BORDEAUX SCIENCES AGRO
1, cours du Général de Gaulle
CS 40201
33175 Gradignan Cedex

INRAE – Centre de recherche Bretagne – Normandie
Domaine de la Motte
BP 35327
35653 Le Rheu
Cedex France

Stage de pré-spécialisation S8 Feed & Food

Etude du comportement des truies gestantes en alimentation de précision

Période de stage : 2 juin au 31 août 2020

Rédigé par Laura DEROUET

Sous le tutorat de :

Mme. Marie – Pierre Ellies

Maître de Conférences HDR
Responsable de la Spécialisation
« Filières Animales Durables »

Département Feed and Food
1, cours du Général de Gaulle, CS 40201,
33175 Gradignan Cedex

Sous la direction de :

Mme. Charlotte Gaillard

Chargée de recherches

UMR Pegase – Equipe SysPorc
16 Le Clos, 35390 Saint – Gilles

Année universitaire : 2019 – 2020

Résumé :

L'alimentation de précision permet de fournir aux truies gestantes une ration adaptée à leurs besoins nutritionnels en prenant en compte certains facteurs individuels (âge, poids, stade de gestation). Les mesures comportementales telles que l'activité physique, les interactions sociales, sont des facteurs en lien avec les besoins nutritionnels qui pourraient donc être intégrés dans les modèles d'alimentation actuels afin de gagner en précision. Mon projet de stage s'intègre dans une problématique générale de recherche sur : Comment intégrer des indicateurs du bien-être et de la santé des truies dans les modèles nutritionnels actuels pour les améliorer et également améliorer le bien-être animal ? Au cours de mon stage je me suis tout d'abord intéressée aux effets de l'alimentation de précision sur le comportement alimentaire (nombre et durée des visites à l'alimentateur, quantités ingérées) et aux résultats de production et reproduction. Pour réaliser cet objectif, j'ai construit et analysé des bases de données contenant les performances de production et de reproduction ainsi que des mesures du comportement alimentaire de 170 gestations, provenant de 134 truies en alimentation conventionnelle (AC) et en alimentation de précision (AP). Les résultats indiquent qu'en fin de gestation, les truies en régime AP ont un poids plus faible que celles en régime AC (-5,8 kg) et le nombre et la durée des visites journalières à l'alimentateur sans repas sont plus importants (3,7 visites de 33,4 minutes en AP et 3,2 visites de 21,2 minutes en AC en moyenne). Le rang de portée a un effet sur le poids, la quantité ingérée, le poids de portée, le nombre moyen total de porcelets et la proportion de mort-nés dans une portée. Globalement, l'AP a donc permis un ajustement des rations, sans affecter les résultats de production. Une étude sur le lien entre le comportement alimentaire et social pourrait être envisagée afin d'expliquer les différences sur les durées et nombres les visites sans repas entre traitements alimentaires. Dans un deuxième temps j'ai participé au suivi d'expérimentations étudiant les effets du stress sur le comportement des truies gestantes en AP. Les résultats devraient permettre de sélectionner les comportements à inclure dans les modèles nutritionnels pour améliorer leur précision.

Abstract :

Feeding precision allows gestating sows to have a ration adapted to their nutritional requirements taking into account some individual factors (age, body weight, gestation period). Behaviour measures such as physical activity, social interactions, are factors related to nutritional requirements that could be included in current nutritional models to gain precision. My internship is part of a general research issue on: How to include sow welfare and health indicators into current nutritional models to improve them and also improve animal welfare? During my internship I was first interested in the effects of precision feeding on feeding behaviour (number and time of visits to the feeder, quantities ingested) and in production and breeding results. To achieve this goal, I built and analysed databases with production and breeding performance and measurements of the feeding behaviour of 134 sows of 170 gestations in conventional feeding (CF) and in precision feeding (PF). Results show that in late gestation, sows in PF diet have a lower body weight than sows in CF diet (-5.8 kg) and number and time of non-feeding visits to the feeder are higher (3.7 visits of 33.4 minutes in PF and 3.2 visits of 21.2 minutes in CF in average). Parity has an effect on body weight, quantity ingested, litter weight, average total number of piglets and ratio of stillborns in litter. Overall, PF allowed rations to be adjusted without affecting production results. A study on the link between feeding and social behavior could be considered to explain the non-feeding visits between feeding strategies. Secondly, I participated in the monitoring of experimentations studying the effects of stress on the behavior of pregnant sows in PF. Results should make it possible to select the behaviors to be included in the nutritional model to improve their precision.

Liste des figures et tableau :

Figure 1. Effectifs porcins par type d'élevage et taille du cheptel en France (Agreste, 2018) . 4

Figure 2. Répartition des exploitations porcines en quatre types en 2010 (Roguet & al., 2014) 4

Figure 3. Répartition du coût de production de la filière porc sur la période 2013-2014 (Séité, 2014)..... 6

Figure 4. Variations des besoins en nutriments entre les truies pendant la gestation (Gaillard & al., 2019)..... 6

Figure 5. Les principes de l'alimentation de précision (Gaillard & al., 2020) 7

Figure 6. Besoins en énergie métabolisable pour l'entretien, la portée et les réserves corporelles de la truie en fonction de la semaine de gestation (Gaillard & al., 2019) 9

Figure 7. Variation des besoins en acides aminés (lysine digestible iléale standardisée) entre différentes sources (Dourmad & al., 2008, NRC, 2012, Tybirk & al., 2012, et l'étude de Gaillard & al., 2019 afin de répondre aux besoins de 90% des truies) en fonction du rang de portée et de la période de gestation (Gaillard & al., 2019) 9

Figure 8. Description de l'utilisation des nutriments du modèle InraPorc chez la truie (Dourmad & al., 2008)..... 10

Figure 9. Equation de l'énergie métabolisable chez les truies gestantes (adapté de Dourmad & al., 2008) 10

Figure 10. Deux stations d'alimentation individuelles dans une salle de gestation de l'UE3P de Saint-Gilles (35)..... 12

Figure 11. Spectrogrammes d'un son normal (**a**) et de toux correspondant à des maladies du porc (**b**), obtenus à partir du système STREMODO (Chung & al., 2013)..... 13

Figure 12. Zones segmentées du mouvement du porc par mesure 3D (Motion History Image) (Viazzi & al., 2014)..... 13

Figure 13. Lien entre comportement et besoins nutritionnels..... 14

Figure 14. Mesure des données expérimentales en fonction du temps chez des truies gestantes en alimentation de précision et en alimentation conventionnelle..... 16

Figure 15. Planning expérimental au cours des mois de juillet et août 16

Figure 16. Plan d'une salle de gestation à l'UE3P 18

Figure 17. Photos d'une partie des nouveaux équipements d'une salle de gestation à l'UE3P (à gauche) et d'un boitier blanc, contenant un capteur d'activité, à fixer à l'oreille de la truie (à droite) 18

Figure 18. Poids (en kg) des truies gestantes en fonction du rang de portée (1, 2 et 3+ : rang de portée supérieur ou égale à 3) 20

Figure 19. Poids (en kg) des truies gestantes en fonction du traitement (AP : alimentation de précision ou AC : alimentation conventionnelle)..... 20

Figure 20. Quantité ingérée (en g) en fonction du rang de portée (1, 2 et 3+ : rang de portée supérieur ou égale à 3) et du jour de gestation..... 21

Liste des figures et tableau (suite) :

Figure 21. Nombre moyen des visites sans repas en fonction du traitement (AP : alimentation de précision ou AC : alimentation conventionnelle) et de la période de gestation 21

Figure 22. Temps journalier moyen des visites sans repas (en minutes) en fonction du traitement (AP : alimentation de précision ou AC : alimentation conventionnelle) et de la période de gestation..... 21

Figure 23. Poids portée moyen (en kg) en fonction du rang de portée (1, 2 et 3+ : rang de portée supérieur ou égale à 3) 23

Figure 24. Nombre moyen total de porcelets (à gauche) et pourcentage moyen de mort-nés (à droite) en fonction du rang de portée (1, 2 et 3+ : rang de portée supérieur ou égale à 3) 23

