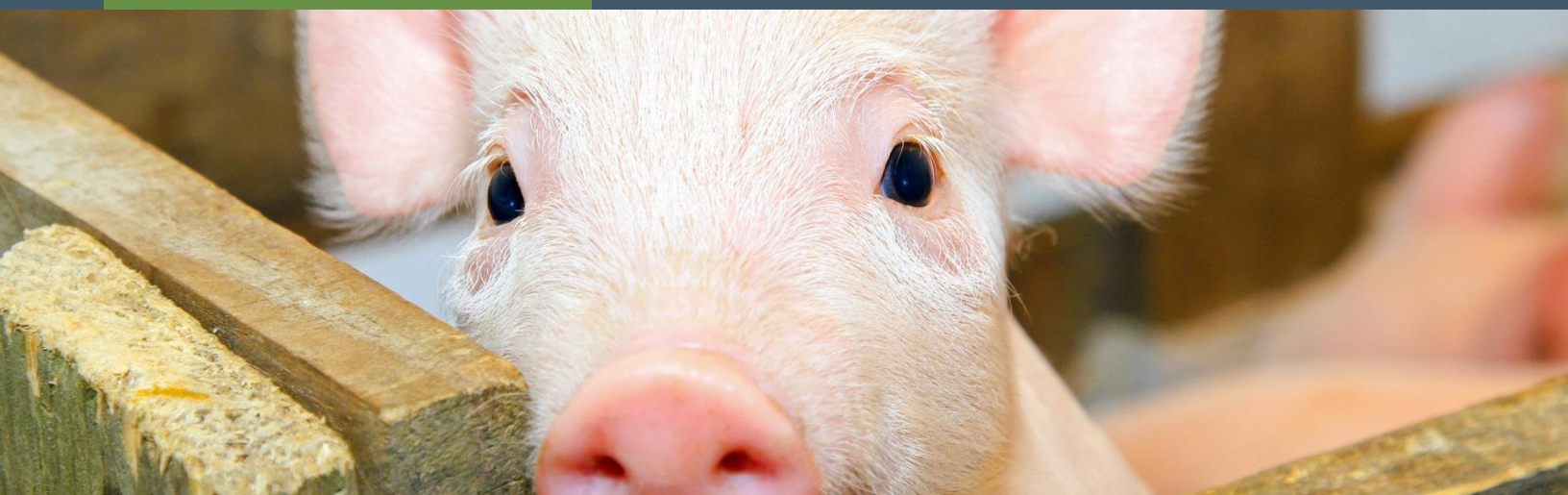


Validation de la période d'insémination ciblée par l'outil PigWatch® par rapport à l'ovulation des truies

Mai 2016

Rapport final



Christian Klopfenstein, Ph. D., D.M.V.¹

Joël Rivest, Ph. D.¹

Nathalie Plourde, B. Sc. A.¹

Jacquelin Labrecque, ing. jr²

¹ Centre de développement du porc du Québec inc.

² Conception Ro-Main inc.

© Centre de développement du porc du Québec inc.
Dépôt légal 2016
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
Bibliothèque et Archives Canada
ISBN 978-2-924413-29-6

Équipe de réalisation

Répondant	Christian Klopfenstein, Ph. D., D.M.V., responsable Santé et biosécurité, CDPQ
Direction scientifique	Christian Klopfenstein, Ph. D., D.M.V., CDPQ Joël Rivest, Ph. D., analyste, CDPQ
Chargée de projet	Nathalie Plourde, B. Sc. A., chargée de projets, CDPQ
Collaborateurs	Jacquelin Labrecque, ing. jr, Conception Ro-Main inc. Serge Labrecque, Conception Ro-Main inc. Normand Pelletier, ferme A.G. & R. Labrecque inc. Gilbert Rhéaume, ferme A.G. & R. Labrecque inc. Walter Signorini, ingénieur, LPS Electronics s.r.l. Marie-Claude Poulin, D.M.V., consultante Équipe du CDPQ : Andréanne Caron, D.M.V., chargée de projets Mélanie Roy, chargée de projets Philippe McSween, conseiller technique Éric Ouellette, conseiller technique Mélanie Poulin, conseillère technique Lilly Urizar, chargée de projets Raymond Deshaies, conseiller technique Michel Morin, agr., responsable Économie et gestion
Rédaction	Christian Klopfenstein Joël Rivest Nathalie Plourde Michel Morin

Remerciements

Cette étude a été financée par le programme Agri-innovation d'Agriculture et Agroalimentaire Canada et par Conception Ro-Main inc. Les travaux ont été réalisés dans le cadre d'un partenariat entre Conception Ro-Main et l'entreprise italienne LPS Electronics, par l'entremise du développement du système « PigWatch® », ainsi qu'en collaboration avec l'équipe interprofessionnelle du Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ).



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada



Résumé

La détection des chaleurs des truies et l'efficacité à cibler le bon moment d'insémination sont des impératifs à maîtriser en élevage et cette étape de gestion du troupeau a des répercussions importantes sur la rentabilité des entreprises.

La variabilité de la durée et de l'intensité des chaleurs chez la truie font en sorte qu'il est difficile de déterminer avec précision la période d'ovulation et donc, la période idéale pour procéder à l'insémination. Les études scientifiques ont montré que le moment idéal se situe à environ 24 heures avant l'ovulation. Comme l'ovulation survient aux deux tiers de la période de chaleur (œstrus) et que cette période varie en durée (de 24 à 60 heures), inséminer la majorité des truies au moment idéal de leur cycle de reproduction constitue un défi pour le producteur. C'est pourquoi plusieurs producteurs vont inséminer les truies à deux ou trois reprises durant la période des chaleurs, ce qui augmente la charge de travail et les dépenses liées à l'achat de doses de semence. D'autres producteurs ont de la difficulté à cibler le moment idéal, ce qui entraîne une fertilité et une taille de portée réduite et, par conséquent, une diminution des revenus.

Le système PigWatch® a été développé pour détecter le bon moment de procéder à l'insémination de chaque truie. L'algorithme sous-jacent au fonctionnement du système est basé sur la compilation et l'analyse des données comportementales des truies à partir de la période de sevrage jusqu'à la fin de la chaleur. Pendant le développement de l'outil PigWatch®, les performances de reproduction étaient utilisées en tant qu'indicateur de bon fonctionnement de la technologie. Cependant, sachant que la décision d'inséminer devrait correspondre à une période rapprochée de l'ovulation de la truie, l'objectif du projet était de déterminer la correspondance entre la prédiction du système PigWatch® quant au moment à privilégier pour procéder à l'insémination et la période ovulatoire réelle de chaque truie, telle que déterminée par la variation temporelle des deux hormones de reproduction, soit la progestérone et l'œstradiol.

Au cours du projet, 122 truies ont été impliquées et l'ensemble des inséminations a été effectué selon les requêtes du système PigWatch®. Le moment de requête d'insémination pour chaque truie a été comparé au moment présumé de leur ovulation, déterminé avec un profil hormonal (variation temporelle des hormones progestérone et œstradiol). Étant donné que l'analyse du système est basée sur les données comportementales des truies, une méthode d'échantillonnage sanguin a été développée afin d'effectuer un nombre suffisant de prélèvements pour estimer avec une précision adéquate le moment d'ovulation, tout en faisant attention de ne pas déranger les truies inutilement. Des tests de gestation ont aussi été effectués (35 jours suivant la saillie) et le nombre de nés totaux (total de porcelets nés) par truie par portée a été noté afin de valider les performances des truies.

Les résultats démontrent que 95 % des requêtes d'insémination effectuées par le système PigWatch® ont été émises dans un intervalle de temps se situant entre 32 heures avant et 8 heures après l'ovulation. Les truies ont été inséminées en moyenne 1,16 fois chacune et le taux de fertilité moyen a été de 95,1 % avec une moyenne de 15,26 porcelets nés totaux.

En conclusion, il apparaît que le système PigWatch®, dont le fonctionnement est basé sur l'analyse du comportement de la truie, permet de prédire le moment approprié pour procéder à l'insémination. Son utilisation permet aussi de réduire le nombre de doses de semence utilisées par truie, tout en maintenant de bonnes performances zootechniques.

Table des matières

1.	Introduction	1
1.1	Mise en contexte et problématique.....	1
1.2	Objectifs du projet	1
1.2.1	Objectif général	1
1.2.2	Objectifs spécifiques.....	2
2.	Description du système PigWatch®	2
3.	Revue de littérature.....	4
3.1	La reproduction chez la truie	4
3.2	Le cycle reproducteur chez la truie.....	5
3.3	Le développement des ovules et l'ovulation	6
3.4	La formation des corps jaunes (lutéinisation)	8
3.5	L'œstrus des truies.....	8
3.6	L'insémination des truies par rapport à l'œstrus	9
3.7	L'insémination des truies par rapport à l'ovulation	10
3.8	Profils hormonaux durant les différentes phases du cycle œstral	11
3.9	Gonadolibérine (GnRH)	11
3.10	Hormone Lutéinisante (LH)	12
3.11	Hormone folliculostimulante (FSH).....	13
3.12	Œstradiol : une hormone de la famille des œstrogènes.....	14
3.13	Progestérone	15
3.14	Les hormones durant la phase folliculaire (5 jours avant l'ovulation)	16
3.15	Les hormones durant la phase lutéale et en fin de lactation	16
3.16	Effet du stress sur les hormones sexuelles	17
3.17	Les hormones sériques comme indicateurs des fonctions biologiques.....	17
3.18	Caractéristique de la truie « modèle » retenue par les auteurs.....	18
4.	Ajustements méthodologiques	19
4.1	Ajustements techniques	19
4.2	Précision sur le concept du bon moment pour inséminer les truies	19
4.3	Sélection des hormones.....	19
5.	Matériel et méthodes	20
5.1	Sélection et gestion des animaux.....	20
5.2	Utilisation du système Pigwatch®	20
5.3	Détection des chaleurs et insémination des truies.....	21
5.4	Prises de mesure	21

5.4.1	Hormones à l'étude, nombre d'échantillons et fréquence d'échantillonnage	21
5.5	Prélèvements sanguins.....	22
5.6	Estimation du moment de l'ovulation	22
5.6.1	Estimation de l'intervalle probable de l'ovulation (méthode A)	23
5.6.2	Estimation de l'intervalle probable de l'ovulation (méthode B1)	24
5.6.3	Estimation de l'intervalle probable de l'ovulation (méthode B2)	24
5.6.4	Estimation de l'intervalle probable de l'ovulation (méthode C)	24
5.7	Performances de reproduction, requête Pigwatch® et ovulation	25
6.	Résultats.....	26
6.1	Déroulement du projet.....	26
6.2	Fonctionnement du système PigWatch®.....	28
6.3	Estimation du premier point de la phase lutéale	28
6.4	Estimation du moment de l'ovulation	29
6.5	Analyse de la durée entre la requête PigWatch® et l'ovulation	29
6.6	Performances et durée de l'intervalle entre la requête PigWatch® et l'ovulation.....	30
7.	Analyse économique.....	32
7.1	Discussion sur l'impact économique potentiel du système	32
7.1.1	Diminution du temps de travail en maternité	32
7.1.2	Diminution des besoins en semence	33
8.	Discussion	33
9.	Conclusion	35
10.	Références	36

Liste des tableaux

Tableau 1	Moment de l'ovulation par rapport au début de l'œstrus et à sa durée (%) selon différentes études.....	7
Tableau 2	Durées, rapportées par différents auteurs, de la période de sevrage-œstrus et de l'œstrus chez les truies	8
Tableau 3	Intervalle de temps optimal pour inséminer les truies relativement à l'ovulation	10
Tableau 4	Résultats de certaines études portant sur le positionnement du pic de la LH par rapport au début de l'œstrus et au moment de l'ovulation	13
Tableau 5	Résultats de certaines études portant sur le positionnement du pic de l'œstradiol par rapport au début de l'œstrus et au moment de l'ovulation	14
Tableau 6	Caractéristiques de l'augmentation de la progestérone par rapport au début de l'œstrus et au moment de l'ovulation.....	16
Tableau 7	Type de sécrétion et demi-vie des principales hormones impliquées dans la modulation des fonctions de la reproduction	18
Tableau 8	Caractéristiques de la truie modèle retenue par les auteurs	18
Tableau 9	Causes d'élimination des 73 truies n'ayant pas été retenues et faisant partie des 5 bandes de 39 truies présentes dans les locaux durant l'étude (73/195=37 %)	26
Tableau 10	Distribution des mesures de progestérone de base chez les truies qui avaient différents points de mesure durant la phase folliculaire (0 = aucune mesure durant la phase folliculaire; 1 = les truies avec une mesure durant la phase folliculaire; 2 = les truies avec 2 à 4 mesures durant la phase folliculaire).	27
Tableau 11	Distribution des méthodes appliquées pour l'estimation de l'intervalle probable de l'ovulation selon le nombre de mesures disponibles durant la phase folliculaire	29
Tableau 12	Nombre de porcelets nés par portées et fertilité des 122 truies à 35 jours.....	30
Tableau 13	Performances techniques en maternité des truies inséminées dans les heures précédant ou suivant l'ovulation.....	32

Liste des figures

Figure 1	Illustration des trois composantes du système PigWatch® : 1) le module de capteurs de mouvements installé sur la cage de la truie; 2) le module d'analyse et de traitement des données; 3) le module d'interface pour le producteur.	3
Figure 2	Illustration de l'information qui est communiquée au producteur : la zone verte indique le moment idéal de l'insémination.	3
Figure 3	Durée attendue (moyenne) des différentes phases du cycle reproducteur des truies.	6
Figure 4	Diamètre du plus gros corps jaune présent sur l'ovaire avant et après la période de l'œstrus et le nombre de follicules avec une taille supérieure à 6 mm (basé sur les données de Noguchi <i>et al.</i> , 2010).	6
Figure 5	Schéma synthèse de la variation temporelle des différentes hormones, de l'œstrus et des corps jaunes.	11
Figure 6	Mécanismes de rétroactions positives (vert) et négatives (rouge) des différentes hormones sur les cellules des organes cibles.	12
Figure 7	Taux sériques des hormones FSH et LH au cours du cycle hormonal de la truie (basé sur les données de Noguchi <i>et al.</i> , 2010).	14
Figure 8	Profils hormonaux de l'œstradiol et de la progestérone au cours du cycle hormonal de la truie (basé sur les données de Noguchi <i>et al.</i> , 2010).	15
Figure 9	Schématisation des étapes pour obtenir l'intervalle probable de l'ovulation avec la méthode A	23
Figure 10	Schématisation des étapes pour obtenir l'intervalle probable de l'ovulation avec la méthode B1	24
Figure 11	Schématisation des étapes pour obtenir l'intervalle probable de l'ovulation avec la méthode B2	25
Figure 12	Variation temporelle des mesures de progestérone (bleu) et de l'œstradiol (rouge) avant et après l'ovulation. La ligne verte montre l'intervalle des requêtes du PigWatch® pour la majorité des truies (116/122, 95 %).	27
Figure 13	Schématisation de quatre scénarios de profil de progestérone.	28
Figure 14	Intervalle entre la requête PigWatch® et l'ovulation des truies.	29
Figure 15	Taux de fertilité par classe (valeur moyenne). La taille des bulles est proportionnelle aux nombres de truies dans la classe.	30
Figure 16	Nés totaux par classe (valeur moyenne). La taille des bulles est proportionnelle aux nombres de truies dans la classe.	31
Figure 17	Régression quadratique pour le nombre de nés totaux en fonction de la durée de l'intervalle entre la requête PigWatch® et l'ovulation.	31

Glossaire terminologique

Demi-vie : La demi-vie est le temps mis par une substance pour perdre la moitié de son activité pharmacologique ou physiologique¹.

Gonadolibérine (GnRH) : L'hormone de libération des gonadotrophines hypophysaires appelée aussi parfois lulibérine, gonadolibérine (ou GnRH, sigle de l'anglais Gonadotropin Releasing Hormone), ou encore LHRH (de l'anglais Luteinizing Hormone Releasing Hormone), est une hormone peptidique responsable de la synthèse et de la sécrétion de la FSH (à un degré moindre) et surtout de la LH (qui lui vaut son nom de LHRH) par l'antéhypophyse. C'est une neuro hormone, car ce sont des neurones de l'hypothalamus qui la synthétisent².

Hormones : Une hormone est une substance chimique sécrétée par une glande endocrine, agissant à distance et par voie sanguine sur des récepteurs spécifiques d'une cellule cible. Elle transmet un message sous forme chimique et joue donc un rôle de messenger dans l'organisme³.

Hormone folliculostimulante (FSH) folliculotrope : Hormone hypophysaire intervenant dans la maturation des follicules ovariens chez les femelles et dans la formation des spermatozoïdes dans les tubes séminifères chez les mâles. L'hormone folliculostimulante (FSH) est une glycoprotéine sécrétée par les cellules gonadotropes de l'antéhypophyse sous la stimulation d'un facteur hypothalamique, la gonadolibérine (LH-RH). Elle appartient à la famille des gonadotrophines, tout comme l'hormone lutéinisante (LH)⁴.

Hormone lutéinisante ou lutéotrope (LH) : L'hormone lutéinisante, ou LH, est avec l'hormone folliculostimulante (FSH), une gonadotrophine hypophysaire : elle stimule les glandes génitales (ovaires ou testicules)⁵.

