8 (n=188)	38,3
9 (n=530)	35,7 ^b

Tableau 3 Modèle taux de PLP-MET (IAPL et NF-MEP exclues, n=1409)

Variable (effet global dans le modèle)	PLP-MET % estimé
Niveau génétique fertilité femelle (p=0,0025)	
< -0,5 pt (n=165)	44,4 ^a
[-0,5 ; 0[(n=374)	39,8 ^x
[0 ; 0,5[(n=419)	34,1 ^{bx}
[0,5 ; 1[(n=294)	32,2 ^b
≥ 1 (n=157)	23,0 ^{by}
Rang de lactation (p<0,0001)	
Primipare (n=592)	27,4 ^a
2 ^{ème} lactation (n=377)	34,0 ^a
3 ^{ème} lactation et plus (n=440)	42,3 ^b
Production laitière moyenne sur les 3 premiers contrôles laitiers (p=0,0064)	
Primipare < 26 kg et Multipare < 33 kg (n=401)	31,2 ^a
Primipare [26-30] et Multipare [33-39] (n=518)	31,2 ^a
Primipare > 30 et Multipare > 39 (n=490)	40,9 ^b
Comptages cellulaires individuels (CCI) (p=0,0135)	
CCI < 300 000 cel/ml aux 3 contrôles (n=1124)	30,2
CCI > 300 000 cel/ml à au moins 1 des 3 premiers contrôles (n=285)	38,7
Conditions de vêlage (p=0,0017)	
sans aide (n=908)	26,6 ^a
aide facile (n=399)	33,7 ^b
aide difficile, césarienne, embryotomie (n=102)	43,7 ^b
Signe(s) déclenchant l'appel de l'inséminateur (p=0,0002)	
acceptation chevauchement (AC) seul ou associé à un autre signe (n=832)	31,0 ^a
Chevauchement (chev.) seul ou associé à un autre signe (autre que AC) (n=349)	33,8 ^a
SIPZA (signes d'intérêt porté à la zone arrière) seul ou associé à un autre signe (autre que AC ou chev.) (n=64)	24,4 ^a
Autre signe (glaires/nervosité/beuglements/consultation du planning/baisse de production/détecteur) seul ou associé (n=164)	50,2 ^b
Typologie alimentation vêlage-IA1 (p=0,0407)	
1 (n=164)	44,5 ^a
2 (n=62)	40,5
3 (n=91)	25,0 ^b
4 (n=198)	31,1 ^b
5 (n=139)	37,9
6 (n=213)	38,5 ^x
7 (n=158)	37,0
8 (n=108)	28,9 ^b
9 (n=276)	27,9 ^{by}

Barbat A., Druet T., Bonaïti B., Guillaume F., Colleau J.-J., Boichard D., 2005. Renc. Rech. Rum., 12, 137-140.
 Brun, T., 1995. Institut de l'Elevage, macro TYPO.
 Cutullic, E., Delaby, L., Gallard, Y., Disenhaus, C., 2010. Renc. Rech. Rum., 17, 149-152.
 Disenhaus, C., Cutullic, E., Fréret, S., Paccard, P., Ponsart, C., 2010. Renc. Rech. Rum., 17, 113-120.
 Dransfield, M.G.B., Nebel, R.L., Pearson, R.E., Warnick, L.D., 1998. J Dairy Sci, 81: 1874-1882.
 Fréret, S., Ponsart, C., Rai, D.B., Jeanguyot, N., Paccard, P., Humblot, P., 2006. Renc. Rech. Rum., 13, 281-284.
 Fréret, S., Gatién, J., Salvetti, P., Humblot, P., Paccard, P., Ponsart, C., 2010. Renc. Rech. Rum., 17, 167.
 Jouany, J.P., 2006. Anim Reprod Sci., 96, 250-264.
 Ledoux, D., Humblot, P., Constant, F., Ponter, A.A., Grimard, B., 2006. Point Vétérinaire, n° spécial Reproduction des ruminants, 50-55.
 Le Mezec, P., Barbat-Leterrier A., Barbier, S., De Crémoux, R., Gion, A., Ponsart, C., 2010. Renc. Rech. Rum., 17, 157-160.
 Pinto, A., Bouca, P., Chevallier, A., Fréret, S., Grimard, B., Humblot, P., 2000. Renc. Rech. Rum., 7, 213-216.