Figure 25. Pourcentage de mâles (à gauche) et de femelles (à droite) en fonction du traitement (AP : alimentation de précision ou AC : alimentation conventionnelle)..... 23

Tableau 1. Effet du traitement (AP : alimentation de précision ou AC : alimentation conventionnelle) et du rang de portée (1, 2 et 3+ : rang de portée supérieur ou égale à 3) sur le poids et l'épaisseur de lard dorsal (EPL) des truies gestantes à l'insémination (IA) l'insémination, à 63 jours (milieu de gestation), avant et après la mise-bas (110 et 118 jours). 20

Sommaire :

Introduction **1**

Partie 1 – Partie bibliographique **3**
I- Alimentation de précision et comportement des truies gestantes 3
1) Systèmes d'élevage et problématiques actuelles 3
2) L'alimentation comme levier pour améliorer la durabilité des systèmes d'élevage 5
3) Des capteurs pour l'alimentation de précision 7
II- Modèles nutritionnels pour les truies gestantes 8
1) Estimation des besoins en nutriments des truies gestantes 8
2) Présentation du modèle nutritionnel InraPorc 8
3) Perspectives d'améliorations du modèle 11
III- Le comportement, une mesure à intégrer aux modèles nutritionnels ? 11
1) Comment mesure-t-on le comportement des truies ? 11
2) Lien entre comportement et besoins nutritionnels 14

Partie 2 – Objectifs et hypothèses **15**

Partie 3 – Matériels et méthodes **15**
I- Données expérimentales sur le comportement alimentaire, produites lors d'une expérimentation en alimentation de précision de truies gestantes (EXPE 1) 15
1) Approche générale 15
2) Description de la base de données 15
3) Analyse statistique 17
II- Mise en place d'expérimentations comportementales de truies gestantes en alimentation de précision (EXPE 2) 17

Partie 4 –Résultats **19**
I- Production : état corporel (poids et EPL) et ingestion 19
1) Etat corporel 19
2) Ingestion 19
II- Comportement : visites au DAC et hiérarchie 19
III- Reproduction 22

Partie 5 – Discussion **24**
I- Variation des facteurs de production au cours de la gestation 24
II- Variation des facteurs de comportement au cours de la gestation 24
III- Variation des facteurs de reproduction au cours de la gestation 25

Conclusion **25**

Références **26**

Introduction :

De nos jours, l'avis du consommateur est important à prendre en compte dans les systèmes d'élevage. En effet, le consommateur prend de plus en plus conscience de certaines problématiques liées à la santé et l'environnement entre autres. En France, il existe une grande diversité concernant les attentes des citoyens au niveau de l'élevage. La majorité des citoyens français sont des « alternatifs » et des « optimisateurs » (31% et 47% respectivement) (Delanoue & al., 2017). Les premiers souhaitent un élevage extensif ou sous signe d'identification de la qualité et de l'origine (SIQO) et les seconds sont préoccupés par le bien-être animal et l'impact environnemental des élevages notamment.

Aujourd'hui, il est donc nécessaire de revoir les systèmes d'élevage afin de répondre aux attentes de la société en termes de bien-être animal tout en maintenant un certain niveau de productivité. De plus, depuis 2013, le logement en groupe pour les truies gestantes est obligatoire dans toutes les exploitations au sein de l'Union Européenne (Gaymard, 2003), le système d'alimentation doit donc lui aussi évoluer. La formulation d'aliments, la prise en compte de la variabilité individuelle et le développement de nouvelles technologies représentent une première piste d'évolution des systèmes d'alimentation. La formulation d'aliments est un moyen de réduire les excrétions des animaux d'élevage et donc de réduire l'impact environnemental (Garcia-Launay & al., 2018). La formulation d'aliments permet également d'améliorer le bien-être animal. Par exemple, les régimes alimentaires à base de fibres chez les truies augmentent la satiété et diminuent la frustration (Meunier-Salaün & Bolhuis, 2015). De même, la mise en place de nouvelles technologies dans les élevages permet d'améliorer les conditions de vie des animaux tout en favorisant la productivité, tels que les systèmes d'alimentation de précision. L'alimentation de précision est une voie d'amélioration des performances des animaux d'élevage en répondant à leurs besoins à un moment donné en termes de quantité et de composition de la ration (Pomar & al., 2009). Des systèmes de distributeurs d'aliments dotés de capteurs reconnaissant l'animal permettent de leur délivrer une ration unique et adéquate tout en fournissant en retour des données sur le comportement alimentaire (heure de passage, fréquence, quantité ingérée) (Maselyne & al., 2015). Les systèmes en alimentation de précision combinent ces distributeurs d'aliments aux modèles nutritionnels actuels pour en faire des systèmes d'aide à la décision permettant un ajustement de la ration selon des critères plus ou moins individualisés. Intégrer les facteurs liés au comportement et à la santé des animaux dans les modèles d'alimentation permettrait d'améliorer ces systèmes.

Le stage porte sur l'étude du comportement alimentaire des truies gestantes en alimentation de précision et fait partie d'un projet global dont la problématique générale est la suivante "Comment intégrer des indicateurs du bien-être et de la santé des truies dans les modèles nutritionnels actuels pour les améliorer et également améliorer le bien-être animal ? ".

Dans un premier temps, une partie bibliographique a été rédigée afin de définir l'alimentation de précision, présenter les modèles nutritionnels utilisés actuellement pour les truies gestantes et le lien entre le comportement des truies et leur alimentation. Dans un second temps, deux bases de données ont été mises en place, l'une incluant des paramètres de production et l'autre des facteurs de comportement alimentaire obtenus à partir d'une expérimentation d'alimentation de précision réalisée en 2019-2020 à l'UE3P de Saint-Gilles dans le cadre du projet PréciTruie (EXPE 1). De plus, trois expérimentations comportementales de truies gestantes en alimentation de précision ont débuté à l'UE3P fin juillet 2020 et sont décrites dans ce rapport (EXPE 2) dans le cadre du projet Sowell dont la thèse a débuté début octobre 2020. Dans un troisième temps, une analyse statistique des bases de données de l'EXPE 1 a été réalisée suivant des objectifs et des hypothèses prédéfinis. Une partie discussion est consacrée à l'interprétation de ces résultats. Enfin, ce rapport se termine par une conclusion globale sur le stage effectué à l'INRAE de Saint-Gilles au sein de l'unité UMR Pegase.

L'UMR Pegase (Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Élevage) est une unité mixte de recherche créée en 2012 par l'INRAE et Agrocampus Ouest menant des recherches sur les productions animales et leurs problématiques actuelles afin d'améliorer la durabilité et la compétitivité des systèmes d'élevages. Près de 120 collaborateurs dont 45 chercheurs de l'INRAE et 14 professeurs ou maîtres de conférences d'Agrocampus Ouest sont présents en permanence sur le site avec en plus une moyenne annuelle de 10 étudiants en Master et 8 doctorants et post-doctorants. L'UMR Pegase est organisée en 7 équipes de recherche dans 3 domaines de recherches (systèmes d'élevage laitier et porcin, ressources génétiques et alimentaires, animal et physiologie). On y trouve également une installation expérimentale en production laitière et un service d'appui pour les équipes (gestion d'unité, informatique et documentation). La problématique du stage est menée dans le cadre d'une thèse de l'équipe SysPorc (système d'élevage porcin) qui débutera au 1er octobre 2020.

La situation sanitaire actuelle (COVID-19) a entrainé plusieurs modifications sur le planning initial du stage. La mise en place et réalisation des expériences a été retardée d'un mois et n'a donc débuté que mi-juillet. De plus, une partie du travail de juin a dû être réalisée en télétravail.