Œstradiol : L'œstradiol ou œstradiol (à ne pas confondre avec l'oestriol ou estriol qui est un autre œstrogène) est un dérivé naturel du métabolisme du cholestérol (via la testostérone) qui est nécessaire au maintien de la fertilité et des caractères sexuels secondaires chez la femelle⁶.

Période de l'œstrus (ou chaleurs) : La période de l'œstrus (ou chaleurs) de la truie correspond à la période d'acceptation du mâle et elle se manifeste par différents signes caractéristiques tels que : vulve rouge et enflée, écoulement de mucus, perte d'appétit, grognement caractéristique, nervosité, recherche du verrat ainsi que réflexe d'immobilité et positionnement caractéristique des oreilles vers l'arrière lors d'une pression dorsale.

Phase folliculaire : La période de croissance du ou des follicules jusqu'à l'ovulation. Chez la truie non-gestante, cette phase débute entre quatre et six jours avant l'ovulation (moyenne de 5 jours). Pour les truies en lactation, cette phase débute au moment du sevrage.

Phase lutéale : La phase lutéale du cycle de la reproduction correspond à la période qui s'étend de l'ovulation jusqu'à la régression fonctionnelle du corps jaune. Chez la truie non-

¹ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Demi-vie>

² https://fr.wikipedia.org/wiki/Hormone_de_lib%C3%A9ration_des_gonadotrophines_hypophysaires

³ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Hormone>

⁴ Adapté de : http://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/hormone_folliculostimulante/13181

⁵ http://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/hormone_lut%C3%A9inisante/14280

⁶ Adapté de : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Estradiol>

gestante, cette phase débute après l'ovulation et se termine avec le début de la prochaine phase folliculaire, soit approximativement 16 jours (21 jours pour un cycle – 5 jours pour la phase folliculaire). Chez la truie gestante, cette phase dure de la fécondation jusqu'à la période de la mise bas, soit approximativement 114 jours.

Phase ovulatoire : La période entre la première et la dernière ovulation. Chez la truie, cette période dure entre une et trois heures.

Progestérone : La progestérone est une hormone stéroïdienne principalement sécrétée par les cellules du corps jaune des ovaires et impliquée dans la gestation et l'embryogenèse de nombreuses espèces de mammifères ainsi que dans le cycle œstral⁷.

Taux de fertilité (%) : Indicateur de la performance de la reproduction qui estime la proportion des truies considérées comme gestantes 35 jours après l'insémination. Cet indicateur est généralement basé sur un groupe de truies inséminées durant une période de temps déterminée (ex. : semaine, mois);

Calcul = Nombre de truies considérées gestantes à 50 jours / Nombre de truies saillies pendant la période

Taux de mise bas (%) : Indicateur de la performance de la reproduction qui estime la proportion de truies qui mettent bas suite à la saillie. Cet indicateur est généralement basé sur un groupe de truies inséminées durant une période de temps déterminée (ex. : semaine, mois);

Calcul = Nombre de truies qui mettent effectivement bas / Nombre de truies qui sont saillies pendant une période (x)

⁷ Adapté de : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Progest%C3%A9rone>

Abréviations

FSH	Hormone folliculostimulante (Follicle Stimulating Hormone)
GnRH	Hormone de libération des gonadotrophines hypophysaires (Gonadotropin Releasing Hormone).
LH	Hormone lutéinisante (LH) (Luteinizing Hormone)
HCG	Hormone chorionique gonadotrope humaine (Human Chorionic Gonadotropin)
SIS	Sow Insemination System

1. Introduction

1.1 Mise en contexte et problématique

L'insémination des truies doit être réalisée dans un intervalle de temps assez court de leur cycle œstral pour obtenir des performances de reproduction optimales. Les études scientifiques ont montré que cette période de temps idéale se situe approximativement 24 heures avant l'ovulation. Cette cible idéale est un concept théorique pour le producteur, car il ne connaît pas le moment de l'ovulation qui survient aux deux tiers de la période de chaleur (œstrus). L'œstrus, caractérisé par la période de réceptivité de la truie par rapport au verrat, dure généralement entre 40 et 60 heures, mais elle peut être aussi courte que 24 heures ou encore s'étirer jusqu'à 96 heures. Bref, inséminer la majorité des truies durant la bonne période du cycle est un défi pour les gestionnaires des maternités.

Pour assurer la fécondation de chaque truie, les chercheurs recommandent souvent d'effectuer deux inséminations par truies. Les producteurs adaptent ces recommandations et développent divers protocoles qui, souvent, nécessitent deux (voir les recommandations du CIPQ, S.d.) et, quelques fois, trois ou quatre inséminations (Poilvet, 2003) par période œstrale. Généralement, une première insémination est effectuée dès les premiers symptômes comportementaux associés à la chaleur, suivie d'une autre insémination à chaque période de 24 heures subséquentes, jusqu'à l'arrêt de la chaleur. Cette méthode permet d'obtenir de bons résultats, mais à condition de bien détecter les chaleurs. Elle requiert donc la présence d'employés compétents ainsi que l'utilisation de plusieurs doses de semence.

Le système PigWatch® est une innovation technologique développée conjointement par l'entreprise québécoise Conception Ro-Main et l'entreprise italienne LPS Electronics. L'objectif de cette technologie est de prévoir le meilleur moment pour inséminer les truies sevrées à partir de l'analyse en temps réel du comportement des truies dans leur cage. Le développement du produit a été réalisé principalement par la mesure du comportement des truies avant et durant l'œstrus, le développement des modules électroniques et le développement des algorithmes mathématiques pour analyser les mesures comportementales et prédire le moment de l'insémination. Avant la réalisation de ce projet, la concordance entre la prédiction du PigWatch®, basée sur l'analyse du comportement des truies, et le moment optimal d'insémination, tel que déterminé par l'ovulation des truies, n'était pas connue. Le principal objectif de ce projet était de déterminer si le système PigWatch®, doté de la version bêta du nouvel algorithme de prédiction (Sow Insemination System version no 5 - SIS5 Beta) émet des requêtes d'insémination au bon moment par rapport à l'ovulation des truies.

1.2 Objectifs du projet

1.2.1 Objectif général

Déterminer si le système PigWatch® (algorithme SIS5 Beta) émet des requêtes d'insémination au bon moment par rapport à l'ovulation réelle des truies, laquelle devait être déterminée par deux méthodes de mesures physiologiques : 1) évaluation du moment de l'ovulation par des techniques échographiques; 2) évaluation du moment de l'ovulation par l'analyse de la variation temporelle des hormones de reproduction en période œstrale.

1.2.2 Objectifs spécifiques

- Déterminer le moment de l'ovulation de chaque truie par prélèvements sanguins et dosage de la concentration sérique des hormones œstradiol et progestérone;
- Déterminer physiologiquement le moment de l'ovulation de chaque truie par les techniques d'échographie transrectale ou transabdominale;
- Comparer la période où le système PigWatch® signale qu'il faut effectuer l'insémination par rapport à l'ovulation identifiée par profil hormonal et techniques échographiques;
- Déterminer si la période identifiée dans la requête d'insémination du système PigWatch® correspond bien au stade physiologique idéal pour l'insémination et en déterminer le taux de concordance;
- Mesurer le taux de fertilité des truies post-insémination (35 jours);
- Mesurer le potentiel d'amélioration technique et économique, associé à l'outil PigWatch®, à l'aide de différents scénarios pour une entreprise type;
- Au besoin, améliorer la précision de l'outil PigWatch® en optimisant l'algorithme de programmation de l'outil.

2. Description du système PigWatch®

PigWatch® est un système informatisé de gestion des inséminations qui est conçu pour prévoir le meilleur moment pour inséminer les truies récemment sevrées. Le système PigWatch® est constitué d'un module de capteurs de mouvements infrarouges installés au-dessus des cages des truies, d'un module d'analyse des données et d'un module d'interface avec le producteur (Figure 1).

Le module des capteurs de mouvements permet une surveillance constante et non intrusive du comportement des truies en évaluant leur niveau d'activité dans les cages en temps réel. Trois capteurs infrarouges observent en permanence le comportement des truies. L'unité de surveillance est installée directement au-dessus de chaque truie et de chaque case. Le système d'affichage, composé de témoins lumineux, renseigne en permanence sur le statut de la truie (en chaleur ou non) et permet de savoir si elle a déjà été inséminée et s'il convient ou non de pratiquer l'insémination à ce moment précis.

Le « cerveau » du système PigWatch® est un ordinateur dans lequel les données comportementales de chaque truie sont analysées en temps réel. C'est ici que se trouve l'algorithme, le cœur du système, qui effectue les calculs complexes afin de déterminer et indiquer le moment exact pour pratiquer l'insémination. L'interface de l'utilisateur du PigWatch® fournit graphiquement des informations détaillées sur l'évolution des chaleurs de chaque truie (exemple à la Figure 2).

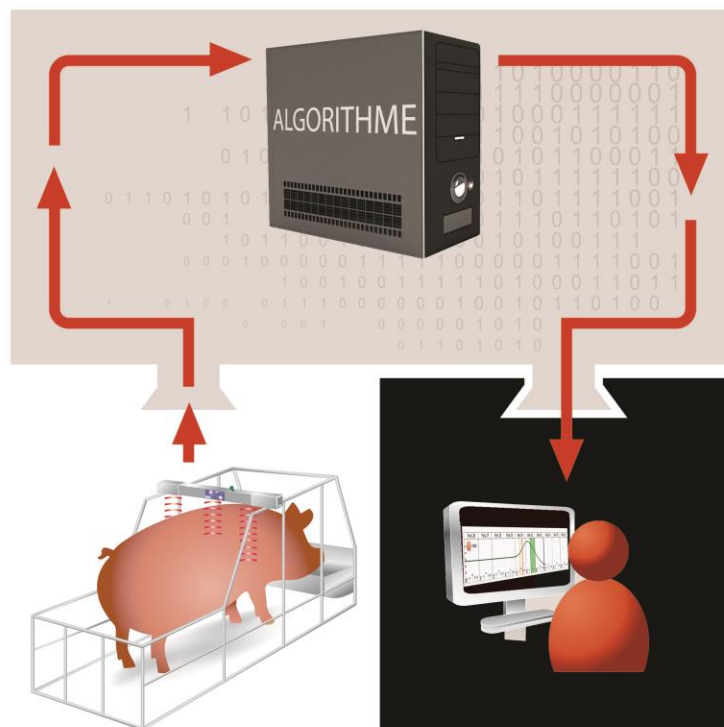


Figure 1 Illustration des trois composantes du système PigWatch® : 1) le module de capteurs de mouvements installé sur la cage de la truie; 2) le module d'analyse et de traitement des données; 3) le module d'interface pour le producteur

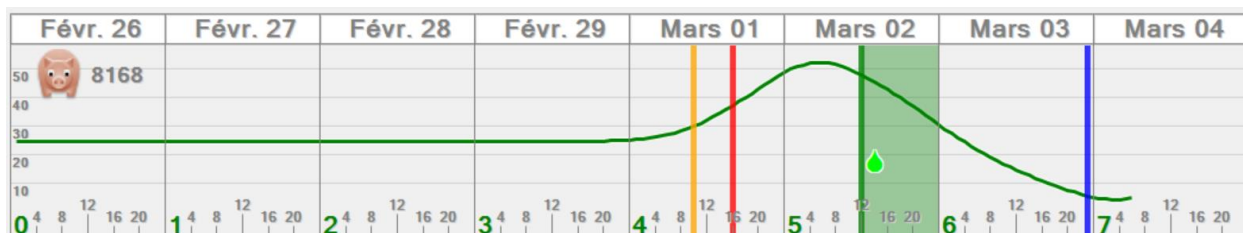


Figure 2 Illustration de l'information qui est communiquée au producteur : la zone verte indique le moment idéal de l'insémination.

L'algorithme du système PigWatch® a été optimisé pour prédire le moment idéal de l'insémination des truies en tenant compte de la présence des travailleurs dans la porcherie. L'objectif du système est de prédire une seule période idéale d'insémination pour chaque truie. Toutefois, bien peu de fermes ont des travailleurs 24 heures sur 24 pendant les périodes d'insémination. C'est pourquoi, à la fin de chaque journée, juste avant le départ des travailleurs, le système PigWatch® tente de prédire quelles truies devront être inséminées en prévision d'une ovulation pendant la nuit. Le lendemain matin, le système réévalue s'il est nécessaire de répéter l'insémination, dans le cas où l'ovulation n'a pas eu lieu comme prévu pendant la nuit. Par conséquent, certaines truies auront deux requêtes d'insémination.

L'algorithme de la version commerciale du système PigWatch® est régulièrement mis à jour pour tenir compte de nouvelles informations obtenues par les clients et certains projets de recherche. Le système PigWatch® est conçu pour conserver une copie des séries temporelles des indicateurs comportementaux des truies qui ont été analysés et détectés par le système. Cette structure de travail permet de soutenir le développement et l'amélioration continue du système de prédiction de la période optimale d'insémination des truies par le système PigWatch®. Le concepteur peut ainsi vérifier les problèmes d'interprétation associés aux truies qui n'ont pas reçu une bonne prédiction et il peut également vérifier et comparer le fonctionnement des anciens et des nouveaux algorithmes. Jusqu'au mois de décembre 2015, toutes les applications commerciales du système PigWatch® fonctionnaient avec l'algorithme SIS4. Durant ce projet, le système PigWatch® installé dans la ferme expérimentale de Conception Ro-Main fonctionnait avec la version bêta du nouveau système (algorithme SIS5 Beta). Au moment de la mise sous presse de ce rapport (mai 2016) le système PigWatch® commercial fonctionne avec le nouvel algorithme (SIS5).

Les promoteurs de la technologie PigWatch® recommandent de respecter les requêtes du système pour réaliser les inséminations. Les données disponibles chez les utilisateurs de l'ancienne version de l'algorithme (SIS4) montrent que plusieurs truies ont d'excellentes performances de reproduction avec l'utilisation d'une seule dose d'insémination durant la période de l'œstrus⁸. Le nombre moyen de doses de semences utilisées par les producteurs qui utilisaient l'ancienne version du système PigWatch® était de 1,8⁸. Selon Conception Ro-Main, la version SIS4 du système PigWatch® permettait d'obtenir des résultats de gestation satisfaisants en utilisant moins de semence que les techniques d'insémination traditionnelles, lesquelles requièrent souvent plus de deux doses.

Lors du processus de révision du fonctionnement de l'outil PigWatch®, l'équipe de développement a également revu d'autres méthodes de travail à la ferme pour optimiser les performances du système et, par conséquent, améliorer les performances de reproduction des troupeaux de truies. Par exemple, l'expérience a montré que le système est plus performant lorsqu'on minimise la présence des humains dans le local où sont logées les truies récemment sevrées. La règle d'or pour maximiser les résultats du système est simple et en accord avec le concept sous-jacent à la technologie et à la physiologie de l'animal : éviter le plus possible de déranger les truies pour permettre l'expression de leur comportement naturel. Selon les concepteurs du produit, la combinaison du nouvel algorithme de prédiction et la minimisation de l'interaction des humains avec les truies récemment sevrées permettent d'obtenir des performances optimales.

3. Revue de littérature

3.1 La reproduction chez la truie

Les cochettes atteignent la puberté entre 150 et 220 jours d'âge. Elles sont normalement inséminées pour la première fois à leur deuxième ou troisième œstrus. La gestation dure ensuite de 114 à 116 jours. À la suite de la mise bas, la lactation dure de 16 à 40 jours pendant lesquels les truies sont en période d'anoestrus. L'œstrus (chaleur) survient habituellement dans les quatre à six jours suivant le sevrage. Une fois sevrées, les truies sont déplacées vers un local d'attente-saillie où elles seront saillies par insémination artificielle durant leur période de

⁸ Information fournie par Conception Ro-Main

chaleur (durée moyenne de la chaleur = deux à trois jours). Les inséminations se font habituellement avec des intervalles de 12 et 24 h suivant les premiers signes comportementaux indiquant la chaleur. Pour assurer la fécondation de chaque truie, les producteurs ont donc développé divers protocoles qui impliquent souvent deux (CIPQ, S.d.) et quelques fois, trois ou quatre inséminations par période œstrale (Poilvet, 2003).

3.2 Le cycle reproducteur chez la truie

Les principales caractéristiques du cycle œstral des truies sont aujourd'hui bien connues et elles ont bien été expliquées dans un récent article de synthèse (Soede *et al.*, 2011). Les principaux concepts expliqués ci-dessous sont fortement influencés par les informations présentées dans cet article.

Le cycle œstral chez la truie a une durée de 18 à 24 jours et se divise en deux phases principales soit : la phase lutéale et la phase folliculaire. Ces deux phases du cycle œstral font référence au fonctionnement des ovaires.

Phase folliculaire (4 à 6 jours)

La phase folliculaire du cycle reproducteur décrit la période de croissance du ou des follicules jusqu'à l'ovulation (Figure 4). La phase folliculaire du cycle reproducteur suit la phase lutéale ou la lactation. Chez la truie non gestante, cette phase débute entre quatre et six jours avant l'ovulation. Pour les truies en lactation, cette phase débute au moment du sevrage.

Phase lutéale (13-15 jours)

La phase lutéale du cycle de la reproduction correspond à la période qui s'étend de l'ovulation jusqu'à la régression fonctionnelle du corps jaune. Chez la truie non gestante, cette phase débute après l'ovulation et se termine avec le début de la prochaine phase folliculaire, soit approximativement 16 jours (21 jours pour un cycle – 5 jours pour la phase folliculaire). Chez la truie gestante, cette phase dure de la fécondation jusqu'à la période de mise bas, soit approximativement 114 jours.