Tableau 4 Modèle taux de gestation (IAPL exclues, n=2096)

Variable (effet global dans le modèle)	TG % estimé
Niveau génétique fertilité femelle (p=0,0005)	
< -0,5 pt (n=264)	35,7 ^a
[-0,5 ; 0[(n=535)	41,8 ^x
[0 ; 0,5[(n=636)	45,0 ^{bx}
[0,5 ; 1[(n=435)	46,3 ^{bx}
≥ 1 (n=226)	56,1 ^{by}
Intervalle vêlage-IA1 (p=0,0178)	
<60 j (n=406)	39,7 ^a
[60-90] j (n=1139)	45,4
[90-180] j (n=551)	49,6 ^b
Rang de lactation (p=0,0027)	
Primipare (n=847)	50,4 ^a
2 ^{ème} lactation (n=567)	43,7 ^b
3 ^{ème} lactation et plus (n=682)	40,8 ^b
Production laitière moyenne sur les 3 premiers contrôles laitiers (p=0,0094)	
Primipare < 26 kg et Multipare < 33 kg (n=587)	48,0 ^a
Primipare [26-30] et Multipare [33-39] (n=776)	47,1 ^a
Primipare > 30 et Multipare > 39 (n=733)	39,7 ^b
Comptages cellulaires individuels (CCI) (p=0,0082)	
CCI < 300 000 cel/ml aux 3 contrôles (n=1619)	48,6
CCI > 300 000 cel/ml à au moins 1 des 3 premiers contrôles (n=477)	41,3
Conditions de vêlage (p=0,0036)	
sans aide (n=1359)	51,4 ^a
aide facile (n=573)	46,7 ^a
aide difficile, césarienne, embryotomie (n=164)	36,9 ^b
Signe(s) déclenchant l'appel de l'inséminateur (p=0,0039)	
acceptation chevauchement (AC) seul ou associé à un autre signe (n=1233)	45,9 ^a
Chevauchement (chev.) seul ou associé à un autre signe (autre que AC) (n=523)	45,3 ^a
SIPZA (signes d'intérêt porté à la zone arrière) seul ou associé à un autre signe (autre que AC ou chev.) (n=89)	54,6 ^a
Autre signe (glaires/nervosité/beuglements/consultation du planning/baisse de production/détecteur) seul ou associé (n=251)	34,3 ^b
Décalé entre l'observation du(es) signe(s) déclenchant l'appel et l'IA1 (p=0,0164)	
[0-6] h (n=378)	44,6
[6-12] h (n=442)	50,4 ^a
[12-18] h (n=568)	47,6 ^a
[18-24] h (n=395)	45,0 ^a
≥ 24 h (n=313)	37,2 ^b
Typologie alimentation vêlage-IA1 (p=0,0043)	
1 (n=233)	40,8 ^a
2 (n=82)	42,0 ^y
3 (n=119)	51,1
4 (n=304)	40,7 ^a
5 (n=198)	40,8 ^a
6 (n=342)	39,0 ^a
7 (n=250)	38,2 ^a
8 (n=158)	59,3 ^{bx}
9 (n=410)	52,7 ^b

Ponsart, C., Frappat, B., Gatién, J., Chanvallon, A., Constant, F., Disenhaus, C. et al., 2010. Renc. Rech. Rum., 17, 129-132.
 Ponter, A.A., Guélou, K., Duvaux-Ponter, C., 2005. Point Vétérinaire, n° spécial Reproduction des ruminants, 100-105.
 Roelofs, J.B., Graat, E.A.M., Mullaart, E., Soede, N.M., Voskamp-Harkema, W., Kemp, B., 2006. Theriogenology, 66, 2173-2181.
 Seegers, H., Beaudeau, F., Blossé, A., Ponsart, C., Humblot, P., 2005. Renc. Rech. Rum., 12, 141-144.
 SAS Institute Inc. 2009. SAS/STAT ® 9.2 User's Guide, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.