PARTIE 1 – PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

I- Alimentation de précision et comportement des truies gestantes

1) Systèmes d'élevage et problématiques actuelles

En France, il existe trois grands types d'élevage porcin : l'élevage sur caillebottis (90% des élevages français), sur litière (5%) et en plein air (5%) (Interbev, 2020). L'éleveur peut se spécialiser en tant que naisseur, engraisseur ou les deux (**Figures 1 et 2**). Le naisseur élève les truies, fait naître les porcelets et les élève jusqu'au sevrage. L'engraisseur élève les porcs charcutiers jusqu'à leur abattage. Le naisseur/engraisseur s'occupe de toutes les étapes de l'élevage et représente près de la moitié de l'élevage porcin français (48%) contre 43% d'élevages engraisseurs et 8% de naisseurs en 2010 (Roguet, 2013). Depuis quelques années, les systèmes d'élevage évoluent pour répondre à de nombreuses problématiques environnementales (rejet d'azote et de phosphore), sociétales (bien-être animal, qualité des produits) et économiques (production vs. coûts alimentaires) (Gaillard & al., 2020). La problématique du bien-être animal est de plus en plus soulevée au sein de la société notamment à cause de l'intensification de l'élevage. La réglementation évolue également, depuis 2013, les truies gestantes « sont élevées en groupe pendant une période débutant quatre semaines après la saillie et s'achevant une semaine avant la date prévue pour la mise bas » et elles doivent avoir accès à une quantité suffisante d'aliments (Gaymard, 2003). Cela a conduit les éleveurs à réorganiser leurs bâtiments et moyens d'alimentation. En effet, le logement doit être conçu de façon à ce que les truies aient un espace de vie adéquat (2,25 m²) afin de pouvoir exprimer leur comportement et à ce que la notion de bien-être animal soit respectée. De plus, des distributeurs automatiques de concentrés (DAC) ont été développés afin d'adapter les rations à chaque animal.

Types d'élevage porcin	Classe d'effectifs d'animaux	Cheptels (nombre moyen de têtes au 31 décembre 2015 par exploitation)			
		Porcelets (y c. post-sevrage)	Porcs à l'engrais-sement	Truies	Autres porcins
Élevages naisseurs et naisseurs-engraisseurs	Moins de 100 truies	304	449	73	8
	De 100 à 199 truies	636	914	144	9
	De 200 truies et plus	1 677	2 070	366	9
	Total	**942**	**1 220**	**209**	**9**
Élevages d'engraissement sans truie		503	749		S
Total des élevages porcins		**846**	**1 033**	**209**	**9**

Source : Agreste - Enquête sur les pratiques d'élevage 2015

Figure 1. Effectifs porcins par type d'élevage et taille du cheptel en France (Agreste, 2018)

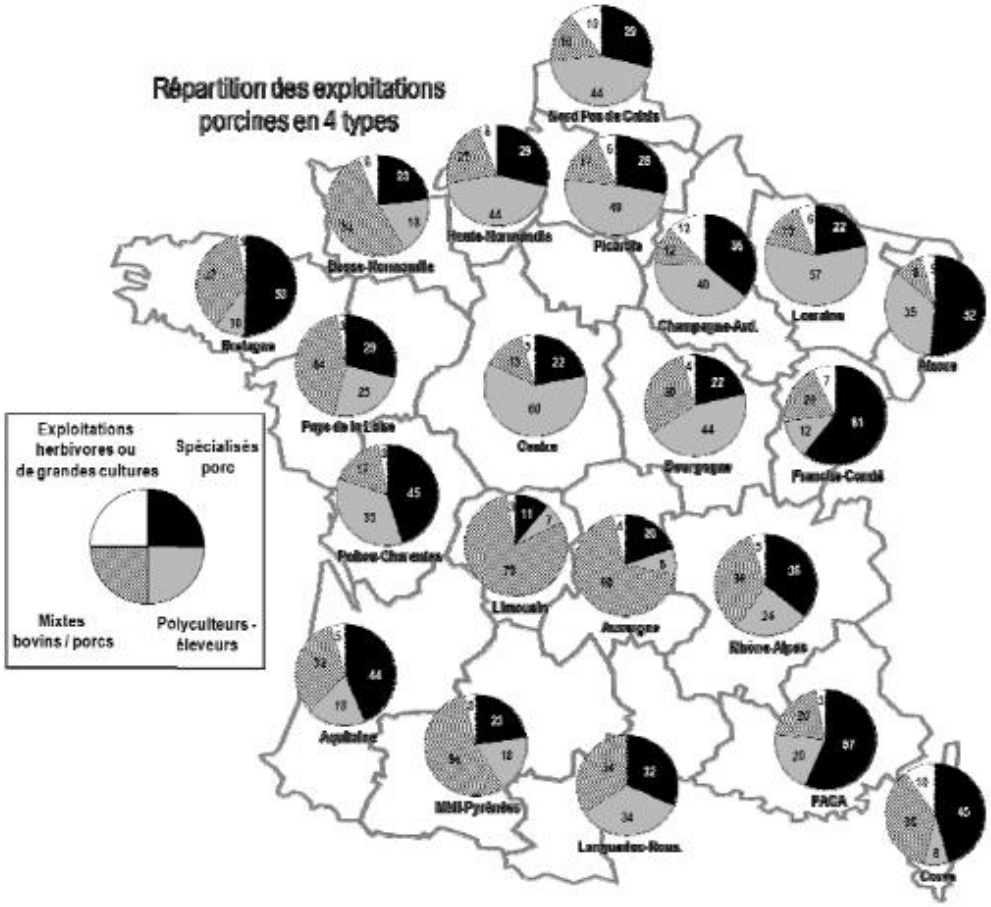


Figure 2. Répartition des exploitations porcines en quatre types en 2010 (Roguet & al., 2014)

2) L'alimentation comme levier pour améliorer la durabilité des systèmes d'élevage

Le coût alimentaire représente une part importante dans le coût total de production (**Figure 3**) : plus de 60% pour les porcs en engraissement (Pomar & al., 2009) et de 15 à 17% pour les truies gestantes et leurs portées (Solà-Oriol & Gasa, 2017). De plus, dans ces systèmes d'élevage où les animaux sont logés en groupe, l'alimentation est basée sur les besoins d'un individu moyen au sein de du groupe, par conséquent, certains animaux sont suralimentés tandis que d'autres sont sous-alimentés (Pomar & al., 2009). En effet, il existe une grande variabilité inter- et intra-individuelle concernant les besoins nutritionnels des truies en lipides, protéines, minéraux et énergie (Gaillard & al., 2019) (**Figure 4**). Ce système d'alimentation a pour conséquences des pertes économiques (coût alimentaire et gain de poids non optimisés) et des rejets de phosphore et azote excessifs dans l'environnement. Optimiser l'alimentation en termes de quantité et qualité, et par conséquent l'efficience alimentaire, apparait donc comme un levier pour pallier à ces variabilités individuelles.

L'efficience alimentaire est le rapport entre le gain moyen et la consommation alimentaire quotidienne moyenne (Gilbert, 2015). En pratique pour estimer l'efficience alimentaire du porc, le rapport inverse est utilisé et représente l'indice de consommation (IC). L'IC rend compte de la capacité de l'animal à valoriser la ration en gain de poids (Gilbert, 2015). Plus l'IC est faible, plus l'animal est efficient (Bouquet, 2013). Cet indicateur va plus ou moins varier selon certains facteurs propres à l'animal (ex. sexe, âge, poids…) et à l'environnement (ex. espace disponible, température ambiante, humidité…) (Gaillard & al, 2020). Différentes stratégies d'alimentation peuvent être mises en place afin d'améliorer l'efficience alimentaire. Au niveau génétique, il semble qu'il y ait un lien entre le comportement alimentaire et l'efficience alimentaire ce qui permettrait de sélectionner les animaux les plus efficients (Reyer & al., 2017). Une autre solution serait la diminution voire la suppression de certains facteurs environnementaux par l'apport de changements au sein du bâtiment par exemple (ex. systèmes de refroidissement, type de sol) afin de diminuer le stress thermique (Black & al., 2001). De plus, il est nécessaire de prendre en compte la variabilité des besoins entre individus et au cours du temps (Pomar & al., 2003), par exemple en ajustant individuellement les niveaux d'énergie, d'acides aminés et de minéraux dans les rations (Pomar & al., 2003).