Le cycle reproducteur des truies est également caractérisé par une période de réceptivité par rapport au verrat, ce qui est généralement décrit comme étant la période de l'œstrus ou, encore, la période des chaleurs. Finalement, l'ensemble des processus physiologiques du cycle de reproduction converge vers l'ovulation qui dure approximativement deux heures. Les principales phases du cycle reproducteur des truies sont présentées à la Figure 3.

Période de l'œstrus (ou chaleurs) : La période de l'œstrus (ou chaleurs) de la truie correspond à la période d'acceptation du mâle et elle se manifeste par différents signes caractéristiques tels que : vulve rouge et enflée, écoulement de mucus, perte d'appétit, grognement caractéristique, nervosité, recherche du verrat ainsi que réflexe d'immobilité et positionnement caractéristique des oreilles vers l'arrière lors d'une pression dorsale.

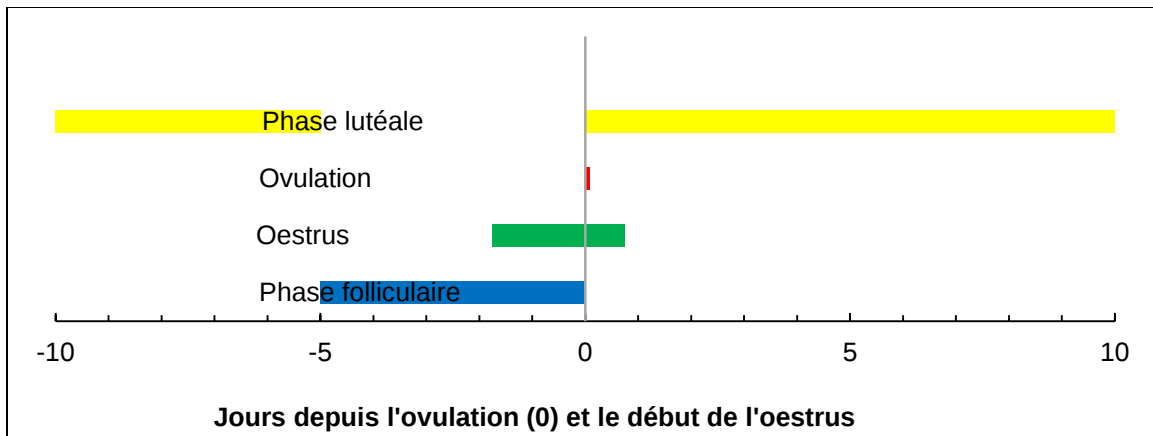


Figure 3 Durée attendue (moyenne) des différentes phases du cycle reproducteur des truies

La durée attendue est de 60 heures pour l'œstrus, cinq jours pour la phase folliculaire et deux heures pour l'ovulation. La phase lutéale est le complément de la phase folliculaire du cycle de la truie qui dure 21 jours.

3.3 Le développement des ovules et l'ovulation

Le développement des ovules débute au début de la phase folliculaire, soit approximativement cinq jours avant le début de la période de l'œstrus (Figures 3 et 4).

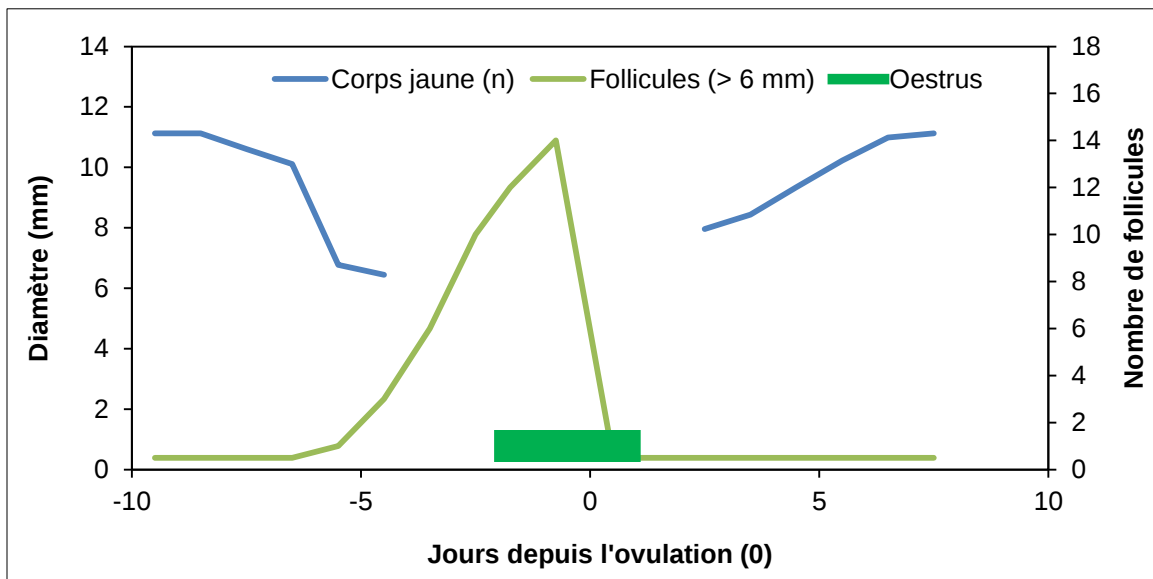


Figure 4 Diamètre du plus gros corps jaune présent sur l'ovaire avant et après la période de l'œstrus et le nombre de follicules avec une taille supérieure à 6 mm (basé sur les données de Noguchi *et al.*, 2010)

Au début de cette phase, un groupe d'environ 100 follicules de moins de 6 mm est présent sur les ovaires et les plus gros follicules sont sélectionnés pour commencer leur développement

(synthèse réalisée par Knox, 2005). De la centaine de petits follicules en croissance, il n'y en a que quelques-uns (10 à 17) qui continueront de croître comme follicules codominants jusqu'à l'ovulation, les autres régresseront (Clark *et al.*, 1975, Kelly *et al.*, 1988, Guthrie et Bolt 1990, Ryan *et al.*, 1994 cité par Noguchi *et al.*, 2010).

La taille de la plupart des follicules en formation sur les ovaires est souvent catégorisée en deux groupes : les petits follicules (< 6 mm) et les gros follicules (6 à 8 mm). Les gros follicules sont généralement décrits comme des follicules préovulatoires et ils sont facilement visibles avec les techniques d'échographie. La taille des follicules préovulatoires serait en moyenne de $7,6 \pm 0,8$ mm (Nissen *et al.*, 1997). La disparition des gros follicules sur les ovaires est l'indicateur retenu par les chercheurs pour identifier le moment de l'ovulation.

La durée de l'ovulation chez les truies qui ne reçoivent pas de traitements hormonaux serait de l'ordre de deux heures ($1,8 \pm 0,6$ h, (0,75 à 3,25)) (Soede *et al.*, 1992). La durée de l'ovulation serait prolongée ($4,6 \pm 1,7$ h (2 à 7)) chez les truies qui reçoivent des traitements hormonaux tels que des injections d'hormones chorioniques gonadotropes humaines (HCG) (Soede *et al.*, 1992). On retrouve l'hormone HCG dans certains produits homologués pour usage commercial chez les truies de reproduction (ex. : le médicament P.G. 600⁹).

Le moment de l'ovulation se produit généralement 42 heures après le début de la période de l'œstrus comme l'ont démontré les études présentées dans le Tableau 1. De plus, l'analyse des données publiées suggère également que l'ovulation se situe à près de 72 % de la durée de l'œstrus. Ces valeurs sont presque identiques au travail de synthèse réalisé par d'autres auteurs qui rapportent que l'ovulation a lieu à 70 % de la durée de l'œstrus (Soede et Kemp, 1997).

Tableau 1 Moment de l'ovulation par rapport au début de l'œstrus et à sa durée (%) selon différentes études

Source	Nombre expérimental	Début de l'œstrus (h)	Durée de l'œstrus (%)
Martinat-Botté <i>et al.</i> , 1997	222	43 ± 13 (6 à 88)	77 ± 16
Soede <i>et al.</i> , 1992	21		60 ± 10
Soede <i>et al.</i> , 1994	16	38 ± 11 (16 à 52)*	72 ± 8
Soede <i>et al.</i> , 1995	151	35 ± 8 (10 à 58)	72 ± 15 (39 à 133)
Nissen <i>et al.</i> , 1997	143		71 ± 14
Almeida <i>et al.</i> , 2000	92	$43,93 \pm 7$ (30 à 60)	86 ± 14
Terqui <i>et al.</i> , 2000	29	$40 \pm 5,8$ (25 à 50)	
Bracken <i>et al.</i> , 2003	59	$33,5 \pm 12$	$59,5 \pm 17$
Valeur attendue (h)**		42 ± 10 (22 à 61)	72 (49 à 95)
Valeur attendue (j)**		$1,7 \pm 0,4$ (0,9 à 2,6)	

* Valeur moyenne $\pm$ écart type; les valeurs entre parenthèses indiquent l'étendue.

** Valeur moyenne pondérée pour le nombre de truies (étendue 95 % obtenue par $1,96 \times$ écart type).

⁹ P.G. 600 est un médicament homologué et vendu par la compagnie Merck Santé animale.

3.4 La formation des corps jaunes (lutéinisation)

Après la rupture des follicules au moment de l'ovulation, on observe une reformation et une réorganisation des tissus de l'ovaire en corps jaune. Les corps jaunes commencent leur croissance deux jours après l'ovulation et ils atteignent leur diamètre maximal (8 mm à 12 mm) une semaine après l'ovulation (Noguchi *et al.*, 2010, voir Figure 4). Ce processus de transformation du follicule en corps jaune est décrit par le terme « lutéinisation ».

Le nombre de corps jaunes présents sur les ovaires est directement proportionnel au nombre d'ovules libérés durant le processus d'ovulation. Les observations de différentes études suggèrent qu'il y a 12 à 30 corps jaunes produits par ovulation ($19,3 \pm 3,3$ (14 à 25) (Soede *et al.*, 1992), 22 ± 4 (12 à 31) (Soede *et al.*, 1995) ou $14,5 \pm 0,4$ (Bracken *et al.*, 2003)).

3.5 L'œstrus des truies

La période de l'œstrus (ou chaleurs) de la truie correspond à la période d'acceptation du mâle caractérisée par divers signes comportementaux observables par le producteur (Signoret, 1970; Bonneville, 2002) :

- immobilité de la truie en présence ou non d'un verrat;
- vulve plus rouge et gonflée;
- augmentation et changement de consistance du mucus vaginal;
- oreilles pointées, tremblements de la queue;
- plus d'activité nerveuse, excitation;
- diminution ou perte d'appétit due à l'augmentation du taux d'hormone œstrogène;
- comportement sexuel de mâle (poursuit, renifle et essais de monter les autres femelles);
- changement de vocalisation.

Les différents signes caractéristiques de l'œstrus seraient la conséquence de la production des estrogènes produits par les follicules en croissance (Soede *et al.*, 2011).

Tableau 2 Durées, rapportées par différents auteurs, de la période de sevrage-œstrus et de l'œstrus chez les truies

Source	Nombre	Durée sevrage - œstrus (h)	Durée de l'œstrus (h)
Soede <i>et al.</i> , 1994	16	118 ± 24 (90 à 162)*	54 ± 15 (24 à 76)
Martinat-Botté, <i>et al.</i> , 1997	222		56 (24 à 103)
Soede <i>et al.</i> , 1995	151	93 ± 18 (65 à 153)	50 ± 13 (24 à 88)
Nissen <i>et al.</i> , 1997	143	92 ± 13 (64 à 134)	60 ± 14 (30 à 89)
Almeida <i>et al.</i> , 2000	92		52,6 (30 à 72)
Valeur attendue (h)**		94 (58 à 130)	54 heures (27 à 82)
Valeur attendue (j)**		4 (2 à 5)	2,3 jours (1,1 à 3,4)

* Valeur moyenne $\pm$ écart type; les valeurs entre parenthèses indiquent l'étendue.

** Valeur moyenne pondérée pour le nombre de truies (étendue 95 % obtenue par $1,96 \times$ écart type).

L'œstrus est habituellement détecté par le producteur. Les truies qui sont en chaleur (œstrus) vont s'immobiliser lorsque le producteur effectue une pression sur la zone lombaire des truies en présence du mâle (Soede *et al.*, 1992; Bonneville, 2002). La durée de l'œstrus est bien documentée, car elle a été étudiée par divers auteurs (Tableau 2). Les travaux des différents chercheurs montrent que sa durée est très variable selon les truies. L'analyse des observations publiées suggère que la durée attendue serait de 54 heures avec des écarts entre 27 et 82 heures (Tableau 2). Ces valeurs sont presque identiques au travail de synthèse réalisé par d'autres auteurs qui rapportent des écarts de 24 à 96 heures (Soede et Kemp, 1997).

3.6 L'insémination des truies par rapport à l'œstrus

Les études scientifiques de la physiologie animale permettent de comprendre que la semence de verrat doit idéalement être déposée dans l'utérus de la truie dans la période de 24 heures qui précède l'ovulation (Soede *et al.*, 1995; Nissen *et al.*, 1997; Almeida *et al.*, 2000; Hughes et Pope, 2001).

En pratique, le producteur de porcs ne connaît pas le moment de l'ovulation de la truie. Son objectif est de déposer les spermatozoïdes dans l'utérus au moment le plus opportun pour assurer la fécondation des ovocytes dans l'ampoule tubaire, localisée dans la partie de la trompe de Fallope la plus éloignée de l'utérus. L'ampoule tubaire est le lieu de fécondation des ovocytes.

Pour bien saisir la problématique de l'insémination de la truie au moment idéal du cycle de reproduction, il faut comprendre les étapes du cycle de vie des deux gamètes (spermatozoïdes et ovules) dans le système reproducteur de la truie. Le parcours des ovocytes et des spermatozoïdes est connu et décrit par divers auteurs (Hughes et Pope, 2001; Bonnes et Batellier, 2005; CFPPA, 2013). Le parcours des ovocytes est plus simple que celui des spermatozoïdes. Les ovules sont fertiles immédiatement après l'ovulation. La survie de l'ovule non fécondé serait au maximum de 12 heures (Bonnes et Batellier, 2005). Les spermatozoïdes ne sont pas fertiles au moment du dépôt dans le vagin ou l'utérus. Ils doivent passer par un processus de capacitation qui prend approximativement six heures. La période de survie des spermatozoïdes dans le tractus génital de la truie serait de l'ordre de 24 à 36 heures (Bonnes et Batellier, 2005).

Pour maximiser les chances d'avoir des spermatozoïdes viables dans l'ampoule tubaire au moment de l'ovulation, les experts de la reproduction et de l'insémination artificielle recommandent souvent un processus qui implique deux ou trois inséminations par période œstrale. Par exemple, les recommandations de Hughes et Pope (2001) sont :

- 1- Vérifier deux fois par jour si les truies logées dans le local d'attente-saillie sont en œstrus.
- 2- Inséminer toutes les truies au moins deux fois. Ajuster les deux inséminations selon l'âge des truies et l'intervalle sevrage/œstrus. La truie type qui revient en chaleur trois à quatre jours après le sevrage aura sa première insémination au jour subséquent et une reprise 24 heures plus tard. Les cochettes et les truies ayant des intervalles sevrage/œstrus plus longs (cinq à sept jours) seront inséminées en double avec des intervalles plus courts entre chaque intervention.

Ces recommandations générales sont adaptées par les différentes entreprises spécialisées en production porcine et en insémination artificielle. La plupart des entreprises vont recommander d'effectuer deux inséminations (ex. : CIPQ, S.d.), conformément aux recommandations des scientifiques, alors que d'autres vont recommander jusqu'à quatre inséminations par période œstrale (Poilvet, 2003).

3.7 L'insémination des truies par rapport à l'ovulation

Les chercheurs ne sont pas en mesure d'évaluer le moment idéal de l'insémination, mais ils sont capables d'estimer un intervalle de temps idéal qui permet de donner les performances de reproduction optimales.

Pour préciser le moment de l'ovulation, les chercheurs utilisent des techniques d'échographies transrectales ou transabdominales sériées avec des intervalles de temps très courts (quatre à six heures) entre chaque évaluation (Soede *et al.*, 1995; Nissen *et al.*, 1997; Almeida *et al.*, 2000). L'objectif des échographies sériées est l'identification du moment de l'ovulation qui dure moins de deux heures chez la plupart des truies. L'évaluation échographique débute habituellement au début de la période de la chaleur et elle se termine au moment de l'ovulation. Par conséquent, les truies qui participent à ce genre de projet reçoivent entre sept et dix échographies transrectales entre le début de l'œstrus et l'ovulation (42 heures en moyenne). Dans ce genre de projet, chaque truie reçoit une seule dose d'insémination et le moment pour le faire est sélectionné de façon aléatoire durant la période de l'œstrus. Cette méthodologie permet d'obtenir des truies qui auront été inséminées à divers moments par rapport à l'ovulation (36 heures avant et 12 heures après).

