

Étude de l'effet du moment d'une insémination unique sur la fertilité des truies

Gabrielle GERMAIN, Jacquin LABRECQUE, Joël RIVEST, Frank GOUINEAU

Conception Ro-Main inc., St-Lambert-de-Lauzon, Québec, Canada

gabrielle.germain@ro-main.com

Étude de l'effet du moment d'une insémination unique sur la fertilité des truies

La détection visuelle des chaleurs chez la truie est communément considérée comme le meilleur indicateur du moment pour l'inséminer. Puisque chaque truie a une durée de chaleur différente et que la viabilité de la semence dans la truie est d'environ 24 heures, les truies sont traditionnellement inséminées à plusieurs reprises. Cette pratique permet d'obtenir de bons résultats de fertilité, mais son efficacité technique et économique peut être questionnée. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact du moment d'insémination unique sur la fertilité des truies dans un contexte commercial à grande échelle. Des données ont été récoltées dans neuf fermes commerciales utilisant un logiciel permettant la prédiction du moment optimal de l'insémination chez la truie. Cette collecte a permis la formation d'une importante base de données de truies ayant seulement une insémination par cycle de chaleur. Le moment exact de l'insémination, le début et la fin de la chaleur telle qu'observée par le travailleur de la ferme, ainsi que la fertilité associée ont été enregistrés pour plus de 12 000 cycles de chaleur. Une analyse de ces données suggère qu'une truie ayant deux jours de chaleur a un taux de conception plus élevé lorsqu'inséminé à la première journée de chaleur (90,60%) et une truie de trois jours de chaleur a un taux de conception plus élevé lorsqu'inséminé à la deuxième journée de chaleur (89,46%). Ces résultats appuient les résultats d'études qui démontrent que le moment optimal de l'insémination se situe dans les 24 heures qui précèdent l'ovulation. Cette étude aura permis d'identifier l'impact d'une insémination à dose unique sur la fertilité des truies en milieu commercial et pourra servir au développement de méthodes de reproduction de précision.

The effect of timing of a single-dose artificial insemination on sow fertility

Daily visual estrus detection is commonly considered the best indicator of a good timing for inseminating sows. Since each sow has a different estrus duration and semen viability is generally considered to last 24 hours, most breeders end up inseminating their sows multiple times during estrus. This approach has proven to yield good fertility results, but one can be skeptical about its optimality. This paper aims to evaluate how the timing of a single-dose insemination affects fertility in large-scale commercial sow farms. Over the last two years, data have been collected from nine commercial farms that use a system who predict the best timing for a single-dose insemination. These farms have provided a unique source of information about sows with only one insemination per estrus cycle. The exact date and time of insemination, the beginning and end of estrus symptoms as seen by farm workers, and fertility results were recorded for more than 12,000 estrus cycles with a single insemination. In-depth analysis of this data suggested that a sow with a two-day estrus has higher conception rate when inseminated the first day of estrus (90.60%) and a sow with a three-day estrus has higher conception rate when inseminated the second day of estrus (89.46%). These results are in accordance with previous studies where it was shown that the optimal moment to inseminate is between 24 hours and 0 hour before ovulation. This study pinpoints the right timing to inseminate sows during the estrus period depending on the latter's duration and sets the basis for further improvement of precision breeding methods.

INTRODUCTION

Trouver le bon moment pour inséminer est un défi quotidien pour les producteurs de porcs. En l'absence de moyen pour déterminer le moment optimal pour l'insémination par rapport à l'ovulation, la détection visuelle de l'œstrus est généralement considérée comme le meilleur indicateur pour l'insémination. Afin de s'assurer que l'insémination est réalisée au bon moment avant l'ovulation, les producteurs inséminent généralement leurs truies une fois par jour pendant la durée de l'œstrus observé (Knox, 2016). Cette approche est subjective et dépend uniquement des observations des travailleurs.

Les recherches ont démontré que, compte tenu de la capacitation des spermatozoïdes et de la durée de vie des gamètes à l'intérieur du système reproducteur de la truie, le moment optimal pour inséminer se situe dans les 24 heures qui précèdent l'ovulation (Soede *et al.*, 1994). En dehors de cet intervalle, il a été démontré que la fertilité et la taille des portées diminuent. En effet, Kemp et Soede (1996) ont observé qu'une insémination réalisée avant cet intervalle de 24 heures est associée à 39,6% d'ovocytes non fécondés, tandis qu'une insémination ultérieure est associée à 25% d'ovocytes non fécondés.