En effet, des travaux récents ont montré que l'alimentation de précision permet d'optimiser l'efficience alimentaire (Pomar & al., 2009) en fournissant une alimentation adaptée à leurs besoins individuels en termes de quantité et de qualité (Gaillard & al., 2020). Pour cela, des modèles nutritionnels permettant de déterminer les besoins des animaux se sont développés (NRC, 2012, Dourmad & al., 2008). Pour gagner en précision, ces modèles peuvent intégrer les caractéristiques des animaux de chaque élevage et également être alimentés en temps réel par d'autres données collectées sur l'animal (ex : activité) ou dans la salle (ex : température, humidité). Le développement de nouvelles technologies (capteurs, automates) permet cette collecte automatique, fréquente et en temps réel de données individuelles de production et de comportement dans les élevages. L'ensemble de ces modèles, capteurs et données constitue un outil d'aide à la décision. Ces outils sont actuellement en cours de développement afin d'accompagner l'éleveur dans ses choix, et d'automatiser l'ajustement des rations selon les caractéristiques de chaque animal (**Figure 5**).

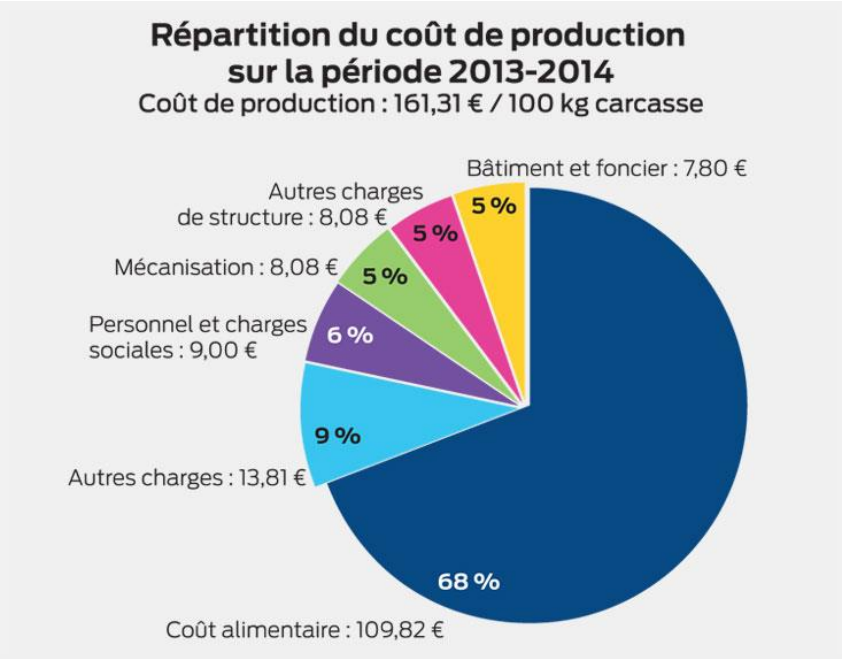


Figure 3. Répartition du coût de production de la filière porc sur la période 2013-2014 (Séité, 2014)

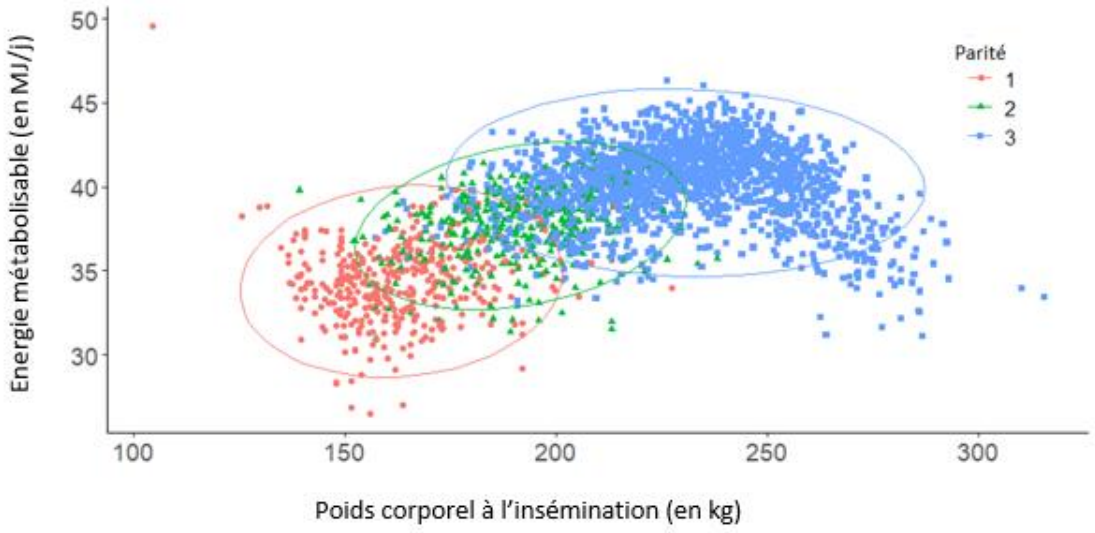


Figure 4. Variations des besoins en nutriments entre les truies pendant la gestation (Gaillard & al., 2019)

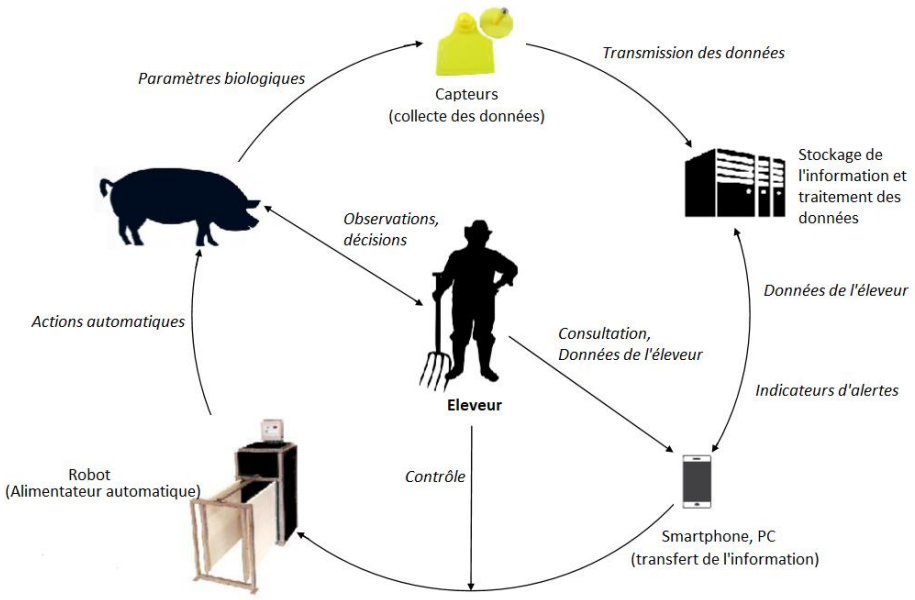


Figure 5. Les principes de l'alimentation de précision (Gaillard & al., 2020)

3) Des capteurs pour l'alimentation de précision

Le développement de nouvelles technologies tels que les capteurs et automates, permet une collecte automatique et individuelle de données variées et nombreuses.

Les capteurs peuvent être classés en trois catégories : les capteurs sur l'animal, autour de l'animal et ceux servant notamment à l'analyse de fluides provenant de l'animal (Knight, 2020). Parmi les capteurs sur l'animal, l'identification individuelle est rendue possible par l'intermédiaire de boucles d'oreille utilisant un système de radiofréquence (RFID). Ce premier capteur est indispensable au suivi individuel de l'animal au cours de sa vie et permet la reconnaissance de l'animal par les différents automates. Toujours dans la première catégorie de capteurs, les capteurs d'activité (accéléromètres), également sous forme de boucles d'oreille, permettent l'enregistrement du type de mouvements de l'animal (couché, debout, en marche) ainsi que leur fréquence (Marcon & al., 2017 ; Scheel & al., 2017). Le niveau d'activité d'une truie reflète son besoin en énergie (Noblet & al., 1993). En effet, la dépense énergétique en position « debout » est double par rapport à une position « couchée » (Noblet & al., 1994). Concernant les capteurs autour de l'animal, on retrouve les distributeurs d'aliments concentrés (DAC) et des abreuvoirs automatiques (Maselyne & al., 2016), qui permettent une alimentation individualisée pour le premier ainsi qu'un suivi individuel des consommations et comportements des truies pour les deux. Dans cette deuxième catégorie de capteurs, l'analyse d'images et de vidéos se développe en vue de mesurer automatiquement le poids de l'animal, sa composition corporelle et les interactions entre animaux via une identification de l'animal par les logiciels d'analyse vidéo (Halachmi & al., 2019). Des caméras thermiques existent également afin de mesurer la température corporelle et donc de prévenir certaines maladies (Halachmi & al., 2019). Des capteurs de luminosité, température ambiante, humidité et émission de gaz permettent aussi de mesurer les paramètres environnementaux qui peuvent influencer le comportement alimentaire des truies (Halachmi & al., 2019). Nous ne développerons pas ici la troisième catégorie de capteurs, non utilisés pour ce stage.