Tableau 3 Intervalle de temps optimal pour inséminer les truies relativement à l'ovulation

Source	Nombre expérimental	Intervalle (0 h = ovulation)
Nissen <i>et al.</i> , 1997	143 truies	-28 h à 4 h
Soede <i>et al.</i> , 1995	151 truies	-24 h à 0 h
Almeida <i>et al.</i> , 2000	92 cochettes	-24 h à 0 h
Valeurs attendues et retenues*		-28 h à 4 h

* Dans le cadre de ce projet, les auteurs retiendront que l'intervalle optimal pour inséminer les truies se situe dans la zone de -28 heures et de +4 heures par rapport au moment de l'ovulation (0 heure).

L'information présentée au Tableau 3 résume les conclusions de trois études qui ont estimé le succès d'une seule insémination réalisée à différentes heures avant et après l'ovulation. Les travaux de l'étude de Nissen *et al.* (1997) montrent que les truies qui sont inséminées dans l'intervalle de temps qui débute 28 heures avant l'ovulation et se termine 4 heures après l'ovulation auront de bonnes performances de reproduction (taux de mise bas et nombre de porcelets élevés). Ces résultats sont en accord avec les travaux des deux autres auteurs qui concluent que le meilleur moment pour inséminer les truies se situe dans la période de 24 heures qui précède l'ovulation (Soede *et al.*, 1995; Almeida *et al.*, 2000).

3.8 Profils hormonaux durant les différentes phases du cycle œstral

Les modifications comportementales (œstrus) et tissulaires (ovaires, ovules, corps jaunes), décrites précédemment sont toutes sous le contrôle de diverses hormones (Figure 5). Dans le cadre de cette revue de la littérature, le rôle et l'influence des hormones suivantes seront décrits : la gonadolibérine (GnRH); l'hormone lutéinisante (LH); l'hormone folliculostimulante (FSH); l'œstradiol et la progestérone.

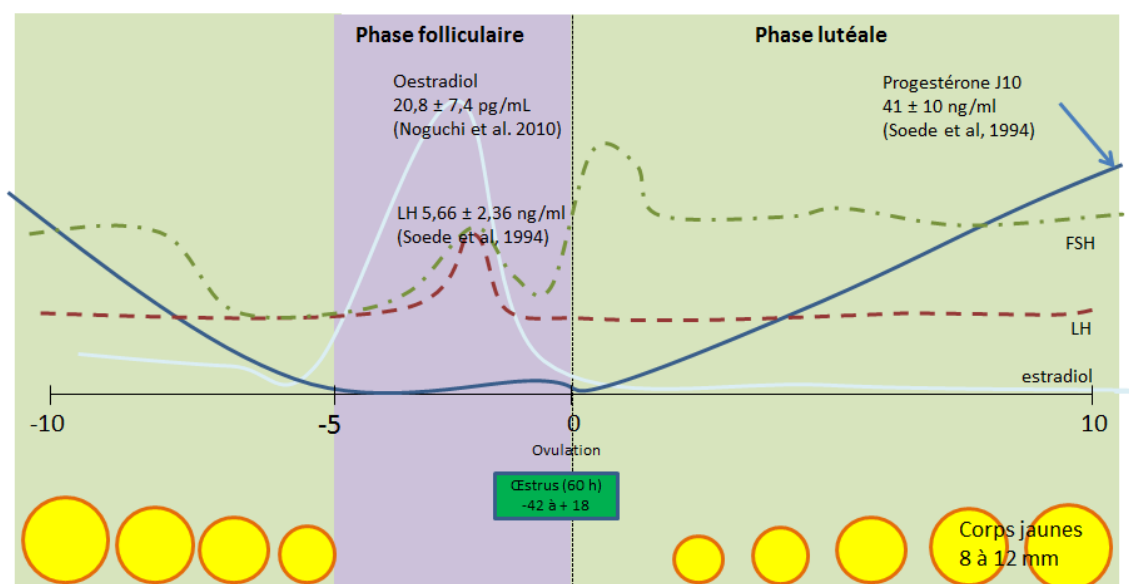


Figure 5 Schéma synthèse de la variation temporelle des différentes hormones, de l'œstrus et des corps jaunes

Les différentes hormones décrites dans ce document sont synthétisées dans différents tissus et elles font partie d'un système avec plusieurs mécanismes de rétroactions positives et négatives (Figure 6). Une rétroaction positive entraîne une stimulation des cellules de l'organe cible et une augmentation de la production des hormones. Une rétroaction négative entraîne une inhibition des tissus des cellules de l'organe cible et une réduction de la production des hormones.

3.9 Gonadolibérine (GnRH)

La gonadolibérine (GnRH) est produite par les cellules de l'hypothalamus et elle stimule la production de la LH et de la FSH par la partie antérieure de l'hypophyse¹⁰. En français, l'hypophyse est également décrite par le vocable « glande pituitaire ». L'œstradiol produit par les cellules ovariennes augmente la production de la GnRH par l'hypothalamus. À l'inverse, la production de la progestérone, par les cellules des corps jaunes ovariens, réduit la synthèse de la GnRH par les cellules de l'hypothalamus.

¹⁰ Adapté de : <http://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/LH-RH/14205>

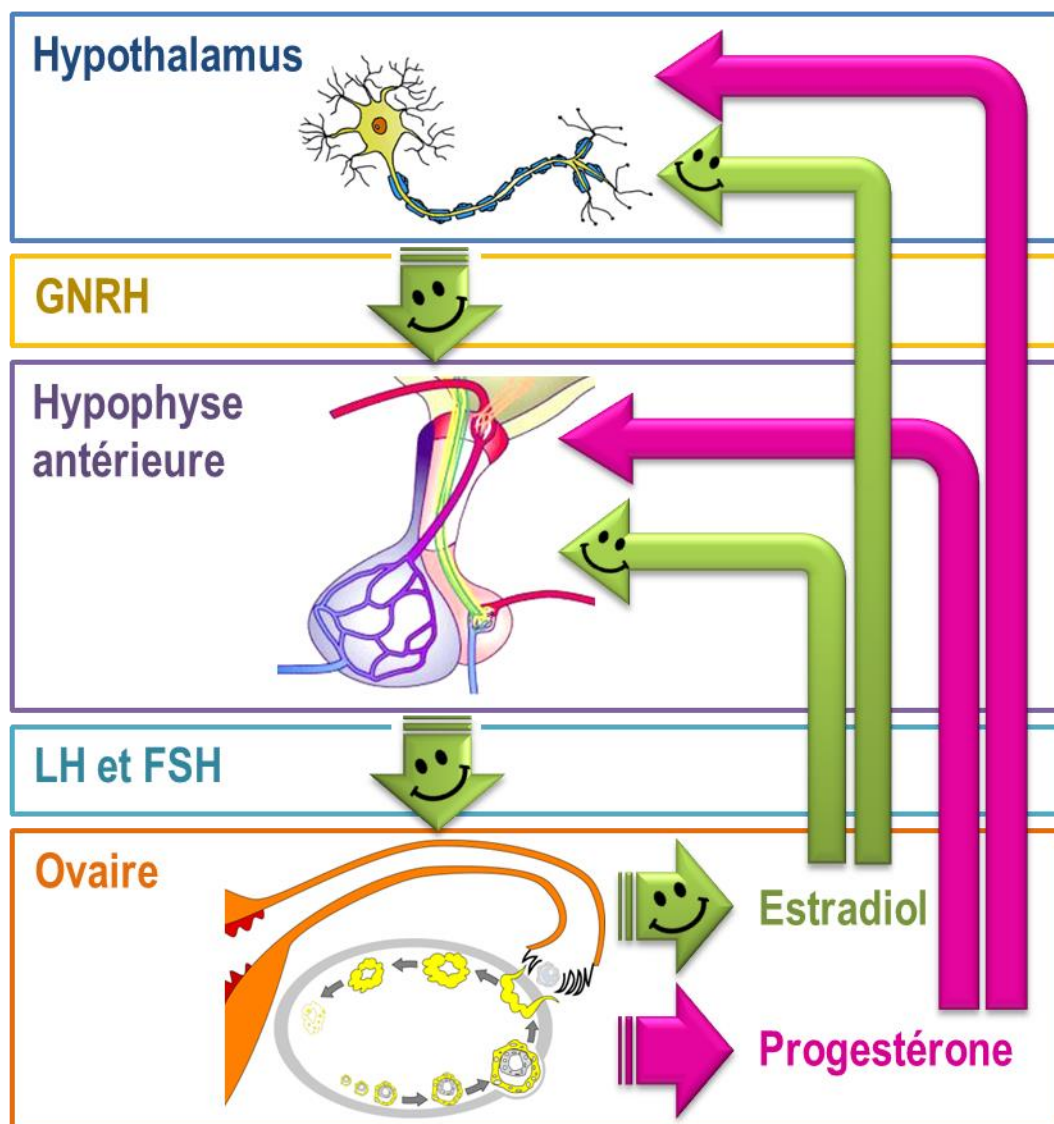


Figure 6 Mécanismes de rétroactions positives (vert) et négatives (rouge) des différentes hormones sur les cellules des organes cibles

3.10 Hormone Lutéinisante (LH)

L'hormone lutéinisante (ou LH) est, avec l'hormone folliculostimulante (FSH), une gonadotrophine hypophysaire¹¹. Elle est produite par la glande pituitaire sous l'action de la GnRH. Elle subit le rétrocontrôle positif de l'estradiol-17 β et un rétrocontrôle négatif de la progestérone. Elle est responsable du recrutement des follicules préovulatoire et du déclenchement de l'ovulation (Soede *et al.*, 2011). La variation temporelle de la concentration sérique de la LH est présentée aux Figures 5 et 7 et au Tableau 4.

¹¹ Tiré de : http://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/hormone_lut%C3%A9inisante/14280

Tableau 4 Résultats de certaines études portant sur le positionnement du pic de la LH par rapport au début de l'œstrus et au moment de l'ovulation

Source	Nombre d'animaux	Pic LH sérique (ng/ml)	Après le début de l'œstrus (h)	Avant l'ovulation (h)
Martinat-Botté <i>et al.</i> , 1997	222 truies		4 ± 12 (-23 à 32)	(24 à 64)
Soede <i>et al.</i> , 1994	16 truies multipares	5,66 ± 2,36* (2,49 à 11,18)*	8 ± 11 (-10 à 22)	30 ± 3 (26 à 34)
Terqui <i>et al.</i> , 2000	29 cochettes	17 ± 3,3	9 ± 0,5	28
Valeurs attendues et retenues**			8-9 ± 3	30 ± 3

* Valeur moyenne ± écart type; les valeurs entre parenthèses indiquent l'étendue.

** Dans le cadre de ce projet, les auteurs retiendront que : 1) l'intervalle entre le début de l'œstrus et le pic préovulatoire de la LH est de 9 heures; 2) l'intervalle entre le pic préovulatoire de la LH et l'ovulation est approximativement de 30 heures.

Le niveau de base de la LH sérique durant la phase lutéale est de $0,98 \pm 0,35$ (0,5 à 1,73) ng/ml (Soede *et al.*, 1994). Au début de la phase folliculaire, on rapporte une légère augmentation du niveau de base de la LH, suivie d'un pic qui survient 8 à 9 heures après le début de l'œstrus, et approximativement 30 heures (24 à 48) avant le moment de l'ovulation (Soede *et al.*, 1994; Martinat-Botté *et al.*, 1997; Terqui *et al.*, 2000; Noguchi *et al.*, 2010). Le pic de la LH serait un des messages hormonaux qui déclenche l'ovulation (Noguchi *et al.*, 2010).

3.11 Hormone folliculostimulante (FSH)

L'hormone folliculostimulante est une hormone hypophysaire intervenant dans la maturation des follicules ovariens chez les femelles et dans la formation des spermatozoïdes contenus dans les tubes séminifères chez les mâles¹². Elle est produite par la glande pituitaire sous l'action de la GnRH et elle subit le rétrocontrôle négatif de l'inhibine. Sa concentration diminue de trois à six jours avant l'ovulation. Sa concentration est au maximum deux jours après l'ovulation (Noguchi *et al.*, 2010). La variation temporelle de la concentration sérique de la FSH est montrée aux Figures 5 et 7.

¹² Adapté de : http://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/hormone_folliculostimulante/13181

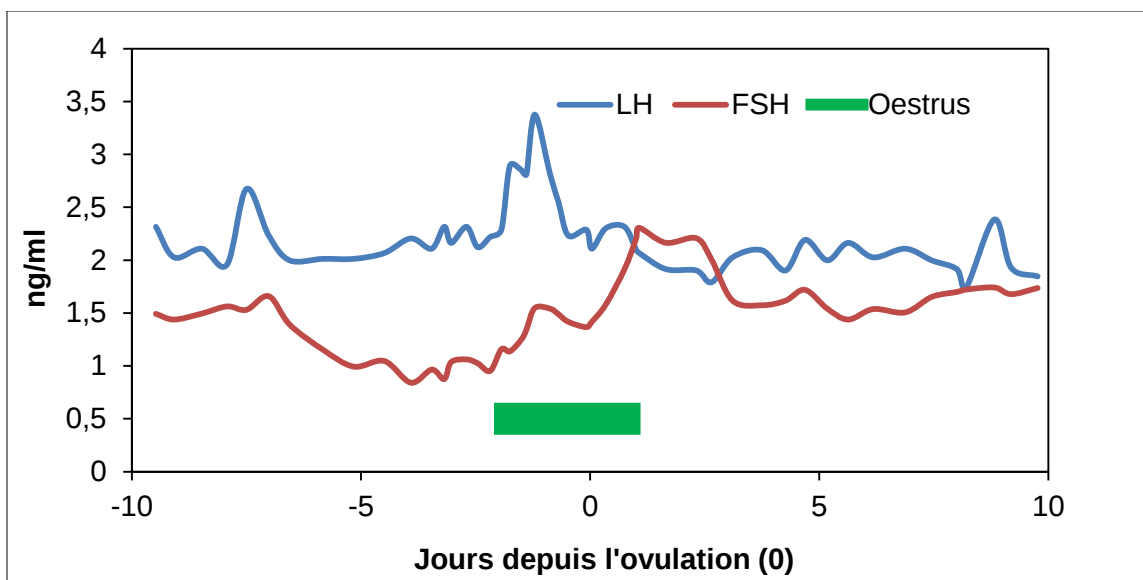


Figure 7 Taux sériques des hormones FSH et LH au cours du cycle hormonal de la truie (basé sur les données de Noguchi *et al.*, 2010)

3.12 Œstradiol : une hormone de la famille des œstrogènes

Les œstrogènes sont produits principalement par les ovaires. Il y a trois formes naturelles d'œstrogènes : l'œstradiol 17- β , l'œstrone et l'oestriol. La plus représentée est l'œstradiol 17- β (Gayraud, 2007). L'œstradiol serait responsable du déclenchement des symptômes de l'œstrus. La variation temporelle de la concentration sérique de l'œstradiol est montrée aux Figures 5 et 8 et au Tableau 5.

La concentration en œstradiol est très faible de 7 à 10 jours avant l'ovulation puis elle augmente à mesure que les follicules grossissent pour atteindre un pic approximativement trois heures avant le début de l'œstrus et approximativement 40 heures (35 à 48) avant l'ovulation (Soede *et al.*, 1994; Noguchi *et al.*, 2010).

Tableau 5 Résultats de certaines études portant sur le positionnement du pic de l'œstradiol par rapport au début de l'œstrus et au moment de l'ovulation

Source	Nombre	Pic œstradiol sérique (pg/ml)	Avant le début de l'œstrus (h)	Avant l'ovulation (h)
Soede <i>et al.</i> , 1994	16 truies multipares	27 $\pm$ 17* (4 – 70)*	3 $\pm$ 11 (14 – 26)	41 $\pm$ 4 (34 – 48)
Noguchi <i>et al.</i> , 2010	11 cycles (8 truies)	20,8 $\pm$ 7,4		48
Valeurs attendues et retenues**			3 $\pm$ 11	40 $\pm$ 4

* Valeur moyenne $\pm$ écart type; les valeurs entre parenthèses indiquent l'étendue.

** Dans le cadre de ce projet, les auteurs retiendront que : 1) l'intervalle entre le début de l'œstrus et le pic de l'œstradiol est de 3 heures; 2) l'intervalle entre le pic de l'œstradiol et l'ovulation est approximativement de 40 heures.

3.13 Progestérone

La progestérone est une hormone stéroïdienne principalement sécrétée par les cellules du corps jaune des ovaires et impliquée dans la gestation et l'embryogenèse de nombreuses espèces de mammifères ainsi que dans le cycle œstral¹³. La variation temporelle de la concentration sérique de la progestérone est montrée aux Figures 5 et 8 et au Tableau 6.

L'augmentation sérique de la progestérone est considérée comme un des meilleurs indicateurs en matière d'ovulation des mammifères, car cette hormone est synthétisée par les corps jaunes des tissus qui se développent dans les follicules sur les ovaires après l'ovulation. Les données mesurées sur les truies et présentées par plusieurs auteurs montrent bien que la concentration sérique de la progestérone augmente immédiatement après l'ovulation (Soede *et al.*, 1994; Terqui *et al.*, 2000; Noguchi *et al.* 2010).