Le moment de l'ovulation est très variable et est généralement corrélé positivement à la durée de l'œstrus (Weitze *et al.*, 1994 ; Almeida *et al.*, 2000). Par conséquent, le début de l'œstrus a été qualifié de mauvais prédicteur du moment de l'ovulation (Steverink *et al.*, 1999). Compte tenu du fait que la durée de l'œstrus est corrélée négativement avec l'intervalle sevrage-œstrus (ISO), certains auteurs suggèrent alors d'utiliser ce dernier afin de prédire le moment optimal pour inséminer la truie (Weitze *et al.*, 1994 ; Steverink *et al.*, 1999). Le moment de l'ovulation est donc aussi corrélé négativement avec l'ISO (Weitze *et al.*, 1994 ; Kemp et Soede, 1996 ; Knox et Zas, 2001). Il est aussi connu que l'ovulation se produit généralement entre 60% et 86% de la durée de l'œstrus, indépendamment de sa durée (Soede *et al.*, 1992 ; Weitze *et al.*, 1994 ; Mburu *et al.*, 1995 ; Soede *et al.*, 1995 ; Martinat-Botté *et al.*, 1997 ; Nissen *et al.*, 1997 ; Soede et Kemp, 1997 ; Almeida *et al.*, 2000 ; Bracken *et al.*, 2003 ; Urasopon *et al.*, 2003 ; Anuvongnukroh *et al.*, 2004).

La plupart des études sur le moment optimal de l'insémination ont été menées sur un petit nombre de truies (en moyenne 115 truies par étude) dans un contexte expérimental. Ce présent article vise plutôt à évaluer le moment auquel une insémination à dose unique affecte la fertilité des truies dans les élevages commerciaux à grande échelle et à comparer ces résultats avec la littérature.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Animaux et logement

Les cycles œstraux (du sevrage au jour 9 après le sevrage) ont été analysés à partir de neuf exploitations commerciales équipées d'un système de prédiction du moment optimal pour l'insémination, situées dans différents pays : Canada (5 fermes), États-Unis (1 ferme), Chili (1 ferme), Espagne (1 ferme) et Belgique (1 ferme) (Tableau 1). Ce système, nommé PigWatch® (Conception Ro-Main inc., Saint-Lambert-de-Lauzon, Québec, Canada), est un système informatisé utilisant un capteur de mouvement installé au-dessus de chaque stalle. Il utilise des algorithmes d'intelligence artificielle pour prédire le meilleur

moment pour inséminer, basé sur le comportement en temps réel des truies surveillées pendant les premiers jours suivant le sevrage. Il a été démontré ultérieurement que l'algorithme utilisé permet de réduire le nombre moyen d'inséminations par truie, passant d'une moyenne de 2,30 avec un protocole d'une insémination par jour à environ 1,35 dose (Klopfenstein *et al.*, 2016).

Les données ont été collectées d'octobre 2016 à décembre 2018. La base de données initiale de 38 513 cycles œstraux a été triée afin d'exclure les données qui semblaient peu fiables. En effet, toutes les fermes participantes n'ont pas compilé correctement la date et l'heure des inséminations, la fin de la période de l'œstrus ou le taux de conception. Lorsqu'un nombre important de truies dans un groupe présentaient des anomalies, l'ensemble du groupe était automatiquement exclu de l'analyse. Ces anomalies incluent, sans toutefois s'y limiter, les truies gestantes ne disposant d'aucune donnée d'insémination, les truies sans date de fin d'œstrus et les lots présentant un taux de conception moyen supérieur à 97%, laissant présager un oubli d'entrer tous les retours en chaleur observés.

Les truies étaient logées dans des stalles individuelles après le sevrage. La génétique des animaux et le régime alimentaire différaient selon les fermes.