Les nouvelles technologies de l'alimentation facilitent ainsi la collecte de données individuelles utilisées dans la mise en place de modèles nutritionnels et le développement d'outils d'aide à la décision pour l'alimentation de précision.

II- Modèles nutritionnels pour les truies gestantes

1) Estimation des besoins en nutriments des truies gestantes

Lors de la période de gestation, la truie mobilise ses réserves pour l'entretien et progressivement pour le développement de l'utérus, des fœtus et de la glande mammaire (Dourmad & al., 2008). Ses besoins en nutriments (lipides, protéines, minéraux) varient selon des caractéristiques individuelles (ex : le rang de portée) et au cours de la gestation (Gaillard & al., 2019). En effet, en fin de gestation, la croissance mammaire et la croissance rapide des fœtus ont pour conséquence l'augmentation du besoin en acides aminés et en minéraux (calcium et phosphore) (**Figure 6**). Les besoins en nutriments diminuent avec le rang de portée (Gaillard & al., 2019) (**Figure 7**). Les truies primipares ont une mobilisation plus importante des réserves associée au gain de poids lié à la gestation et au gain de poids maternel en fin de gestation (Buis, 2016). De plus, dans un groupe de truies ayant le même régime alimentaire et le même rang de portée les besoins en nutriments varient également selon d'autres critères tel que le poids et l'épaisseur de lard dorsale (EPL) par exemple (Dourmad & al., 2008). Ces paramètres et d'autres caractéristiques individuelles ayant une potentielle influence sur les besoins nutritionnels sont à prendre en considération dans les modèles d'alimentation.

2) Présentation du modèle nutritionnel InraPorc

Le modèle nutritionnel InraPorc a été développé par l'UMR Systèmes d'Elevage de l'INRAE (Dourmad & al., 2008). Dans la version adaptée pour la truie, cette dernière est représentée par trois compartiments (les lipides corporels, les protéines corporelles et l'utérus) dont les besoins varient pendant la gestation (**Figure 8**). Le modèle est basé sur des équations afin de prendre en compte la variabilité interindividuelle en termes de besoins nutritionnels au sein d'un groupe de truies. L'énergie métabolisable est calculée comme la somme des besoins pour l'entretien, l'activité, la thermorégulation, la croissance, la constitution des réserves et le développement des fœtus (**Figure 9**). Les besoins en acides aminés essentiels sont calculés pour les besoins à l'entretien et la croissance. Les besoins en minéraux (phosphore et calcium) sont représentés par la somme des besoins pour l'entretien, la croissance fœtale et les réserves. Un outil d'aide à la décision a pu être établi à partir de ce modèle ainsi que des données obtenues à partir des animaux et des capteurs, de la base de données et des automates.

Certaines données individuelles sont nécessaires pour alimenter ce modèle : le poids et l'EPL à l'insémination, avant et après la mise bas, l'âge ainsi que le rang de portée, (Gaillard & al., 2019). Des facteurs environnementaux peuvent également être intégrés comme par exemple les conditions de logement (individuel ou en groupe), le type de sol et la température ambiante. Plus récemment, des facteurs du comportement peuvent être pris en compte dans le modèle tels que l'activité physique (nombre de mouvements par heure), toujours dans le but de préciser le calcul des besoins nutritionnels individuels en fonction des caractéristiques de chaque animal.

Le modèle InraPorc a notamment été utilisé lors de différentes simulations en porcs à l'engraissement (Monteiro & al., 2016) et plus récemment en truies gestantes (Gaillard & al., 2019 ; Gaillard & al., 2020) et en lactation (Gauthier & al., 2019). Dans un premier temps, des stratégies d'alimentation dites « multiphases » lors de la gestation (plusieurs rations en fonction de la période) ont été simulées et comparées à une alimentation conventionnelle (une seule ration) chez les truies gestantes (Dourmad & al., 2015).

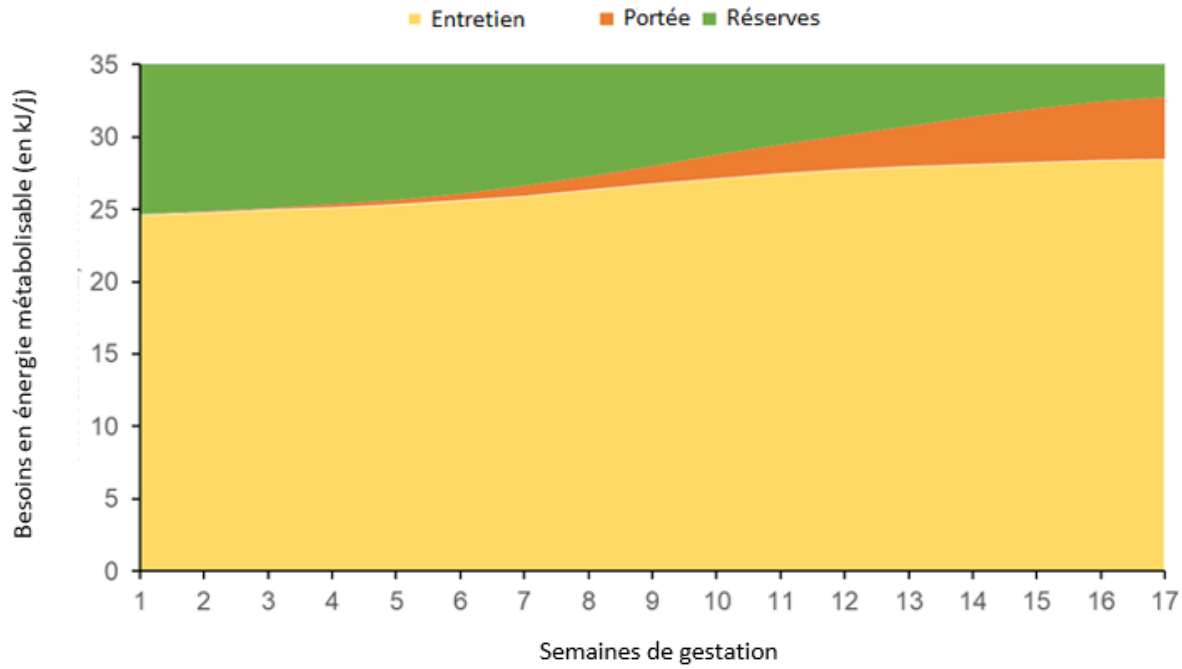
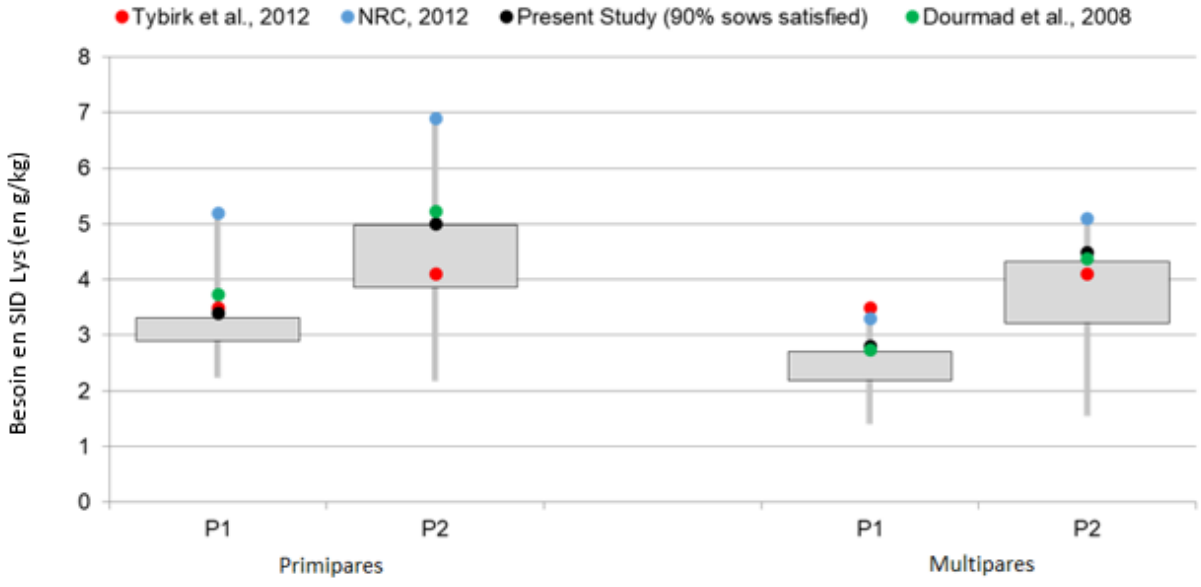