L'augmentation de la concentration sérique de la progestérone était la méthodologie dominante pour estimer le moment de l'ovulation avant l'apparition des techniques d'échographies. Par exemple, Terqui *et al.* (2000) ont identifié le moment de l'ovulation lorsqu'il y avait une augmentation d'un écart type par rapport au niveau basal de progestérone (0,3 ng/ml). Le coefficient de corrélation de la régression avec le moment de l'ovulation identifié par échographie était de $R^2 = 0,98$. Dans les faits, l'intervalle entre l'ovulation détectée par échographie et l'augmentation de la progestérone de 0,1 ng/mL est de 3 ± 6 h (-1 à 18 h). De plus, pour la majorité des truies (17/26), l'augmentation de la progestérone était observée dans l'heure qui précède l'ovulation. Dans une autre étude, Martinat-Botté *et al.* (1997) ont aussi identifié l'ovulation comme étant le premier point haut de progestérone (la moyenne des niveaux basaux + 1 écart type).

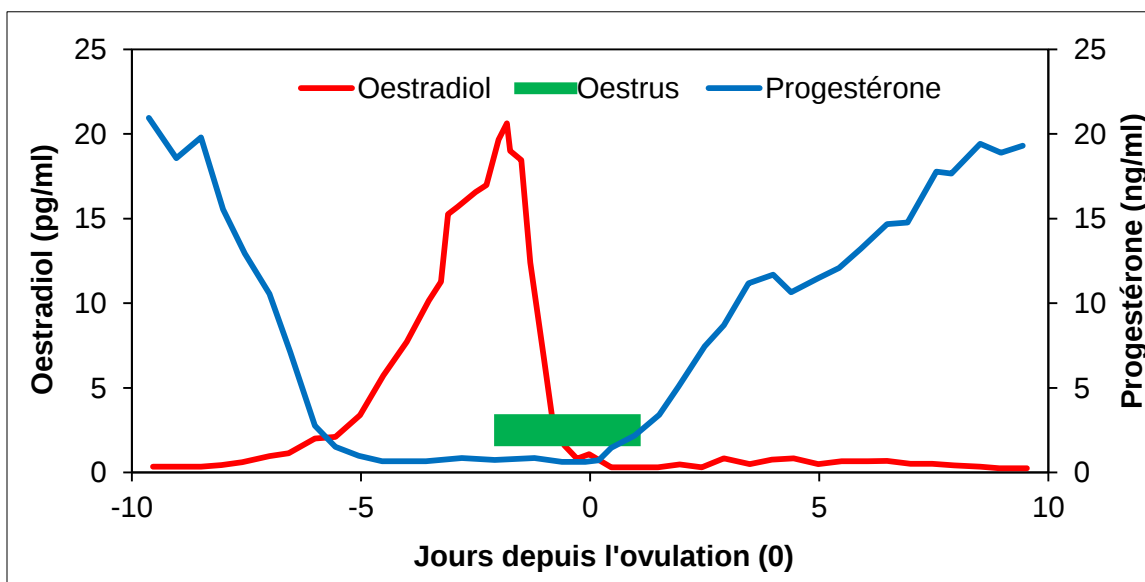


Figure 8 Profils hormonaux de l'oestradiol et de la progestérone au cours du cycle hormonal de la truie (basé sur les données de Noguchi *et al.*, 2010)

¹³ Adapté de : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Progest%C3%A9rone>

Tableau 6 Caractéristiques de l'augmentation de la progestérone par rapport au début de l'œstrus et au moment de l'ovulation

Augmentation de la progestérone sérique (ng/ml). 14 truies, (Soede et al., 1994).	Après le début de l'œstrus (h)	Après l'ovulation (h)
Augmentation de > 0,1 ng/ml par rapport à la concentration de base	40 ± 12* (18 à 58)*	3 ± 7 (-20 à 10)
Augmentation > 1,0 ng/ml par rapport à la concentration de base	50 ± 11 (27 à 67)	13 ± 4 (6 à 19)
Valeurs attendues pour observer une augmentation de 1 ng/ml chez 95 % des truies**	50 ± 11 (28 à 72)	13 ± 4 (5 à 21)

* Valeur moyenne ± écart type; les valeurs entre parenthèses indiquent l'étendue.

** Dans le cadre de ce projet, les auteurs retiendront ces valeurs comme référence.

3.14 Les hormones durant la phase folliculaire (5 jours avant l'ovulation)

Durant la phase folliculaire, la progestérone est au minimum (souvent proche du seuil de détection de 0,1 ng/ml chez la majorité des truies). Durant cette phase, on observe le développement de plus gros follicules (Figure 5). Le développement folliculaire augmente la concentration sérique de l'oestradiol-17β (Figure 8). Le pic de la concentration sérique en œstrogène induit le début de l'œstrus (Tableau 5). Le pic de l'œstrogène (≈ 40 heures avant l'ovulation) induit également le pic de la LH (≈ 30 heures avant l'ovulation). Ce pic de LH induit le début du processus de lutéinisation qui commence par un arrêt de la synthèse de l'oestradiol, se poursuit avec l'ovulation et se termine par la transformation du follicule en corps jaune.

Durant la phase folliculaire, la GnRH pulsatile relâchée par l'hypothalamus induit la libération de FSH ou de LH par la glande pituitaire. La FSH augmente le nombre de follicules et leur permet de croître jusqu'à la taille de recrutement (Figure 6).

Le recrutement se fait par la GnRH/LH pulsatile. La LH est nécessaire pour qu'ils deviennent des follicules préovulatoires. La LH stimule le développement des follicules assez gros pour avoir des récepteurs de LH. L'oestradiol-17β, sécrété par les gros follicules, a un rétrocontrôle négatif sur l'hypothalamus, ce qui crée une diminution de GnRH et, par conséquent, une diminution de LH et FSH (Figure 6). Les follicules plus petits régresseront, n'ayant pas assez de récepteurs de LH et de FSH.

3.15 Les hormones durant la phase lutéale et en fin de lactation

Par définition, la phase lutéale débute au moment de l'ovulation. Au début de la phase lutéale (heure 0), la concentration de progestérone est minimale, mais elle augmente rapidement et de façon exponentielle (Figure 8). La progestérone va atteindre son niveau maximal vers le dixième jour du cycle œstral. Chez la truie gestante, la progestérone sérique demeurera élevée jusqu'à la fin de la gestation (114 jours). Chez la truie non gestante, on observera une diminution de la progestérone sérique dès le dixième jour qui précède la prochaine ovulation (Figure 8).

Dans la deuxième partie de la phase lutéale (J10 à J5), le nombre de petits follicules augmente en préparation de la phase folliculaire. De la même façon, à la fin de la lactation, la majorité des truies présentent des vagues de développement folliculaire qui atteignent 4 à 5 mm puis régressent. Après la lactation, la production de LH pulsatile recommence et permet l'augmentation de la taille des follicules en vue de l'ovulation.

3.16 Effet du stress sur les hormones sexuelles

Dans le cadre de ce projet, les truies devaient être manipulées pour effectuer les prélèvements sanguins et les ultrasons. Pour faciliter les prélèvements, des cathéters permanents ont été installés sur chaque truie, au niveau des oreilles. Lorsque ce n'était pas possible d'effectuer le prélèvement par le cathéter, la truie était attrapée par le groin et le prélèvement effectué directement dans la jugulaire. La contention par le groin est cependant plus stressante pour l'animal, c'est pourquoi cette intervention n'était effectuée qu'en cas de nécessité.

Certains chercheurs ont démontré qu'un stress prolongé ou chronique pouvait supprimer la sécrétion de la GnRH (Tilbrook *et al.*, 2000) et influencer la production des hormones associées à la reproduction (voir la Figure 6). L'effet d'un stress de courte durée sur la reproduction n'est cependant pas démontré. En effet, des travaux impliquant l'administration répétée de chocs électriques sur des cochettes ont démontré une augmentation du niveau de cortisol, mais sans toutefois modifier les paramètres de reproduction (Turner *et al.*, 1998, cité par Tilbrook *et al.*, 2000).

3.17 Les hormones sériques comme indicateurs des fonctions biologiques

Par définition, une hormone est une substance chimique biologiquement active, sécrétée par une glande endocrine, agissant à distance et par voie sanguine sur des récepteurs spécifiques d'une cellule cible.

Considérant ce mode de fonctionnement, la mesure de la concentration des différentes hormones dans le sérum semble être la méthode indiquée pour mesurer l'activité hormonale. La réalité n'est toutefois pas aussi simple, car le prélèvement sanguin est ponctuel dans le temps et la sécrétion de plusieurs hormones est pulsatile. De plus, la demi-vie de plusieurs hormones est de très courte durée (en minutes). Par conséquent, la mesure de la concentration sérique des hormones est un bon indicateur de l'activité réelle seulement pour les hormones qui sont sécrétées de façon continue et qui ont des demi-vies assez longues (plusieurs heures).

L'information résumée au Tableau 7 montre bien la diversité des modalités de sécrétion et de métabolisme (demi-vie) des différentes hormones impliquées dans la modulation des fonctions de reproduction. Basée sur cette information, la communauté scientifique sait qu'il est impossible de mesurer l'activité de la GnRH par la mesure sérique de cette hormone. À l'opposé, la mesure de l'œstradiol, de la progestérone et de la FSH sérique est probablement un bon indicateur de la fonction de ces hormones. Finalement, l'évaluation de la concentration sérique de la LH comme indicateur de la fonction de cette hormone est plus complexe, car le pic de production recherché apparaît dans le sérum sur une courte période de temps (≈ 8 heures) (Figure 7). Ce pic de courte durée s'explique partiellement par la courte demi-vie de cette hormone (Tableau 7).

Tableau 7 Type de sécrétion et demi-vie des principales hormones impliquées dans la modulation des fonctions de la reproduction

Hormone	Type sécrétion	Demi-vie	Référence (demi-vie)
GnRH	Pulsatile	2 à 4 minutes	Ehlers et Halvorson, 2013
LH	Pulsatile	30 minutes	Esbenshade <i>et al.</i> , 1986
FSH	Pulsatile	5 jours	Esbenshade <i>et al.</i> , 1986
Œstradiol	Pulsatile	15 heures	Wikipédia ¹⁴
Progestérone	Continue	17 heures	Wikipédia ¹⁵

3.18 Caractéristique de la truie « modèle » retenue par les auteurs

Le positionnement temporel des différentes étapes du cycle reproducteur d'une truie type est présenté au Tableau 8.

Tableau 8 Caractéristiques de la truie modèle retenue par les auteurs

Étapes du cycle	Œstrus (h0)	Ovulation (h0)
1- Pic de l'œstradiol	-3	-43
2- Début de l'œstrus	0	-40
3- Pic de la LH	9	-31
4- Début de la période idéale de l'insémination*	12	-28
5- Début de la fertilité des spermatozoïdes (étape 4)**	18	-22
6- Ovulation**	40	0
7- Fin de la période idéale de l'insémination	44	4
8- Apoptose des spermatozoïdes (étape 4)	48	8
9- Début de la fertilité des spermatozoïdes (étape 7)	50	10
10- Apoptose des ovules non fécondés	52	12
11- Augmentation de la progestérone (1 ng/ml)	53	13
12- Fin de l'œstrus***	57	17

* Le début et la fin de la période idéale de l'insémination des truies ont été fixés entre – 28 heures et 4 heures.

** Les spermatozoïdes doivent passer par une étape de capacitation avant de devenir fertiles.

*** L'ovulation de la truie modèle survient à 70 % de la durée de l'œstrus.

Pour chaque paramètre retenu, il y a de la variabilité entre les truies.

¹⁴ Tiré de : <https://en.wikipedia.org/wiki/Estradiol>

¹⁵ Tiré de : <https://en.wikipedia.org/wiki/Progesterone>

4. Ajustements méthodologiques

4.1 Ajustements techniques

L'objectif de ce projet était de déterminer si le système PigWatch® (algorithme SIS5 Beta) émet des requêtes d'insémination au bon moment par rapport à l'ovulation des truies. Dans le projet original, l'équipe de travail envisageait d'évaluer le moment de l'ovulation par deux techniques : 1) des techniques échographiques transrectales ou transabdominales; 2) l'analyse de la variation temporelle des hormones de reproduction en période œstrale.

La technique des échographies a été éliminée du protocole, car cette méthodologie exigeait beaucoup trop de présence humaine dans le local où les truies étaient logées, ce qui aurait modifié leur comportement et, par le fait même, le fonctionnement du système PigWatch®.

4.2 Précision sur le concept du bon moment pour inséminer les truies

Comme démontré dans la revue de la littérature, l'ovulation des truies est un événement qui survient sur une courte période de temps (approximativement 2 heures). Pour obtenir un haut taux de fertilité, l'insémination des truies doit être réalisée dans un intervalle de temps optimal par rapport au moment de l'ovulation. Dans le cadre de ce projet, les auteurs ont retenu que l'intervalle optimal pour inséminer les truies se situe probablement dans la zone de -28 heures et + 4 heures par rapport au moment de l'ovulation (0 heure). Cet intervalle optimal a été déduit des informations qui concernent la survie des gamètes (ovules et spermatozoïdes) dans le tractus génital de la truie (voir Tableau 8) et de certaines expériences réalisées par d'autres chercheurs (Soede *et al.*, 1994; Martinat-Botté *et al.*, 1997; Terqui *et al.*, 2000; Noguchi *et al.*, 2010).

4.3 Sélection des hormones

Dans le cadre de ce projet, il fallait déterminer le moment de l'ovulation par l'analyse de la variation temporelle des hormones de la reproduction en période œstrale. La revue de la littérature suggérait trois hormones candidates soit :

- 1- **L'hormone lutéinisante (LH) :** La concentration sérique de la LH atteint un pic préovulatoire qui survient approximativement 30 heures avant l'ovulation. Ce pic est habituellement de courte durée (moins de huit heures). La détection de celui-ci permettrait théoriquement de prédire l'heure de l'ovulation. Toutefois, cette approche comporte également deux éléments d'incertitudes; 1) les observations rapportées par les autres chercheurs montrent que la durée entre le pic de la LH et l'ovulation est très variable entre les truies (24 à 64 heures, voir le tableau 4); 2) le pic de la LH peut facilement passer inaperçu avec des évaluations sériques peu fréquentes (plus de huit heures entre les prélèvements), car il apparaît dans le sérum sur une courte période de temps (moins de huit heures).
- 2- **L'œstradiol :** La concentration sérique de cette hormone atteint un pic qui survient approximativement 40 heures avant l'ovulation et, une valeur minimale au moment de l'ovulation (voir la Figure 8). Comme pour la LH les observations rapportées par les autres chercheurs montrent que la durée entre le pic de l'œstrogène et l'ovulation est très variable selon les truies (34 à 48 heures, voir le Tableau 5).
- 3- **La progestérone :** L'augmentation sérique de la progestérone est la conséquence de la lutéinisation des follicules qui contenaient les ovules. On sait que le processus de

lutéinisation commence au pic de la LH pré-ovulatoire, se poursuit avec l'ovulation et, finalement la transformation de la paroi du follicule qui contenait l'ovule en corps jaune. Pendant les 5 – 7 jours qui précèdent l'ovulation, le taux sérique de la progestérone est à son plus bas niveau (moins de 1 ng/ml) chez la majorité des truies (voir la Figure 8 et les Tableaux 6 et 8). La progestérone augmente rapidement après l'ovulation (augmentation de 1 ng/ml, 13 ± 4 heures après l'ovulation). L'augmentation sérique de la progestérone est par définition, l'indicateur hormonal de la transition de la phase folliculaire vers la phase lutéale.

Finalement, dans le cadre de ce projet, les auteurs ont retenu la mesure de l'œstradiol et de la progestérone. Les prélèvements sanguins, pour estimer la concentration sérique de ces deux hormones, ont été réalisés après la requête d'insémination du système PigWatch® pour prévenir les interférences avec les algorithmes de prédictions.

5. Matériel et méthodes

5.1 Sélection et gestion des animaux

L'étude a été réalisée entre le mois de septembre 2014 et le mois de mars 2015. Le projet a été réalisé dans une maternité commerciale de 1600 truies (Génétiporc, Landrace x Large White) appartenant à la ferme A.G&R. Labrecque inc. de St-Bernard-de-Beauce. Cette maternité opère en bandes aux quatre semaines et effectue le sevrage des porcelets sur trois jours (mercredi, jeudi et vendredi). Les saillies des truies se font dans deux salles adjacentes de 208 et 120 emplacements respectivement.

Pour chaque bande impliquée dans le projet, 39 des 90 truies sevrées le mercredi matin ont été sélectionnées au hasard et acheminées dans la salle de gestation dédiée au projet. Le protocole original prévoyait le suivi de toutes les truies de trois sevrages consécutifs pour atteindre un objectif approximatif de 120 truies. Le nombre de truies suivies par bande a été revu à la baisse (20 à 30) et le nombre de bandes suivies a été augmenté de trois à cinq. Cet ajustement méthodologique s'est imposé pour s'ajuster aux ressources humaines disponibles et pour respecter la contrainte de la durée de présence du personnel dans le local dédié au projet.

La durée de toutes les interventions humaines (alimentation, prise de sang et inséminations) devait se limiter à une durée maximale de deux heures. Les truies étaient alimentées deux fois par jour selon un horaire fixe (5h30 et 14h). La collecte des échantillons sanguins débutait immédiatement après la distribution des aliments et l'insémination des truies était réalisée durant cette même période.

Le nombre de porcelets nés totaux et la fertilité des truies à 35 jours ont été utilisés comme indicateurs de la performance de la reproduction. La fertilité des truies a été estimée par une technique d'échographie transabdominale entre 35 et 40 jours post insémination.