Tableau 1 – Nombre de cycles œstraux analysés par ferme et moyenne des parités

Fermes	Nombre de cycles œstraux	Moyenne parités	Début de la collecte de données
Ferme 1	74	Non disponible	Octobre 2018
Ferme 2	2 473	4,81 ±1,84	Octobre 2016
Ferme 3	780	4,55 ±1,88	Mai 2018
Ferme 4	2 071	5,42 ±2,44	Octobre 2017
Ferme 5	809	3,93 ±2,26	Mai 2017
Ferme 6	627	4,54 ±2,48	Février 2018
Ferme 7	5 594	4,33 ±1,76	Décembre 2017
Ferme 8	235	3,64 ±1,27	Juin 2018
Ferme 9	105	4,20 ±1,93	Juillet 2018

1.2. Détection d'œstrus et insémination

Pour tous les cycles œstraux, les temps d'apparition et de fin de l'œstrus (chaleur) identifiés par les travailleurs agricoles ont été enregistrés dans le logiciel. Les moments réels des inséminations ont également été enregistrés systématiquement. L'insémination artificielle post-cervicale a été utilisée dans toutes les exploitations et le moment de l'insémination a été déterminé par le système de prédiction du moment optimal pour l'insémination.

La détection de l'œstrus a été effectuée toutes les 24 heures, du sevrage jusqu'à 7 à 10 jours après le sevrage. Toutes les fermes participantes ont utilisé un verrat et un chariot pour verrat Contact-O-Max (Conception Ro-Main inc., Saint-Lambert-de-Lauzon, Québec, Canada) pour maximiser le contact nez-à-nez et maximiser ainsi la réponse physiologique de la truie, comme prescrit dans le protocole du système de prédiction du moment optimal pour l'insémination. Pour l'analyse, le début de l'œstrus a été déterminé comme étant le moment où le réflexe d'immobilité a été observé pour la première fois, moins

12 heures, et la fin de l'œstrus lorsque la truie a cessé de montrer le réflexe d'immobilité, moins 12 heures. La détection des chaleurs a été considérée comme étant à 6h00 du matin pour tous les cycles œstraux, indépendamment du moment de la détection réelle compris entre 5h00 et 9h00. L'état de la gestation a été vérifié environ 35 jours après l'insémination à l'aide d'un système à ultrasons pour toutes les truies qui n'ont pas eu de retour en chaleur auparavant.

1.3. Analyse des données

Les différents moments d'insémination des truies ont été regroupés en quatre périodes de 12 heures : AM-1 est de minuit à 11h59 du premier jour en chaleur ; PM-1 est de midi à 23h59 du premier jour en chaleur ; AM-2 est de minuit à 11h59 du deuxième jour en chaleur ; PM-2 est de midi à 23h59 du deuxième jour en chaleur. Les truies n'ont jamais été inséminées avant 5h00 ou après 18h00. Seules les truies avec un cycle de chaleur de trois jours ou moins ont été retenues dans l'analyse car il y avait trop peu de cycles œstraux plus longs. L'analyse a été effectuée indépendamment pour chaque durée de chaleur, car les cycles œstraux d'un jour ne comportent que deux périodes d'insémination, tandis que les cycles de deux ou trois jours en comportent quatre.

Une régression logistique a été réalisée avec un test de Tukey pour mettre en évidence les différences statistiques entre les différentes périodes (intervalles de temps). L'unité expérimentale établie correspond à un cycle de chaleur. Les périodes d'insémination et les fermes ont été prises comme facteurs du modèle et la valeur alpha utilisée est de 0,05.

Le logiciel R a été utilisé pour effectuer les analyses statistiques (R Development Core Team, 2005). Pour comparer les résultats obtenus avec la littérature, le moment de l'ovulation a été considéré comme se produisant au deux tiers (66%) de la durée de l'œstrus. Les taux de conception présentés dans cette étude sont des moyennes ajustées.

Après analyses préliminaires, il a été possible d'observer que les fermes 1, 3 et 8 montraient des progressions plus erratiques au jour 2 que les autres fermes (Tableau 2). Il est important de noter que les fermes 1 et 8, ayant seulement 74 et 235 cycles œstraux à l'étude, utilisent le système de prédiction du moment optimal pour l'insémination depuis très peu de temps et continuent d'apprendre à bien l'utiliser. La ferme 3 est l'une des premières fermes équipées du système, mais le nombre de cycles qui fut conservé est très faible (780 cycles gardés à l'étude pour 4 130 cycles en tout). Considérant la présence de doute quant à la qualité des données des fermes 1, 3 et 8, il a été décidé de les éliminer des analyses.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats généraux montrent qu'il existe une grande variabilité du taux de conception entre les fermes à l'étude, le taux variant de 45% à 100% avec un écart-type de $\pm 13\%$ (Tableau 2). La variabilité entre ferme semble plus grande pour les truies ayant un seul jour de chaleur ce qui peut être causé par l'occurrence moins importante de ces truies (seulement de 8%, alors que les truies ayant un œstrus de deux et trois jours ont une occurrence de 52% et 39%, respectivement).