Figure 6. Besoins en énergie métabolisable pour l'entretien, la portée et les réserves corporelles de la truie en fonction de la semaine de gestation (Gaillard & al., 2019)



P1 : début de gestation P2 : fin de gestation

Figure 7. Variation des besoins en acides aminés (lysine digestible iléale standardisée) entre différentes sources (Dourmad & al., 2008, NRC, 2012, Tybirk & al., 2012, et l'étude de Gaillard & al., 2019 afin de répondre aux besoins de 90% des truies) en fonction du rang de portée et de la période de gestation (Gaillard & al., 2019)

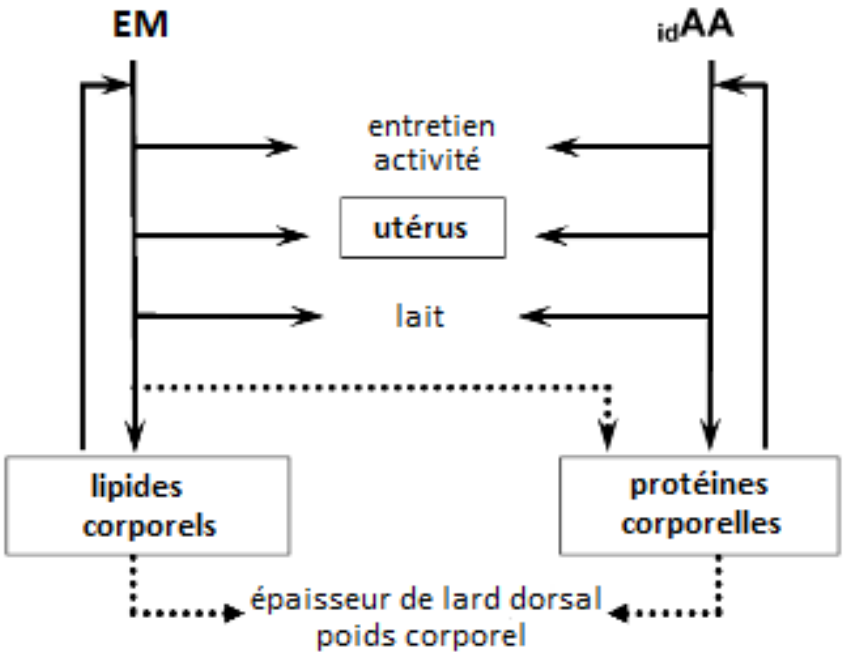


Figure 8. Description de l'utilisation des nutriments du modèle InraPorc chez la truie (Dourmad & al., 2008)

$$ME = ME_m + ER_c/k_c + ER_{mf}/k_f + ER_{mp}/k_p$$

ME : Energie métabolisable
ME_m : Energie métabolisable pour l'entretien
ER_c : Rétention d'énergie pour le développement des fœtus
ER_{mf} : Rétention d'énergie pour la constitution des réserves (lipides)
ER_{mp} : Rétention d'énergie pour les protéines maternelles
k_c, k_f et k_p : coefficients d'efficience de la rétention d'énergie métabolisable

NB : Les besoins pour la thermorégulation dépendent de la température ambiante et du type de logement (en groupe ou individuel).

Figure 9. Equation de l'énergie métabolisable chez les truies gestantes (adapté de Dourmad & al., 2008)

Les stratégies d'alimentation multiphases permettraient de réduire de 14% l'ingestion de protéines brutes, de 17% l'ingestion d'acides aminés (lysine), de 7% l'ingestion de minéraux (phosphore), de 20% les rejets azotés et de 12% les rejets en phosphore chez les truies gestantes comparé à une alimentation conventionnelle (Dourmad & al., 2015). Par ailleurs, une simulation comparant l'alimentation de précision (ajustement de la ration chaque jour pour chaque animal) à une alimentation conventionnelle pourrait réduire de 27% l'apport en acides aminés (lysine) et de 28% l'apport en protéines brutes chez les truies gestantes (Gaillard & al., 2019). Cette stratégie d'alimentation comparée aux stratégies en multiphases est celle qui prend le mieux en compte le besoin quotidien en acides aminés pour chaque animal.

3) Perspectives d'améliorations du modèle

Une amélioration de ce modèle est à poursuivre afin de mieux prendre en compte la variabilité individuelle des truies. Il serait intéressant d'intégrer d'autres paramètres dans les modèles d'alimentation. Par exemple, l'évolution du poids en fonction de l'âge de chaque animal permettrait de définir un meilleur objectif de poids pour la prochaine mise bas. Le modèle est basé sur des équations afin de prédire certains paramètres. Le poids après la mise bas est prédit à partir d'une équation prenant en compte l'âge et le poids à l'insémination. De plus, le modèle ne prend en compte que le poids à l'insémination, avant et après la mise bas. Or, il serait intéressant d'avoir plus de données de poids pendant la période de gestation. L'utilisation d'un outil de pesée automatique permet de récolter des données plus facilement.

Certains paramètres inclus dans le modèle tels que la température et l'activité physique restent à développer et à tester expérimentalement (via des thermomètres et des accéléromètres). Actuellement, une moyenne de ces données est estimée et attribuée pour le groupe de truies gestantes (ex : pour l'activité, en moyenne 4h debout). L'intégration de données individuelles et journalières serait plus pertinente compte tenu de la variabilité entre les truies et au cours du temps. D'autres facteurs comportementaux pourraient également être intégrés au modèle s'ils ont un impact sur les besoins nutritionnels des truies.

III- Le comportement, une mesure à intégrer aux modèles nutritionnels ?

1) Comment mesure-t-on le comportement des truies ?

Les comportements chez le porc peuvent être regroupés en cinq catégories (Matthews & al., 2016) qui comprennent les comportements liés à l'alimentation, l'abreuvement, la posture et à la locomotion, les comportements sociaux et ceux spécifiques à une maladie en particulier. Il est possible de mesurer ces comportements de différentes façons.

Par exemple, les stations d'alimentations (**Figure 10**), munies de capteurs, permettent de mesurer la quantité ingérée et le nombre de visites de chaque animal via le système RFID (Maselyne & al., 2015). En effet, la boucle d'oreille (un transpondeur) de la truie permet l'identification de cette dernière par l'antenne RFID. Un système similaire avec des compteurs d'eau permet d'étudier les comportements individuels d'abreuvement lorsque les animaux sont logés en groupe (Madsen & Kristensen, 2005).