5.2 Utilisation du système Pigwatch®

Les installations de la ferme et les méthodes de travail de l'équipe de recherche ont été adaptées pour respecter les recommandations du concepteur du PigWatch®.

D'abord, une salle a été aménagée spécifiquement pour ce projet. Quarante unités PigWatch® ont été installées dans cette salle. Durant toute la période du projet, les travailleurs de la ferme

ont minimisé les interventions quotidiennes dans le local pour minimiser les interférences avec les truies.

Durant ce projet, le système PigWatch® installé dans la ferme expérimentale de Conception Ro-Main fonctionnait avec la version bêta d'un nouvel algorithme de prédiction de l'insémination (SIS5 Beta).

5.3 Détection des chaleurs et insémination des truies

Une détection des chaleurs était réalisée manuellement les matins des jours 0, 1 et 2 suivant le sevrage afin de stimuler les truies et détecter celles qui étaient en chaleur dès le sevrage ou tout de suite après. Le système PigWatch® n'a pas assez de données lors des deux premiers jours qui suivent le sevrage pour bien détecter ce type de chaleurs. Les truies en chaleur lors de ces jours ont été inséminées selon la méthode traditionnelle (une insémination par jour sur une période de deux jours ou trois jours).

À partir du troisième jour, la détection du meilleur moment de l'insémination était réalisée par le système PigWatch®. Les truies étaient inséminées une seule fois, conformément aux recommandations des concepteurs du système. Toutes les inséminations ont été réalisées par insémination post-cervicale avec 2 milliards de spermatozoïdes par dose.

5.4 Prises de mesure

5.4.1 Hormones à l'étude, nombre d'échantillons et fréquence d'échantillonnage

Des prélèvements sanguins ont été effectués sur toutes les truies éligibles et sélectionnées pour le projet (20 à 30 truies par bandes) avec l'objectif d'établir le moment de l'ovulation de chacune par l'analyse du taux sérique des hormones progestérone et œstradiol.

A priori, les auteurs de l'étude ont émis l'hypothèse que le système PigWatch® demande d'inséminer un peu avant l'ovulation et qu'il base ses requêtes sur l'analyse du comportement des truies. Par conséquent, il devait être possible, en échantillonnant le sang à partir de la première requête d'insémination du système, de confirmer la diminution du taux sérique d'œstradiol et détecter le moment de l'augmentation de la progestérone sérique, l'indicateur retenu pour identifier le moment de l'ovulation. Afin d'obtenir suffisamment de données pour estimer le moment de l'ovulation à partir des taux sériques des hormones œstradiol et progestérone, il a été planifié d'effectuer un minimum de cinq prélèvements sanguins par truie, sur une période continue de 48 heures, à raison de deux prélèvements sanguins par jour.

Suivant le prélèvement, les échantillons sanguins ont été conservés sur la glace et centrifugés dans l'heure. Le sérum a été congelé et expédié au laboratoire d'endocrinologie du Western College of Veterinary Medicine (WCVM) de l'Université de la Saskatchewan aux fins d'analyses. Les taux sériques de progestérone et d'œstradiol ont été mesurés par dosage radio-immunologique. La quantification de la progestérone sérique a été réalisée avec la trousse « Progesterone Coated Tube RIA Kit » vendue par la compagnie MP Biomedicals¹⁶. La quantification de l'œstrogène sérique a été réalisée par une méthodologie développée par le personnel du laboratoire et décrite dans deux publications différentes (Joseph *et al.*, 1992; Kingsbury et Rawlings, 1993). Le seuil de détection des hormones dans le sérum était de 0,1 ng/ml et 0,1 pg/ml pour respectivement la progestérone et l'œstradiol.

¹⁶ Tiré de : <http://www.mpbio.com/product.php?pid=07270102&country=38>

5.5 Prélèvements sanguins

Les prélèvements sanguins ont été effectués par la pose d'un cathéter dans la veine de l'oreille. La technique s'est avérée efficace pour la majorité des truies. Chez certaines truies, la série de prélèvements sanguins a été complétée par des prises de sang effectuées dans la veine jugulaire.

5.6 Estimation du moment de l'ovulation

Le moment probable de l'ovulation a été déterminé par des techniques d'analyse statistique des séries de mesures de la concentration sérique de la progestérone. La détection du moment de l'ovulation par l'analyse des séries de mesures de la progestérone sérique est basée sur les connaissances suivantes :

1. Après l'ovulation, on observe une augmentation exponentielle de la concentration sérique de la progestérone.
2. L'augmentation sérique de la progestérone est la conséquence de la lutéinisation des follicules qui contenaient les ovules.
3. Durant la phase folliculaire, qui débute approximativement 5 jours avant l'ovulation et se termine le jour de l'ovulation, la concentration de la progestérone sérique de la majorité des truies est très faible et souvent proche du seuil de détection (0,1 ng/ml) (Soede *et al.*, 1995).
4. Pour des raisons mal connues, le niveau de base de la progestérone sérique d'une minorité de truies demeure plus élevé durant la phase folliculaire (ex. : Soede *et al.*, 1994).

Il est généralement bien admis que le point de flexion de l'augmentation exponentielle de la concentration de la progestérone sérique est un bon indicateur du moment de l'ovulation. Ce concept a même été validé avec des techniques d'échographie (ex. : Martinat-Botté *et al.*, 1997; Terqui *et al.*, 2000). Pour mesurer le positionnement de ce point de flexion, il faut obtenir une ou plusieurs estimations de la progestérone sérique avant et après la période de l'ovulation. Les mesures qui précèdent l'ovulation sont nécessaires pour estimer le niveau de base de la progestérone.

Le premier défi consistait à identifier le premier point de la série de mesure qui faisait partie de la phase lutéale, c'est-à-dire post-ovulatoire. Une autre façon de présenter le même problème est d'identifier le dernier point de mesure qui fait partie de la phase folliculaire. Une méthode d'analyse statistique a été utilisée pour identifier le nombre de points de mesure de la progestérone de chaque truie qui faisaient partie de la période folliculaire. Le premier point de mesure qui se distinguait statistiquement des points précédents était identifié comme le premier point de la phase lutéale.

Le deuxième défi consistait à identifier le moment le plus probable de l'ovulation localisé dans un intervalle de temps qui précède le premier point de mesure de la phase lutéale. Le moment de l'ovulation a été défini par le centre d'un intervalle qui a 95 % de chance de contenir la vraie période d'ovulation. L'estimation de ce moment probable de l'ovulation a été réalisée en quatre étapes :

1. Détermination de l'intervalle probable de l'ovulation avec une première méthode (A).
2. Détermination de l'intervalle probable de l'ovulation avec une deuxième méthode (B1/B2).

5.6.2 Estimation de l'intervalle probable de l'ovulation (méthode B1)

La deuxième méthode consiste à positionner le moment probable de l'ovulation entre la première mesure de la phase lutéale (point no 2) et la dernière mesure de la phase folliculaire (point no 1) (voir Figure 10).

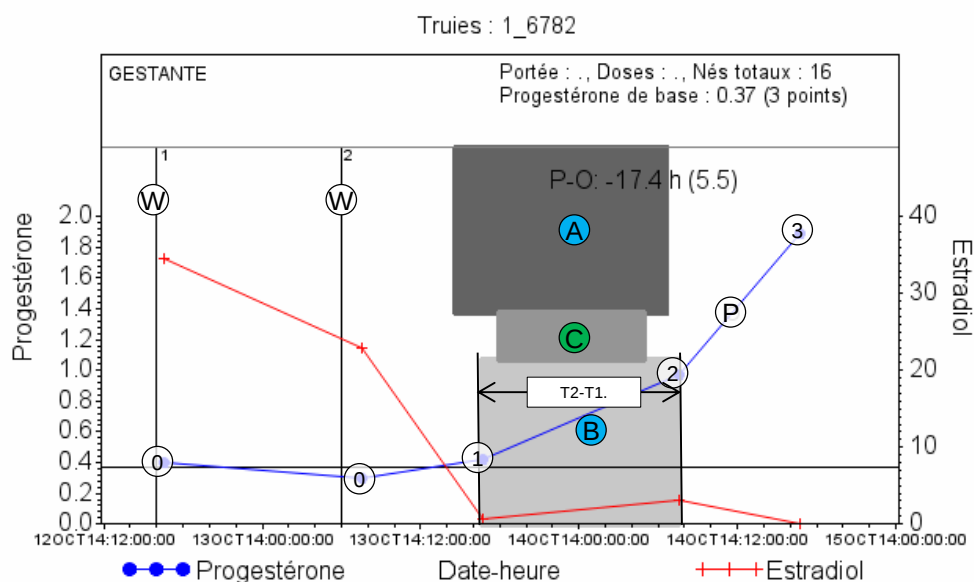


Figure 10 Schématisation des étapes pour obtenir l'intervalle probable de l'ovulation avec la méthode B1

5.6.3 Estimation de l'intervalle probable de l'ovulation (méthode B2)

La troisième méthode exige un minimum de trois points de mesure dans la phase lutéale. La projection de la droite de régression qui relie ces trois points sur la ligne de référence de la mesure de base (point R de la Figure 11) permet d'estimer le positionnement de la borne supérieure de l'intervalle probable de l'ovulation.

5.6.4 Estimation de l'intervalle probable de l'ovulation (méthode C)

Selon cette méthode, l'information (moyenne et les écarts) des deux premières méthodes est combinée selon l'approche bayésienne de fusion d'information. Cette méthodologie suppose que les deux intervalles définis ci-haut et l'intervalle résultant de leur combinaison sont tous trois associés à une estimation ayant une distribution normale et qu'ils sont indépendants.

Pour les deux méthodes (A et B) le centre de l'intervalle est utilisé comme un estimateur de la valeur moyenne et la variance de cet estimateur est calculé par :

$$\text{Variance estimateur 1} = \sqrt{\frac{\text{moitié de l'intervalle}}{1,96}}$$

Les intervalles obtenus par les deux méthodes précédentes sont combinés pour produire un intervalle final au moyen des relations suivantes :

Considérant w_1 et w_2 , étant définis comme suit :

$w_1 = \text{variance indicateur 1} / (\text{variance indicateur 1} + \text{variance indicateur 2})$

$w_2 = (1 - w_1)$

Alors :

Moyenne indicateur combiné $= w_2 \text{ moyenne indicateur 1} + w_1 \text{ moyenne indicateur 2}$

Variance indicateur combiné $= w_2^2 \text{ variance indicateur 1} + w_1^2 \text{ variance indicateur 2}$

Les limites de l'intervalle probable d'ovulation pour l'indicateur 3 sont obtenues ainsi :

- Limite inférieure = Moyenne indicateur combiné $- 1,96 \sqrt{\text{Variance indicateur combiné}}$
- Limite supérieure = Moyenne indicateur combiné $+ 1,96 \sqrt{\text{Variance indicateur combiné}}$

Le centre de l'intervalle probable de l'ovulation est utilisé comme l'estimateur du moment de l'ovulation (point C des Figures 9, 10 et 11).

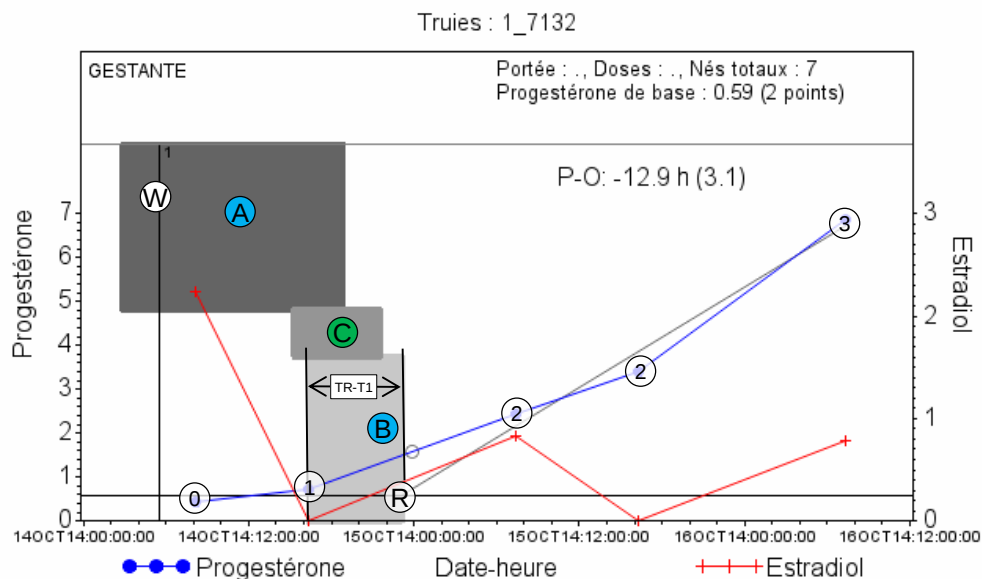


Figure 11 Schématisation des étapes pour obtenir l'intervalle probable de l'ovulation avec la méthode B2

5.7 Performances de reproduction, requête Pigwatch® et ovulation

La durée entre la requête Pigwatch® et le moment de l'ovulation présumée (intervalle P-O) a été catégorisée en classes de quatre heures et en classes de huit heures.

Le nombre de nés totaux et la fertilité des truies à 35 jours ont été utilisés comme indicateurs de la performance de la reproduction. La relation entre l'intervalle de la requête PigWatch® et le moment de l'ovulation sur le nombre de nés totaux ainsi que sur le taux de gestation a été étudiée dans un premier temps par un examen visuel et dans un deuxième temps par l'estimation des effets temporels linéaires, quadratiques et cubiques.

Finalement, les durées P-O ont été catégorisées en deux classes, l'une optimale et l'une non optimale, selon deux définitions d'optimums retrouvées dans la littérature. Le premier intervalle optimal a été défini comme l'intervalle qui débute 28 heures avant l'ovulation et se termine

4 heures après l'ovulation (Nissen *et al.*, 1997). Le deuxième intervalle optimal a été défini comme l'intervalle qui commence 24 heures avant l'ovulation et se termine au moment de l'ovulation (0) (Soede *et al.*, 1995; Almeida *et al.*, 2000). La comparaison des performances entre les requêtes PigWatch® optimales et non optimales selon les définitions d'optimum présentées ci-dessus a été faite au moyen d'une analyse de variance pour les nés totaux et d'une régression logistique pour le taux de fertilité à 35 jours.

6. Résultats

6.1 Déroulement du projet

Cinq bandes de 39 truies ont été sélectionnées au hasard et acheminées dans la salle de gestation dédiée au projet, pour un total de 195 truies. Le nombre de truies retenues pour un suivi plus intensif (prise de sang) se situe entre 20 et 30 truies par bande. Ce nombre s'est imposé pour s'ajuster aux ressources humaines disponibles et pour respecter la contrainte de la durée de présence du personnel dans le local dédié au projet (maximum de deux heures le matin et deux heures le soir). Finalement, le nombre de truies retenues pour les analyses a été de 122 truies (20 truies de la bande n° 1; 22 truies de la bande n° 2; 27 truies de la bande n° 3; 23 truies de la bande n° 4; 30 truies de la bande n° 5).

Les principales raisons qui ont justifié la non-rétention des truies sont présentées au Tableau 9. Globalement, le projet s'est très bien déroulé, car seulement sept truies ont dû être éliminées pour des données incomplètes (Tableau 9).

Tableau 9 Causes d'élimination des 73 truies n'ayant pas été retenues et faisant partie des 5 bandes de 39 truies présentes dans les locaux durant l'étude (73/195=37 %)

Causes d'élimination des truies non retenues	
Truies non suivies par le PigWatch®	20
Truies non retenues par manque de temps pour les prélèvements sanguins*	36
Truies non inséminées	10
Truies avec des données incomplètes	7
Total	73

La dispersion des mesures de la progestérone et d'œstradiol sérique est montrée à la Figure 13. La variation temporelle de la concentration sérique en progestérone était conforme aux attentes et aux observations rapportées par d'autres chercheurs (Soede *et al.*, 1994; Terqui *et al.*, 2000; Noguchi *et al.*, 2010). Durant la phase folliculaire, la concentration sérique de la progestérone était faible (< 0,5 ng /ml) chez la majorité (84/122, 69 %) des truies (Tableau 10). Plusieurs truies avaient des valeurs de progestérone plus élevées (0,8 à 1,0 ng/ml). La variabilité de la progestérone des mesures répétées durant la phase folliculaire était très faible et facile à distinguer visuellement et statistiquement de la première mesure de la phase lutéale (Figure 13).

La variation temporelle de la concentration sérique en œstradiol était beaucoup plus variable et aléatoire que celle de la progestérone (Figure 12). La mesure de l'œstradiol s'est avérée utile pour distinguer les truies qui avaient un seul point durant la phase folliculaire et des concentrations sériques élevées en progestérone (4 truies voir le Tableau 10).