Tableau 2 – Tableau descriptif des taux de conception et du nombre de cycles œstraux (nombre en italique) pour chaque ferme selon la durée de chaleur et la période d'insémination

Fermes	1 jour d'œstrus		2 jours d'œstrus				3 jours d'œstrus				Taux de conception global **
	AM-1	PM-1	AM-1	PM-1	AM-2	PM-2	AM-1	PM-1	AM-2	PM-2	
1 *	100%	67%	71%	88%	60%	100%	100%	100%	75%	90%	88%
	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>7</i>	<i>17</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>10</i>	
2	87%	90%	92%	91%	82%	77%	80%	90%	93%	95%	91%
	<i>71</i>	<i>62</i>	<i>64</i>	<i>471</i>	<i>239</i>	<i>86</i>	<i>20</i>	<i>222</i>	<i>432</i>	<i>700</i>	
3 *	80%	88%	89%	80%	79%	88%	78%	90%	88%	91%	87%
	<i>5</i>	<i>8</i>	<i>19</i>	<i>96</i>	<i>66</i>	<i>34</i>	<i>9</i>	<i>30</i>	<i>225</i>	<i>212</i>	
4	80%	82%	90%	89%	77%	81%	95%	86%	84%	93%	85%
	<i>82</i>	<i>91</i>	<i>133</i>	<i>384</i>	<i>514</i>	<i>236</i>	<i>19</i>	<i>29</i>	<i>205</i>	<i>312</i>	
5	81%	92%	93%	93%	87%	72%	80%	86%	89%	93%	88%
	<i>57</i>	<i>25</i>	<i>29</i>	<i>142</i>	<i>104</i>	<i>58</i>	<i>10</i>	<i>57</i>	<i>74</i>	<i>195</i>	
6	73%	67%	90%	85%	71%	60%	70%	85%	78%	86%	78%
	<i>11</i>	<i>18</i>	<i>29</i>	<i>97</i>	<i>124</i>	<i>83</i>	<i>10</i>	<i>27</i>	<i>59</i>	<i>131</i>	
7	86%	91%	96%	96%	87%	78%	93%	95%	95%	95%	91%
	<i>268</i>	<i>224</i>	<i>321</i>	<i>1242</i>	<i>999</i>	<i>529</i>	<i>42</i>	<i>178</i>	<i>525</i>	<i>1151</i>	
8 *	45%	100%	71%	62%	91%	94%	50%	89%	91%	91%	83%
	<i>20</i>	<i>4</i>	<i>7</i>	<i>21</i>	<i>34</i>	<i>16</i>	<i>4</i>	<i>18</i>	<i>33</i>	<i>65</i>	
9	57%	-	83%	69%	60%	56%	100%	40%	69%	94%	68%
	<i>7</i>		<i>6</i>	<i>16</i>	<i>25</i>	<i>9</i>	<i>1</i>	<i>5</i>	<i>13</i>	<i>18</i>	

* Les données des fermes suivies d'un astérisque n'ont pas été conservées pour l'analyse

** Concerne seulement les truies ayant eu une seule insémination

2.1. Œstrus d'un jour

Il n'y a pas de différence significative ($P = 0,1$) entre le taux de conception pour l'intervalle AM-1 (77,88%) et le taux de conception de l'intervalle PM-1 (83,17%) (Figure 1).

En théorie, l'ovulation a lieu vers 10 heures du matin pour ces truies. Par conséquent, la fertilité devrait théoriquement être

plus basse chez les truies inséminées en après-midi puisque l'intervalle optimale pour l'insémination est dépassé (Soede *et al.*, 1994). La tendance observée pour les résultats de cette étude est plutôt que la fertilité est plus élevée en après-midi. Cette tendance pourrait être expliquée par le manque de précision de l'observation de l'œstrus due à la faible fréquence de détection des chaleurs. En effet, la précision de l'intervalle

entre le début de l'œstrus et le moment de l'ovulation diminue lorsque la détection de l'œstrus est faite une fois par jour (Almeida *et al.*, 2000).