Figure 10. Deux stations d'alimentation individuelles dans une salle de gestation de l'UE3P de Saint-Gilles (35)

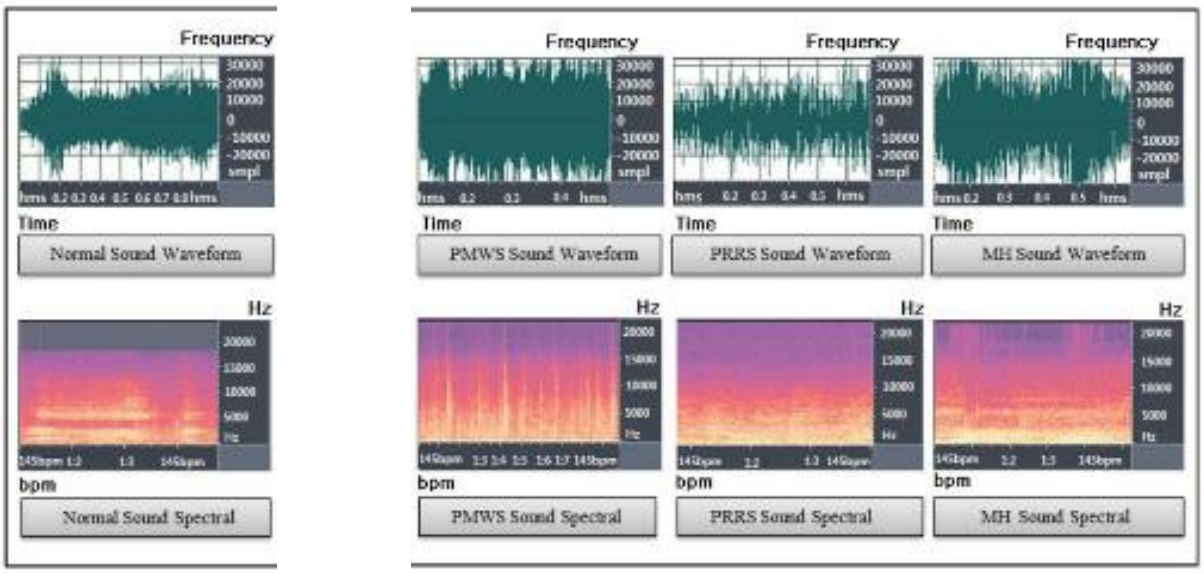
Des accéléromètres, souvent sous forme de boucle d'oreille également, peuvent être utilisés afin de différencier les niveaux d'activité de la truie (Cornou & Lundbye-Christensen, 2008 ; Escalante, 2013) et d'identifier les patterns d'activité (alimentation, marche, fouille, position couchée) de chaque animal. Les accéléromètres peuvent être également combinés à des capteurs de température corporelle afin de détecter une éventuelle infection (Martínez-Avilés & al., 2015). Il existe également des tapis sous pression qui en mesurant certains paramètres de marche détectent précocement les boiteries (Meijer & al., 2014).

Des microphones ou réseaux de microphones permettent de détecter les différents sons émis par le porc comme des toussotements, cris, éternuements et aboiements (Matthews & al., 2016). Les types de toux détectés par ces systèmes automatiques sont associées à différentes maladies du porc (Chung & al., 2013) (**Figure 11**). Il existe notamment un système (STREMODO) capable de détecter les cris liés au stress et de les enregistrer en temps réel sans tenir compte des autres vocalisations émises ou des autres bruits (Schön, 2004). Certains systèmes audios mesurent aussi les bruits environnants qui peuvent avoir des effets sur le comportement (travail de routine, équipements, ventilation…) (Marx & al., 2003 ; Brouček, 2014). Par exemple, des porcs exposés à un niveau de son de 90 dB passent plus de temps en position couché et cela diminue également leurs interactions sociales (Otten & al., 2004).

Il est également possible de mesurer le comportement à l'aide d'enregistrements vidéo. D'après Ott & al. (2014), les systèmes vidéo automatisés sont fortement corrélés à l'observation humaine. Ils enregistrent également la localisation de chaque animal dans l'enclos afin d'évaluer si le porc exprime son comportement normalement dans l'espace qui lui est attribué. Des vidéos en couleur (Kongsro, 2013) ou encore des systèmes dotés de plusieurs caméras pour une mesure 3D (Stavrakakis & al., 2014) qui permettent d'évaluer les différents patterns d'activité. Les interactions entre les animaux peuvent être détectées via l'analyse des pixels entre des images consécutives (Viazzi & al., 2014) (**Figure 12**). Ces logiciels d'analyse de vidéo restent cependant en cours de développement.

En pratique, afin d'évaluer le bien-être animal dans les exploitations, le projet Welfare Quality a permis de mettre en place un protocole d'évaluation en 2009 (Welfare Quality®, 2009). Une grille d'évaluation permet d'inscrire et d'organiser les observations. A travers cette grille, l'éleveur observe le comportement général (individuel et social), la relation homme-animal et l'état corporel. L'état corporel de la truie gestante est estimé via l'observation d'éventuelles blessures (cicatrices, infections, boiteries, métrites…) et la fréquence des respirations.

L'automatisation de l'estimation du comportement et bien-être permettrait un gain de temps considérable en termes de surveillance par le personnel ainsi qu'une prise de décision plus rapide afin d'anticiper ou agir rapidement en cas de problème de santé ou de dégradation du bien-être. De plus, identifier les corrélations entre ces nouvelles mesures comportementales effectuées et les paramètres de production propres à l'animal permettrait d'ajuster la formulation des rations à l'échelle individuelle.



a **b**

PMWS : Syndrome du dépérissement multisystémique post-sevrage
PRRS : Syndrome dysgénésique et respiratoire du porc
MH : Mycoplasma Hyopneumoniae (bactérie qui cause la pneumonie enzootique porcine)

Figure 11. Spectrogrammes d'un son normal (**a**) et de toux correspondant à des maladies du porc (**b**), obtenus à partir du système STREMODO (Chung & al., 2013)

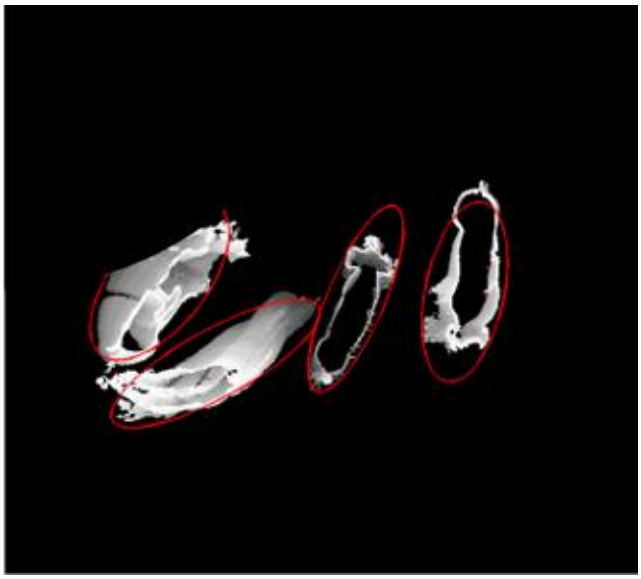


Figure 12. Zones segmentées du mouvement du porc par mesure 3D (Motion History Image) (Viazzi & al., 2014)

2) Lien entre comportement et besoins nutritionnels

L'alimentation a un effet sur l'état physiologique de l'animal et donc a posteriori sur le comportement. Par exemple, l'ingestion de fibres alimentaires par les truies diminue leur activité physique et la prise alimentaire (Meunier-Salaün & al., 2001). Ainsi, l'observation de certains comportements pourrait permettre d'ajuster la ration de la truie concernée à un moment donné (**Figure 13**).