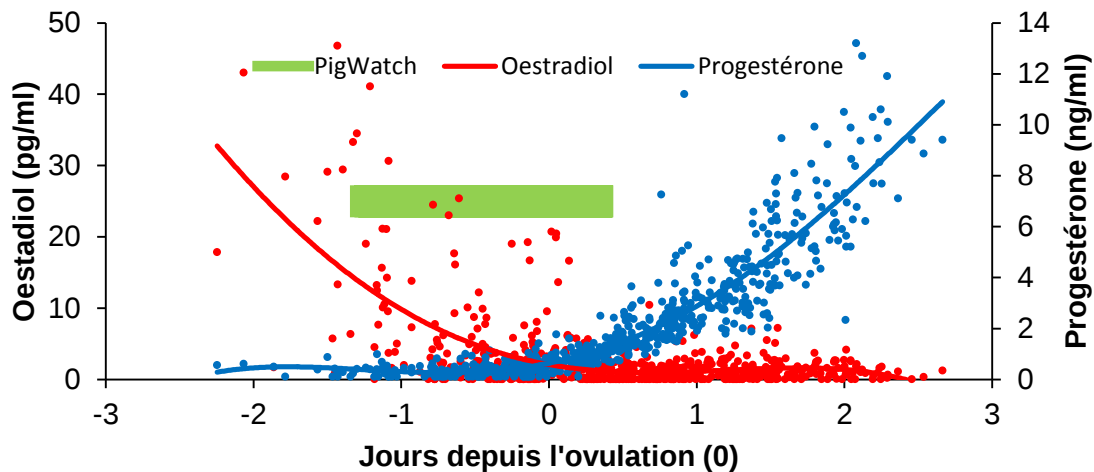


Figure 12 Variation temporelle des mesures de progestérone (bleu) et de l'œstradiol (rouge) avant et après l'ovulation. La ligne verte montre l'intervalle des requêtes du PigWatch® pour la majorité des truies (116/122, 95 %).

Tableau 10 Distribution des mesures de progestérone de base chez les truies qui avaient différents points de mesure durant la phase folliculaire (0 = aucune mesure durant la phase folliculaire; 1 = les truies avec une mesure durant la phase folliculaire; 2 = les truies avec 2 à 4 mesures durant la phase folliculaire)

Progestérone de base (ng/ml)	0	1	2+	Total
0,1	0	6	9	15
0,2	0	7	10	17
0,3	5*	9	17	31
0,4	0	5	8	13
0,5	0	5	8	13
0,6	0	3	5	8***
0,7	0	3	3	6***
0,8	0	7	2	9***
0,9	0	2	1	3***
1	0	2**	2***	4
> 1	0	2**	1***	3
Total	5*	51	66	122

* Ces 5 truies n'avaient pas de mesure de progestérone durant la phase folliculaire. La première mesure de progestérone de ces cinq truies était élevée (> 0,8 ng/ml) et elles avaient toutes des taux sériques d'œstradiol bas (< 7 pg/ml). La valeur basale de ces 5 truies a été fixée à la valeur attendue pour une truie moyenne (0,34 ng/ml).

** Ces 4 truies avaient des taux sériques d'œstradiol haut (> 15 pg/ml).

*** Ces 29 truies avaient des taux sériques d'œstradiol bas (< 7 pg/ml).

6.2 Fonctionnement du système PigWatch®

Le système PigWatch a bien fonctionné durant ce projet. La majorité des 195 truies suivies par le système ont reçu une requête d'insémination par le système.

Les prélèvements sanguins ont probablement interféré avec la mesure comportementale effectuée par PigWatch®. En effet, lors des prélèvements sanguins, toutes les truies de la salle étaient dérangées et se tenaient debout. Ce stress ponctuel pourrait également avoir influencé leur comportement naturel en dehors des périodes de prélèvements sanguins.

Le concepteur du PigWatch® a rapporté certaines observations inhabituelles dans les courbes comportementales de certaines truies durant l'expérimentation, mais aucune truie n'a été éliminée du test en raison de ces anomalies. Ces modifications comportementales ont probablement causé certaines difficultés à l'algorithme du système PigWatch® dans l'analyse de certaines données dites bruitées par des facteurs extérieurs.

6.3 Estimation du premier point de la phase lutéale

La figure 13 montre quatre exemples du profil des mesures de progestérone sériques chez certaines truies. Le premier panneau (A) montre le profil de la progestérone d'une truie qui a eu son premier prélèvement sanguin durant la phase lutéale. Le deuxième panneau (B) montre le profil de la progestérone d'une truie qui a eu un seul prélèvement sanguin durant la phase folliculaire. Les deux autres panneaux (C et D) montrent le profil de la progestérone de deux truies qui ont eu plusieurs prélèvements sanguins durant la phase folliculaire. Le panneau C montre un cas avec des mesures de progestérone de base bas (situation fréquente, voir le Tableau 10). Le panneau D montre un cas avec des mesures de progestérone de base élevée (≈ 1 ng/ml). La distribution des valeurs moyennes des mesures de progestérone de base mesurée durant la phase folliculaire est présentée au Tableau 10.

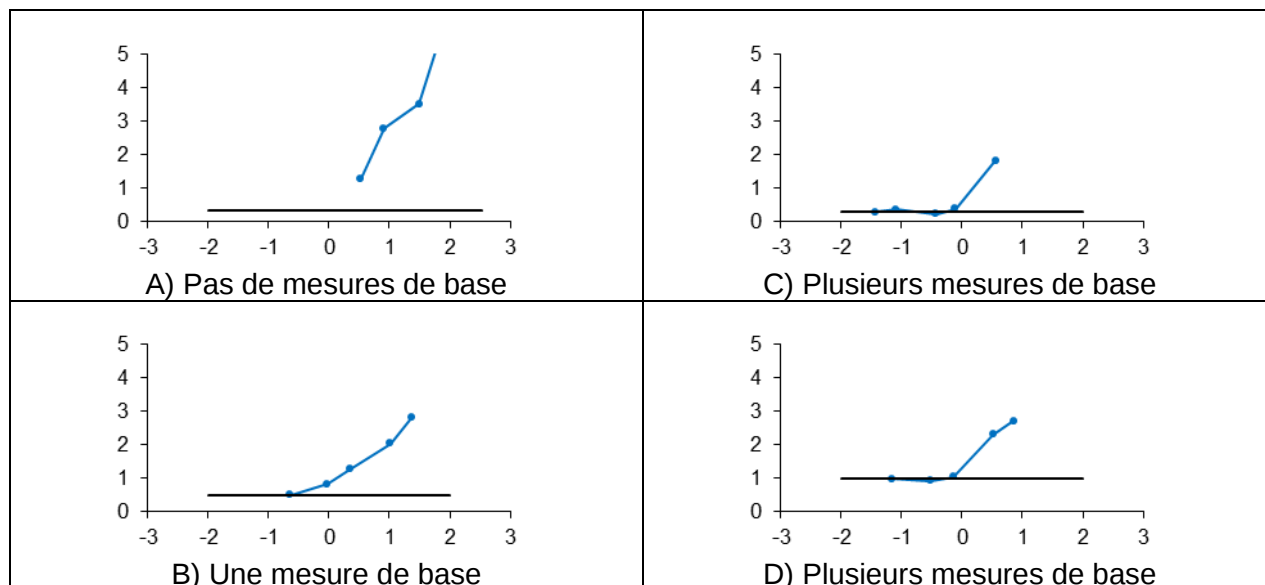


Figure 13 Schématisation de quatre scénarios de profil de progestérone

Un peu plus de la moitié des truies suivies dans le cadre de ce projet avaient plus d'une mesure basale (66/122, 54 %). Cinquante et une truies avaient une seule mesure de progestérone basale (51/122, 42 %) et 5 truies (5/122 4 %) avaient probablement été échantillonnées après l'ovulation. Pour ces 5 truies, la valeur basale attendue pour une truie moyenne a été utilisée comme mesure de référence (0,34 ng/ml).

6.4 Estimation du moment de l'ovulation

Les différentes méthodes (A, B1 et B2) ont été utilisées pour estimer l'intervalle le plus probable de l'ovulation des truies. Le tableau 11 montre la relation entre les méthodes appliquées et le nombre de points de mesure disponible dans la phase folliculaire et la phase lutéale.

Tableau 11 Distribution des méthodes appliquées pour l'estimation de l'intervalle probable de l'ovulation selon le nombre de mesures disponibles durant la phase folliculaire

Valeur basale	Truies (n)	Méthode A	Méthode AB1	Méthode AB2*
0	5	5	0	0
1	51	51	0	0
2	41	0	4	37
3	17	0	13	4
4	6	0	6	0
5	2	0	2	0
Total	122	56	25	41

* La méthode B2 était applicable seulement chez les truies qui avaient plus de trois points durant la phase lutéale.

6.5 Analyse de la durée entre la requête PigWatch® et l'ovulation

Le moment de l'ovulation a été estimé chez les 122 truies à l'étude. Ce moment a été estimé par le centre de la période la plus probable de l'ovulation de la méthode la plus adaptée. La méthode la plus adaptée était la méthode A pour 56 truies (46 %) et la méthode C pour les autres truies (n = 66, 54 %).

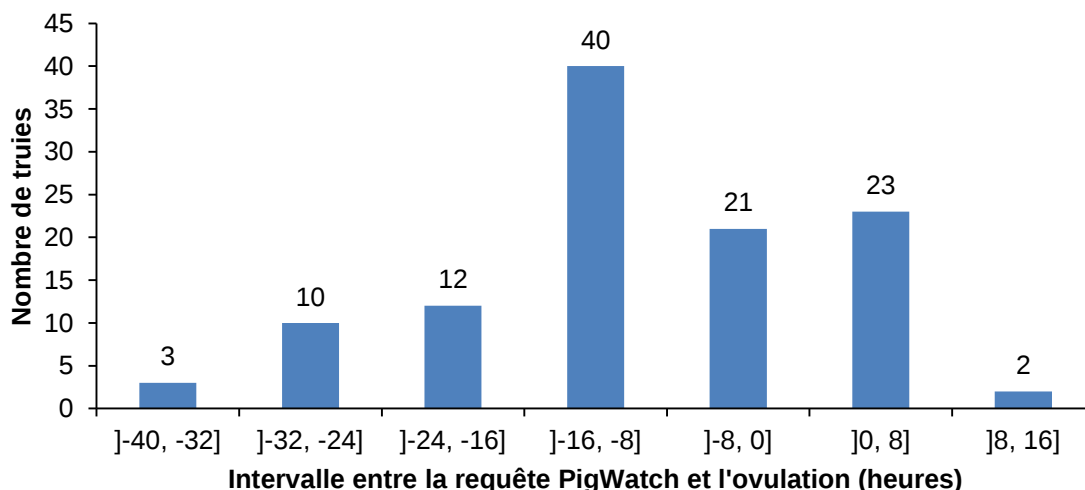


Figure 14 Intervalle entre la requête PigWatch® et l'ovulation des truies

La Figure 14 montre que l'intervalle entre l'ovulation présumée et la requête PigWatch® se situe entre -32 heures avant l'ovulation et 8 heures après l'ovulation pour 95 % des truies.

6.6 Performances et durée de l'intervalle entre la requête PigWatch® et l'ovulation

Les 122 truies conservées pour l'analyse ont été inséminées en moyenne 1,16 fois en suivant les requêtes du PigWatch® et ont eu un taux de fertilité de 95,1 % et 15,29 porcelets nés par portée. Elles ont été inséminées en moyenne 10,1 heures avant l'ovulation avec un écart-type de 10,8 heures (entre 41 heures avant et 11 heures après l'ovulation). Leur médiane est à 10,65 heures avant l'ovulation et 95 % de requêtes d'insémination sont entre 31,5 heures avant l'ovulation et 8 heures après.

Le Tableau 12 montre la moyenne des résultats de nés totaux et de taux de gestation par classe de huit heures. Les Figures 15 et 16 représentent les mêmes données en bulles, où le diamètre des bulles représente le nombre de truies par classe.

Tableau 12 Nombre de porcelets nés par portées et fertilité des 122 truies à 35 jours

Classes	Nombre de truies	Nés totaux	Fertilité
]-40, -32]	3	10,50	100,0 %
]-32, -24]	13	15,10	84,6 %
]-24, -16]	12	15,18	100,0 %
]-16, -8]	45	16,09	95,0 %
]-8, 0]	22	16,24	100,0 %
]0, 8]	24	13,74	95,8 %
]8, 16]	3	15,50	66,7 %

Les analyses visuelles et statistiques n'ont pas permis d'identifier de relation linéaire ($p = 0,7378$), quadratique ($p = 0,3379$) ou cubique ($p = 0,1757$) entre le taux de gestation et l'intervalle entre la requête PigWatch® et l'ovulation.

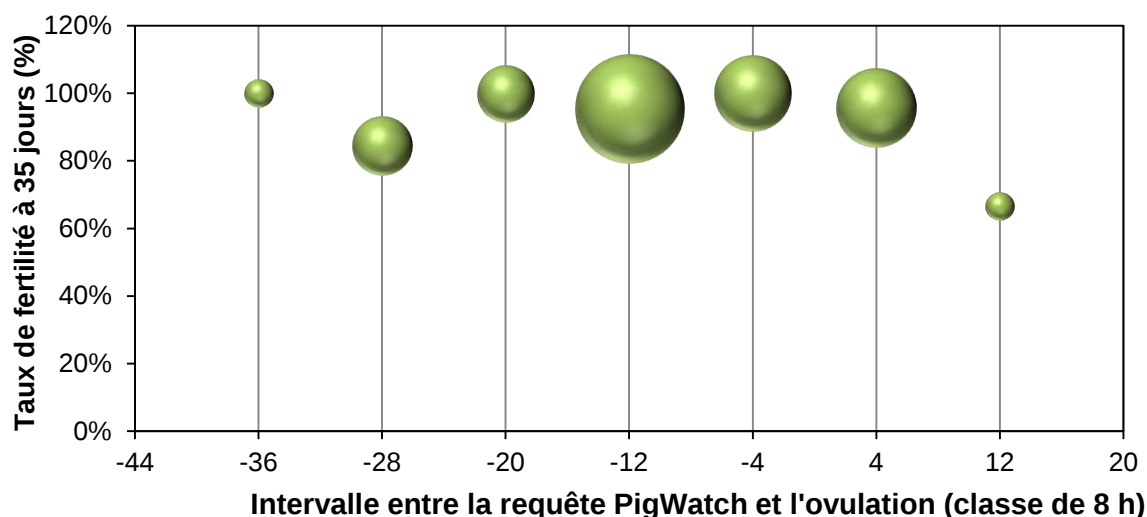


Figure 15 Taux de fertilité par classe (valeur moyenne). La taille des bulles est proportionnelle aux nombres de truies dans la classe.

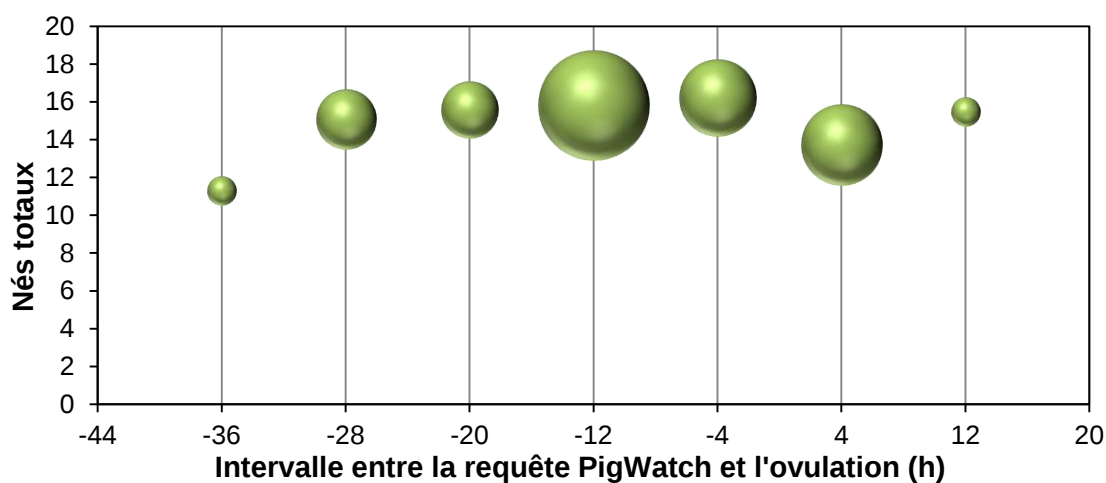


Figure 16 Nés totaux par classe (valeur moyenne). La taille des bulles est proportionnelle aux nombres de truies dans la classe.

Les analyses visuelles et statistiques ont permis d'identifier une relation quadratique significative ($p < 0,05$) entre le nombre de nés totaux et l'intervalle entre la requête PigWatch® et l'ovulation. Cette relation montre que le nombre maximal de nés totaux est obtenu lorsque la requête PigWatch® se situe à 12,7 heures avant l'ovulation (Figure 17).