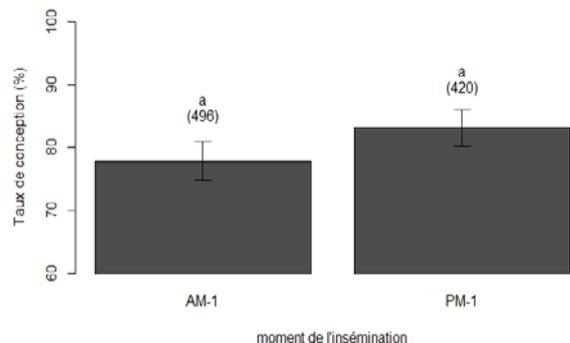


Figure 1 – Taux de conception des truies avec une durée d'œstrus d'un jour et une insémination à dose unique en fonction de la période d'insémination

L'absence de lettres communes au-dessus des barres indique des différences significatives ($P < 0,05$). Les chiffres entre parenthèses représentent le nombre de cycles œstraux analysés par période.

2.2. Œstrus de deux jours

Le taux de conception des truies ayant une durée d'œstrus de 2 jours est de 91,11%, 90,08%, 77,46% et 70,32% pour les intervalles AM-1, PM-1, AM-2 et PM-2, respectivement (Figure 3). Pour cette durée d'œstrus, l'ovulation devrait se produire théoriquement vers 2h00 du matin au deuxième jour de l'œstrus. Par conséquent, le meilleur moment selon la littérature pour inséminer la truie serait pendant le premier jour de sa chaleur. Les résultats de cette étude corroborent cette supposition, à savoir que la fertilité est optimale lorsque les truies sont inséminées au premier jour de leur chaleur. Une différence d'une demi-journée a un impact significatif important sur le taux de conception (baisse de 12,6%).

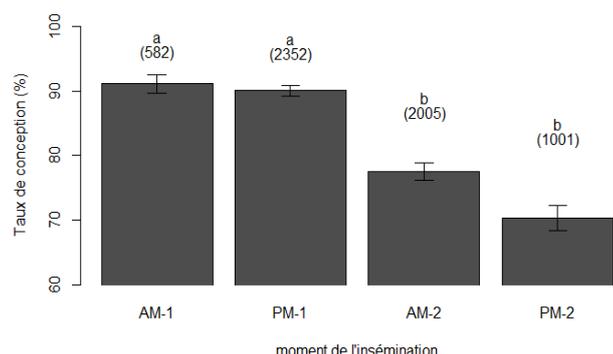


Figure 3 – Taux de conception des truies avec une durée d'œstrus de deux jours et une insémination à dose unique en fonction du moment de l'insémination

L'absence de lettres communes au-dessus des barres indique des différences significatives ($P < 0,01$). Les chiffres entre parenthèses représentent le nombre de cycles œstraux analysés par intervalle.

2.3. Œstrus de trois jours

Le taux de conception de chaque période d'insémination est respectivement de 83,78%, 86,09%, 87,59% et 91,32% pour AM-1, PM-1, AM-2 et PM-2 (Figure 4). Le taux à la période PM-

2 est plus élevé que le taux aux périodes PM-1 et AM-2 ($P = 0,006$ et $P = 0,009$ respectivement). Bien que le taux à la période AM-1 soit le plus bas, il n'est toutefois pas significativement différent du taux à la période PM-2, vraisemblablement à cause du petit nombre de données à la période AM-1. En théorie, l'ovulation se produit approximativement vers 18h00 au deuxième jour de l'œstrus. Ainsi, l'intervalle de 24 heures le plus propice à l'insémination couvre la deuxième journée de chaleur et la nuit de la première journée seulement. Conséquemment il fallait s'attendre à observer une meilleure fertilité le deuxième jour de l'œstrus par rapport au premier. Toutefois, les résultats obtenus montrent que le meilleur moment pour inséminer une truie ayant un œstrus de trois jours est spécifiquement dans l'après-midi de sa deuxième journée de chaleur. Pour les œstrus de trois jours de durée, il apparaît donc important de ne pas inséminer trop tôt (avant l'AM-2) afin de maximiser le taux de conception.

L'absence de cycles avec une insémination unique le troisième jour d'œstrus rend impossible l'observation de l'effet d'insémination au-delà du deuxième jour d'œstrus. Par conséquent, il n'est pas possible de voir l'impact d'une insémination après l'ovulation chez les truies de trois jours de chaleurs, comme il a été possible de le voir pour les truies ayant deux jours de chaleurs. On peut tout de même s'attendre à ce qu'inséminer une truie trop tôt (plus de 24 heures avant l'ovulation) ait un moins grand impact (4,5% chez les truies de trois jours de chaleurs) qu'inséminer après l'ovulation (12,6% chez les truies de deux jours de chaleurs).

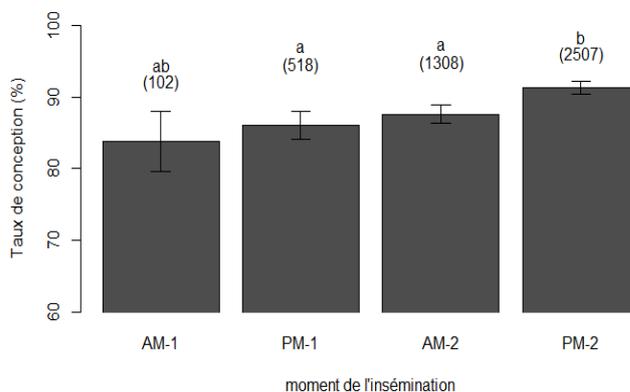


Figure 4 – Taux de conception des truies avec une durée d'œstrus de trois jours et une insémination à dose unique en fonction du moment de l'insémination

L'absence de lettres communes au-dessus des barres indique des différences significatives ($P < 0,05$). Les chiffres entre parenthèses représentent le nombre de cycles œstraux analysés par intervalle.

2.4. Impact de l'utilisation du système de prédiction du moment optimal pour l'insémination sur les résultats

Il est important de noter que le système de prédiction du moment optimal pour l'insémination peut créer un biais dans l'étude en prédisant la durée du cycle de l'œstrus et en ciblant un moment supposé optimal de l'insémination, ce qui entraîne moins d'inséminations très tôt ou très tard. En effet, le moment auquel chaque truie a été inséminée n'a pas été déterminé aléatoirement mais a été soigneusement choisi par un algorithme prédictif visant à optimiser les performances de reproduction. Cela explique le nombre réduit de truies inséminées à la première

journee de chaleur des truies ayant un œstrus de trois jours. Cela vient aussi diminuer l'effet observé et la possibilité de différence statistiquement significative puisque le logiciel vient compenser les possibles erreurs que les travailleurs peuvent faire en effectuant les détections de chaleur.

Cette étude montre que le moment à laquelle une insémination à dose unique est effectuée à une grande importance afin d'obtenir des résultats optimaux. Cette recherche ayant été réalisée dans des conditions de fermes commerciales, ses résultats donnent une évaluation indirecte du meilleur moment pour effectuer une insémination à dose unique dans de telles conditions. En effet, dans cette étude, l'évaluation de la réussite d'une insémination est basée sur le taux de conception plutôt que sur l'observation directe de l'ovulation comme dans d'autres projets de recherche. Les résultats demeurent toutefois en accord avec ceux présentées dans la littérature, à savoir que le moment optimal pour inséminer se situe entre 24 heures et 0 heure avant l'ovulation et que l'ovulation se produit entre 60 % et 77 % de la période d'œstrus.

CONCLUSION

Cette étude a permis d'identifier l'impact d'une insémination à dose unique sur la fertilité des truies en milieu commercial et de recommander des moments d'insémination selon la durée de chaleur. Ces résultats pourraient aider à développer par la suite des méthodes de reproduction de précision. La reproduction de précision obtenue grâce à une insémination précise à dose unique permet de réduire la dépendance à une main-d'œuvre qualifiée, d'optimiser les performances de reproduction, d'optimiser l'utilisation des meilleurs verrats et, en définitive, d'accélérer l'amélioration génétique.

REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaitent remercier toutes les fermes qui ont accepté de partager des données pour ce projet.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Almeida F.R.C.L., Novak S., Foxcroft G.R., 2000. The time of ovulation in relation to estrus duration in gilts. *Theriogenology*, 53, 1389–1396.
- Anuvongnukroh W., Yinhanmingmongkol C., Punieam S., Tummaruk P., Kunavongkrit A., 2004. The effect of parity number, body condition score, backfat thickness and weaning to oestrus interval on the time of ovulation. *Thai J. Vet. Med.*, 34, 69–75.
- Bracken C.J., Safranski T.J., Cantley T.C., Lucy M.C., Lamberson W.R., 2003. Effect of time of ovulation and sperm concentration on fertilization rate in gilts. *Theriogenology*, 60, 669–676.
- Kemp B., Soede N.M., 1996. Relationship of weaning-to-estrus interval to timing of ovulation and fertilization in sows. *J. Anim. Sci.*, 74, 944–949.
- Klopfenstein C., Rivest J., Plourde N., Labrecque J., 2016. Validation de la période d'insémination ciblée par l'outil PigWatch® par rapport à l'ovulation des truies. Rapport final, Centre de développement du porc du Québec (CDPQ), Québec, 38 p.
- Knox R.V., 2016. Artificial insemination in pigs today. *Theriogenology*, Swine Reproduction, 85, 83–93.
- Knox R.V., Zas S.L., 2001. Factors influencing estrus and ovulation in weaned sows as determined by transrectal ultrasound. *J. Anim. Sci.*, 79, 2957–2963.
- Martinat-Botté F., Forgerit Y., Maurel M.C., Corbé H., Bernelas D., Mercat M.J., Guillouet P., Terqui M., 1997. Étude des moments d'ovulation et d'insémination chez la truie et de leurs conséquences sur la taille de la portée en élevages. *Journées Rech. Porcine*, 29, 103–108.
- Mburu J.N., Einarsson S., Dalin A.-M., Rodriguez-Martinez H., 1995. Ovulation as determined by transrectal ultrasonography in multiparous sows: relationships with oestrous symptoms and hormonal profiles. *J. Vet. Med. A*, 4, 285–292.
- Nissen A.K., Soede N.M., Hyttel P., Schmidt M., D'Hoore L., 1997. The Influence of time of insemination relative to time of ovulation on farrowing frequency and litter size in sows, as investigated by ultrasonography. *Theriogenology*, 47, 1571–1582.
- R Development Core Team, 2005. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL: <http://www.R-project.org>.
- Soede N.M., Kemp B., 1997. Expression of oestrus and timing of ovulation in pigs. *J. Rep. Fer. S.*, 52, 91–103.
- Soede N.M., Noordhuizen J.P., Kemp B., 1992. The duration of ovulation in pigs, studied by transrectal ultrasonography, is not related to early embryonic diversity. *Theriogenology*, 38, 653–666.
- Soede N.M., Helmond F.A., Kemp B., 1994. Perioovulatory profiles of oestradiol, LH and progesterone in relation to oestrus and embryo mortality in multiparous sows using transrectal ultrasonography to detect ovulation. *J. Reprod. Fertil.*, 101, 633–641.
- Soede N.M., Wetzels C.C.H., Zondag W., de Koning M.A.I., Kemp B., 1995. Effects of time of insemination relative to ovulation, as determined by ultrasonography, on fertilization rate and accessory sperm count in sows. *J. Reprod. Fertil.*, 104, 99–106.
- Steverink D.W.B., Soede N.M., Groenland G.J.R., van Schie F.W., Noordhuizen J.P.T.M., Kemp B., 1999. Duration of estrus in relation to reproduction results in pigs on commercial farms. *J. Anim. Sci.*, 77, 801–809.
- Urasopon N., Tantasuparuk W., Techakumphu M., 2003. The effects of weaning-to-oestrus interval on the expression of oestrus and the timing of ovulation in sows. *Thai J. Vet. Med.*, 33, 55–62.
- Weitze K.F., Wagner-Rietschel H., Waberski D., Richter L., Krieter J., 1994. The onset of heat after weaning, heat duration, and ovulation as major factors in AI timing in sows. *Reprod. Domest. Anim.*, 29, 433–443.