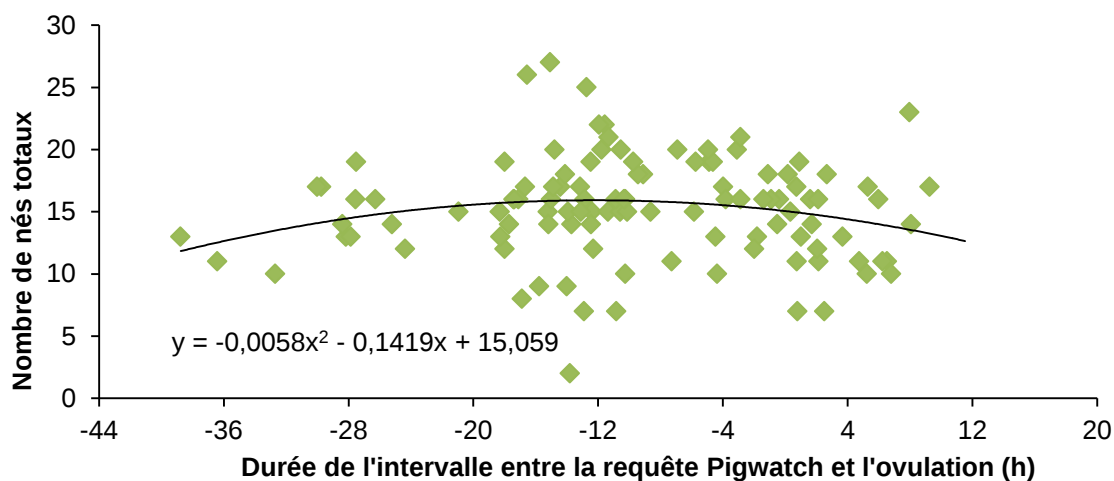


Figure 17 Régression quadratique pour le nombre de nés totaux en fonction de la durée de l'intervalle entre la requête PigWatch® et l'ovulation

Le Tableau 13 montre les performances de reproduction des truies selon leur positionnement dans les deux intervalles jugés optimaux proposés par d'autres chercheurs. Le nombre de nés totaux est supérieur lorsque la durée entre la requête PigWatch® et le moment de l'ovulation se situe dans l'intervalle optimal (Tableau 13). Le taux de gestation pour sa part n'est pas significativement affecté par la catégorisation, optimal vs non optimums.

Tableau 13 Performances techniques en maternité des truies inséminées dans les heures précédant ou suivant l'ovulation

	Période d'insémination : 24 h avant l'ovulation*			Période d'insémination : 28 h avant à 4 h après l'ovulation**		
	Dans la période visée	À l'extérieur de la période	Différence	Dans la période visée	À l'extérieur de la période	Différence
Nombre (pourcentage) de truies	79 (65 %)	43 (35 %)	---	103 (84 %)	19 (16 %)	---
Taux de fertilité	97,47	90,7	6,77 (p = 0,1219)	96,12	89,47	6,64 (p = 0,2675)
Nombre de nés total	15,92	14	1,92 (p = 0,0187)	15,55	13,78	1,77 (p = 0,0939)

* Période idéale de l'insémination des truies selon Soede *et al.*, (1995) et Almeida *et al.*, (2000).

** Période d'insémination idéale des truies selon Nissen *et al.*, (1997).

7. Analyse économique

7.1 Discussion sur l'impact économique potentiel du système

Le groupe de truies suivies dans le cadre de ce projet présente d'excellentes performances zootechniques, avec un taux de fertilité de 95,1 % et 15,29 porcelets nés totaux par portée¹⁷. De plus, ces performances ont été atteintes en n'utilisant que 1,16 dose de semence par accouplement, ce qui est très peu.

En effet, il est plus courant d'observer l'utilisation de deux doses (en général) à trois doses (pour certaines truies) de semence par accouplement; pour un troupeau, cela se traduirait donc par une moyenne de plus de deux doses par accouplement (2,2 à 2,4).

Cette baisse du nombre de doses pourrait se traduire par des économies potentielles pour une maternité principalement grâce à :

1. Une diminution des tâches reliées à l'insémination en maternité;
2. Une diminution des besoins en doses de semences.

7.1.1 Diminution du temps de travail en maternité

La réduction du nombre d'inséminations requises par accouplement aura un impact directement proportionnel sur le temps dévolu aux inséminations. Aussi, comme l'appareil devrait faciliter la tâche en ce qui a trait à la détection des chaleurs, le temps de travail dédié à celle-ci devrait donc aussi diminuer.

¹⁷ À titre de comparaison, les maternités affichant les meilleurs résultats provinciaux 2014 pour la productivité du réseau Coop ont obtenu un taux moyen de fertilité de 91,8 % et 14,29 porcelets nés totaux par portée en moyenne (Le Coopérateur agricole, Juillet-août 2015).

De plus, un système qui gère la détection des chaleurs des truies devrait constituer un atout pour les entreprises qui connaissent un roulement élevé de personnel. La formation du personnel en maternité devrait être facilitée par le système. Aussi, une plus grande uniformité des performances pourrait possiblement être atteinte entre les différents employés (quart de semaine par rapport à fin de semaine, vacances, remplacements).

7.1.2 Diminution des besoins en semence

Le système Pigwatch® devrait permettre de réduire les coûts d'insémination, surtout si le nombre de doses par accouplement diminue au niveau observé lors du projet. Cependant, l'impact risque d'être variable selon que l'entreprise achète la semence ou la produise elle-même.

En effet, pour une entreprise qui achète sa semence, les économies liées à la baisse du nombre d'inséminations pourraient diminuer à long terme. Si ce type de technologie se généralise, cela entraînera une baisse importante du nombre de doses de semence requises. L'industrie de l'insémination enregistrerait alors une diminution de ses ventes, ce qui pourrait amener une restructuration de l'industrie. Une hausse des tarifs de semence pourrait s'ensuivre, ce qui annulerait une partie des économies.

Par contre, pour une entreprise qui produit sa propre semence, l'impact serait plus marqué. En effet, l'entreprise qui possède son propre centre d'insémination verrait ses coûts d'exploitation diminuer. Elle pourrait garder un nombre moins élevé de verrats dans son centre d'insémination. Cela permettrait de réduire le temps de travail, par exemple pour la récolte de semence, ainsi que les frais totaux d'hébergement des animaux.

À moyen terme, une technologie qui permet de réduire le nombre de verrats de cette façon aura aussi pour conséquence d'accélérer le progrès génétique. En effet, la semence des verrats possédant les indices de sélection les plus élevés pourra être utilisée pour inséminer un plus grand nombre de truies. Par exemple, le Dr Sonderman estime que le passage de l'insémination classique à 3 milliards de spermatozoïdes à l'insémination postcervicale à 1,2 milliard de spermatozoïdes permettrait à un réseau qui possède son centre d'insémination de réduire son nombre de verrats en inventaire de 40 % et d'améliorer l'indice de progrès de l'équivalent d'une génération (Sonderman, 2015).

Enfin, même s'il était impossible, dans le cadre du projet, d'effectuer une analyse économique exhaustive, celui-ci permet malgré tout de soulever certains éléments de réflexion. Ainsi, un système efficace de détection des chaleurs chez les truies pourrait se traduire par :

- Une diminution du temps de travail pour l'insémination et la détection des chaleurs;
- Une formation plus facile des employés et une meilleure uniformité du travail;
- Une diminution des doses de semence nécessaire à l'insémination.

Pour les réseaux possédant leur propre centre d'insémination, le nombre de verrats en inventaire devrait aussi diminuer. Si l'indice moyen des verrats conservés augmente, le progrès génétique pourrait aussi s'accélérer.

8. Discussion

Les résultats de ce projet de recherche montrent que le système PigWatch® fait les requêtes d'insémination dans une période autour de l'ovulation qui est conforme aux informations connues et est propice à l'obtention de bons résultats zootechniques. En effet, 95 % des

requêtes du PigWatch® ont été faites à l'intérieur de l'intervalle de 31,5 heures avant l'ovulation à 8 heures après l'ovulation présumée. Le taux de fertilité à 35 jours était de 95,1 % et le nombre de nés totaux était de 15,29 par portée. Ces performances de reproduction ont été obtenues avec 1,16 insémination par truie. Cela indique qu'il est possible, à partir d'une évaluation statistique du comportement des truies dans la cage, telle que faite par le système PigWatch®, de déterminer un bon moment pour inséminer les truies et obtenir de bonne performance de reproduction.

En classant les truies selon les plages optimales pour inséminer telles qu'établies par les études de Soede *et al.* (1995), d'Almeida *et al.* (2000) et de Nissen *et al.* (1997), il est possible de voir que les résultats de fertilité des truies inséminées en dehors des plages optimales ne sont pas statistiquement différents des résultats de fertilité des truies à l'intérieur de ses plages dites optimales. Cela vient appuyer le fait que le système PigWatch® semble en mesure de déterminer un bon moment pour inséminer chaque truie.

En procédant au même type de classement, il est possible de voir que le résultat du nombre de nés totaux des truies inséminées en dehors de la plage optimale proposée par Soede *et al.* (1995) est statistiquement différent du résultat de nombre de nés totaux des truies à l'intérieur de cette plage dite optimale. Les truies inséminées dans cette plage (65 % du total) ont eu en moyenne 1,92 porcelet de plus ($p = 0,0187$). En faisant le même exercice pour la plage optimale suggérée par Nissen *et al.* (1997), la différence n'est pas statistiquement significative ($p = 0,0939$), mais les données suggèrent la même tendance.

Ces informations suggèrent qu'une insémination à l'intérieur de la période de 24 heures qui précède l'ovulation est à prioriser pour l'obtention d'un nombre maximal de nés totaux. Les truies qui sont inséminées en dehors de cette période optimale ont un nombre de porcelets un peu inférieur sans toutefois affecter significativement le taux de fertilité.

La méthode d'analyse statistique des variations temporelles de la progestérone et de l'œstradiol telle que développée dans ce projet semble être assez précise pour estimer correctement le moment de l'ovulation des truies à partir d'un objectif de collecte de cinq prises de sang, à raison de deux par jour, débutant au moment où le système PigWatch® effectue une requête pour inséminer. Le fait que certaines requêtes surviennent très près de l'ovulation ou légèrement après complexifie l'analyse, car le manque de données pour établir le niveau de base de la progestérone impose le recours à certaines approximations.

Les résultats zootechniques obtenus tendent à appuyer les résultats des travaux de Nissen *et al.* (1997) et Soede *et al.* (1994). La relation quadratique entre le nombre de porcelets nés totaux observé et l'intervalle entre la requête PigWatch® et l'ovulation montre que le maximum de porcelets a été obtenu lorsque l'insémination était effectuée 12,7 heures avant l'ovulation. Ce moment idéal est en accord avec les résultats de Nissen *et al.* (1997) qui a montré que le nombre de nés totaux maximum était obtenu lorsque l'insémination était effectuée 10 ± 6 heures avant l'ovulation. Bien que la fertilité des truies ne soit pas affectée significativement par une requête en dehors des périodes idéales, les données numériques disponibles suggèrent des taux de fertilité moindre conformément aux travaux des autres chercheurs (Soede *et al.*, 1994; Nissen *et al.*, 1997).

9. Conclusion

Le système PigWatch® est une innovation technologique développée conjointement par l'entreprise québécoise Conception Ro-Main et l'entreprise italienne LPS Electronics. L'objectif de cette technologie est de prévoir le meilleur moment pour inséminer les truies sevrées à partir de l'analyse en temps réel du comportement des truies dans leur cage. Le développement du produit a été réalisé principalement par la mesure du comportement des truies avant et durant l'œstrus, le développement des modules électroniques et le développement des algorithmes mathématiques pour analyser les mesures comportementales et prédire le moment de l'insémination.

Les résultats de ce projet montrent que 95 % des requêtes d'insémination effectuées par le système PigWatch® ont été émises dans un intervalle de temps se situant entre 32 heures avant et 8 heures après l'ovulation. Les truies ont été inséminées en moyenne 1,16 fois chacune et le taux de fertilité moyen a été de 95,1 % avec une moyenne de 15,26 porcelets nés totaux.

En conclusion, il apparaît que le système PigWatch®, dont le fonctionnement est basé sur l'analyse du comportement de la truie, permet de prédire le moment approprié pour procéder à l'insémination. Son utilisation permet aussi de réduire le nombre de doses de semence utilisées par truie, tout en maintenant de bonnes performances zootechniques.

10. Références

- Almeida, F.R.C.L., Novak, S. et G.R. Foxcroft. 2000. The time of ovulation in relation to estrus duration in gilts. *Theriogenology*, 53(7) : 1389–1396.
- Bonnes, G. et F. Batellier. 2005. Reproduction des animaux d'élevage. Dijon : Educagri Editions, p.98-100.
- Bonneville, L. 2002. Détection des chaleurs. Des aspects pratiques pour améliorer l'efficacité des saillies. *Porc Québec*, avril : 37-41.
- Bracken, C.J., Safranski, T.J., Cantley, T.C., Lucy, M.C. et W.R. Lamberson. 2003. Effect of time of ovulation and sperm concentration on fertilization rate in gilts. *Theriogenology*, 60 : 669–676.
- CFPPA. 2013. La reproduction. [En ligne]. <http://www.cfppa.fr/infocampus/wp-content/uploads/2013/10/FECONDAT.pdf>
- CIPQ. S.d. Technique /Période propice à l'insémination. [En ligne]. <http://www.cipq.com/periodepropice.php>
- Ehlers, K. et L. Halvorson. 2013. Gonadotropin-releasing Hormone (GnRH) and the GnRH Receptor (GnRHR). [En ligne]. [http://www.glowm.com/section_view/heading/Gonadotropin-releasing%20Hormone%20\(GnRH\)%20and%20the%20GnRH%20Receptor%20\(GnRHR\)/item/284](http://www.glowm.com/section_view/heading/Gonadotropin-releasing%20Hormone%20(GnRH)%20and%20the%20GnRH%20Receptor%20(GnRHR)/item/284)
- Esbenshade, K.L., Vógel, M.J. et G.B. Traywick. 1986. Clearance rate of luteinizing hormone and follicle stimulating hormone from peripheral circulation in the pig. *Journal of Animal Science*, 62(6) : 1649-1653.
- Gayrard, V. 2007. Physiologie de la reproduction des mammifères. Toulouse : École nationale vétérinaire, 198 p.
- Hugues, P.E. et G. Pope. 2001. Estimating the optimum timing of insemination in pigs. *Manipulating pig production VIII* : 166-172.
- Joseph, I.B.J.K., Currie, W.D. et N.C. Rawlings. 1992. Effects of time after ovariectomy, season and oestradiol on luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone secretion in ovariectomized ewes. *Journal of Reproductivity and Fertility*, 94 : 511-523.
- Kingsbury, L. et N.C. Rawlings. 1993. Effect of exposure to a boar on circulating concentrations of LH, FSH, cortisol and oestradiol in prepubertal gilts. *Journal of Reproductivity and Fertility*, 98 : 245-250.
- Knox, R.V. 2005. Recruitment and selection of ovarian follicles for determination of ovulation rate in the pig. *Domestic Animal Endocrinology*, 29 : 385–397.
- Martinat-Botté, F., Forgerit, Y., Maurel, M.C., Corbé, H., Bernelas, D., Mercat, M.J., Guillouet, P. et M. Terqui. 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 de la Recherche Porcine en France*, 29 : 103-108.

Nissen, A.K., Soede, N.M., Hyttel, P., Schmidt, M. et L. D'Hoore. 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.

Noguchi, M., Yoshioka, K., Itoh, S., Suzuki, C., Arai, S., Wada, Y., Hasegawa, Y. et H. Kaneko. 2010. Peripheral concentrations of inhibin A, ovarian steroids, and gonadotropins associated with follicular development throughout the estrous cycle of the sow. *Reproduction*, 139(1) : 153-161.

Poilver, D. 2003. Reproduction des porcs - Inséminez vos truies au bon moment. [En ligne]. <http://porc.reussir.fr/actualites/reproduction-des-porcs-inseminez-vos-truies-au-bon-moment:22836.html>

Signoret, J.P. 1970. Reproductive behaviour of pigs. *Journal of reproduction and fertility. Supplement*, 11 : 105–117.

Soede, N.M., Langendijk, P. et B. Kemp. 2011. Reproductive cycles in pigs. *Animal Reproduction Science*, 124 : 251–258.

Soede, N.M. et B. Kemp. 1997. Expression of oestrus and timing of ovulation in pigs. *Journal of Reproduction and Fertility. Supplement*, 52 : 91-103.

Soede, N.M., Wetzel, C.C., Zondag, W., de Koning, M.A. et B. Kemp. 1995. Effects of time of insemination relative to ovulation, as determined by ultrasonography, on fertilization rate and accessory sperm count in sows. *Journal of Reproduction and Fertility*, 104(1) : 99-106.

Soede, N.M., Helmond, F.A. et B. Kemp. 1994. Perioovulatory profiles of oestradiol, LH and progesterone in relation to oestrus and embryo mortality in multiparous sows using transrectal ultrasonography to detect ovulation. *Journal of Reproduction and Fertility*, 101 : 633-641.

Soede, N.M., Noordhuizen, J.P. et B. Kemp. 1992. The duration of ovulation in pigs, studied by transrectal ultrasonography, is not related to early embryonic diversity. *Theriogenology*, 38 : 653-666.

Sonderman, J. 2015. Post-cervical insemination: driving genetic progress. *The DNA Edge*, 10(1) : 4.

Terqui, M., Guillouet, P., Maurel, M.C. et F. Martinat-Botté. 2000. Relationship between peri-oestrus progesterone levels and time of ovulation by echography in pigs and influence of the interval between ovulation and artificial insemination (AI) on litter size. *Reproduction, Nutrition, Development*, 40 : 393–404.

Tilbrook, A.J., Turner, A.I. et I.J. Clarke. 2000. Effects of stress on reproduction in non-rodent mammals: the role of glucocorticoids and sex differences. *Reviews of Reproduction*, 5 : 105–113.



Centre de développement du porc du Québec inc.

Place de la Cité, tour Belle Cour
2590, boulevard Laurier, bureau 450
Québec (Québec) G1V 4M6

☎ 418 650-2440 • 📠 418 650-1626

cdpq@cdpq.ca • www.cdpq.ca

 @cdpqinc