Au niveau de l'état de santé de l'animal, le système immunitaire influence le besoin en nutriments. En effet, une réponse immunitaire modifie le métabolisme entraînant une augmentation des besoins en énergie et en acides aminés (Shursoni & Johnston, 1998). Cette augmentation des besoins en nutriments va donc avoir un impact sur le comportement de la truie en général. Le niveau d'activité représente un indicateur de maladies. La truie a besoin d'énergie pour se déplacer et cette consommation d'énergie se traduit notamment par une production de chaleur. La production de chaleur est un paramètre important à considérer dans la détermination des besoins en énergie de la truie (Noblet & al., 1993). En effet, des truies ayant un niveau d'activité différent ont des besoins en énergie différents. Le besoin en énergie étant plus important pour les truies atteintes d'une maladie, ces dernières ont un niveau d'activité plus faible. Le niveau d'activité est aussi un indicateur de stress lié à l'environnement. Le niveau d'activité, associé au comportement alimentaire, reflète les conditions thermiques de la salle (Andersen & al., 2008). Le paramètre température, inclus dans certains systèmes d'alimentations, peut donc être relié au niveau d'activité des animaux. Il est possible de quantifier l'énergie de production de chaleur liée à l'activité afin d'élaborer des régimes alimentaires permettant une croissance optimale de l'animal en fonction de son activité (Noblet & al., 1993). Certains ingrédients incorporés dans les rations vont améliorer l'état de santé de l'animal et lui permettre de faire face au stress généré par la maladie et l'environnement (Shursoni & Johnston, 1998). Cependant, d'autres aliments vont avoir des effets néfastes sur la santé. Par exemple, une déficience en vitamines peut être à l'origine de certaines maladies comme le MMA (Métrite-Mastite-Agalaxie), en carence de vitamine E, et la présence de toxines dans certaines rations est à l'origine de troubles comme les tannins qui inhibe la digestion des protéines. Ainsi, l'étude du comportement de la truie malade et une connaissance des propriétés des aliments permettrait de fournir une ration adaptée à la truie dans cette situation.

Le comportement alimentaire et d'abreuvement représentent également des indicateurs de maladies. Par exemple, des porcs atteints d'une pneumonie passent moins de temps à l'alimentateur (Brown & al., 2013). Des altérations au niveau du comportement d'abreuvement ont été observées chez des jeunes porcs malades avec une consommation d'eau augmentée ou diminuée selon la maladie (Madsen & Kristensen, 2005). Des systèmes mesurant le temps passé à l'alimentateur et la quantité d'eau consommée permettraient d'évaluer l'impact de la maladie à l'échelle individuelle et éventuellement d'identifier la maladie dont l'individu est atteint.

COMPORTEMENT	BESOINS NUTRITIONNELS
Activité physique	Augmentation des besoins en énergie et en AA selon le niveau d'activité (Noblet & al., 1993)
Alimentaire	Diminution des visites au DAC → augmentation des besoins en énergie et en AA liée à une infection (Brown & al., 2013)
Abreuvement	Augmentation ou diminution des visites à l'abreuvoir → besoins en nutriments variables selon l'infection (Madsen & Kristensen, 2005)

Figure 13. Lien entre comportement et besoins nutritionnels

PARTIE 2 – OBJECTIFS ET HYPOHTESES

Objectif 1 : Mise en place et analyse de deux bases de données (provenant de l'EXPE 1) pour déterminer le comportement alimentaire des truies gestantes en alimentation de précision (AP, une ration ajustée chaque jour pour chaque animal) vs. en alimentation conventionnelle (AC, une ration pendant toute la gestation).
Hypothèses : La stratégie alimentaire (AC et AP) et le rang de portée (1, 2 et 3+) ont des effets sur les performances de production (poids, EPL, quantité ingérée) et de reproduction de l'animal (nombre de porcelets, poids de portée) (Gaillard & al., 2019, Pomar & al., 2009). Ces deux facteurs pourraient également avoir des effets sur le comportement alimentaire des truies (nombre de visites et leur temps de visite à l'alimentateur).

Objectif 2 : Mise en place d'expérimentations comportementales (EXPE 2) pour caractériser des de l'état de stress chez les truies gestantes en alimentation de précision
Hypothèses : Le stress déclenché par le manque d'accès aux ressources ou l'émission de bruits ont un effet sur le comportement alimentaire et les besoins nutritionnels des truies.

PARTIE 3 – MATERIELS ET METHODES

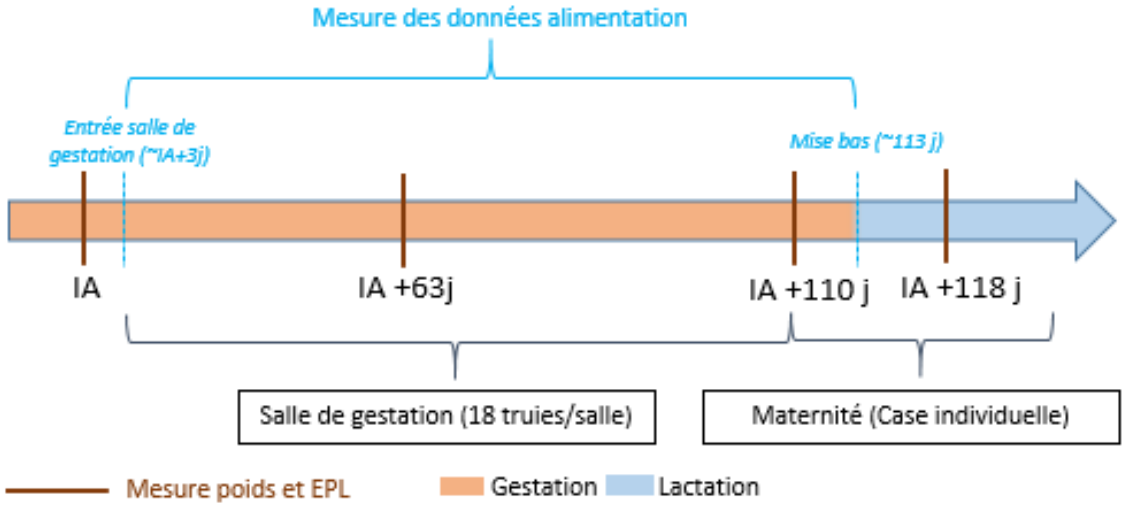
I- Données expérimentales sur le comportement alimentaire, produites lors d'une expérimentation en alimentation de précision de truies gestantes (EXPE 1)

1) Approche générale

Des mesures ont été obtenues à partir d'une expérimentation, réalisée dans le cadre du projet PréciTruie, dont l'objectif était d'évaluer l'intérêt de l'alimentation de précision d'un point de vue productivité, coûts et rejets environnementaux comparé à une alimentation conventionnelle (AC) (**Figure 14**). Chaque truie gestante en alimentation de précision recevait un mélange de deux aliments, un aliment faible en lysine (Bas, B) et un aliment riche en lysine (Haut, H), en proportion variable chaque jour. La quantité en lysine iléale digestible standardisée (SID Lys) est de 3.3 g SID Lys/kg pour l'aliment B et de 8.5 g SID Lys/kg pour l'aliment H. Les truies gestantes en alimentation conventionnelle recevaient une proportion fixe des aliments B et H, de l'ordre de 73% et 27%. Les truies ont été affectées à l'une de ces stratégies alimentaires selon leur rang de portée (1, 2, 3+), leurs poids et leur EPL.

2) Description des bases de données

Une première base de données a été construite à partir de 170 gestations de huit bandes différentes sur la période 2019-2020. La base de données est composée de données relatives à l'état corporel de la truie (poids et EPL) à l'insémination, à 63 jours (milieu de gestation) ainsi qu'avant et après la mise-bas (110 et 118 jours). Elle contient également des données sur les performances de reproduction telles que le poids de portée à la naissance, le nombre de porcelets total, mort-nés, adoptés et retirés.
Une deuxième base de données est composée de données sur l'alimentation pendant la période de gestation (quantité ingérée, nombre et durée des visites au DAC avec ou sans repas).



IA : Insémination artificielle

Figure 14. Mesure des données expérimentales en fonction du temps chez des truies gestantes en alimentation de précision et en alimentation conventionnelle

Année 2020	Mois	Juillet		Août			
	Semaine	30	31	32	33	34	35
Tâche / Test	**Jour**						
Marquage et boucles d'oreille	Jeudi	B1			B2		
Insémination	Lundi		B1			B2	
Transfert en salle de gestation	Jeudi		B1			B2	
Test A : Hiérarchie	Jeudi à Mardi		B1	B1		B2	B2
Situation Basale (début)	Lundi à Vendredi				B1		
Test B : Compétition alimentaire	Lundi à Vendredi						B1
Test C : Stress Auditif	Lundi & Merc PM // Mardi Nuit					B1	
Situation Basale (milieu)	Lundi à Vendredi						
Test B : Compétition alimentaire	Lundi à Vendredi						
Test C : Stress Auditif	Lundi & Merc PM // Mardi Nuit						
Pesée & EPL + EEC	Jeudi		B1			B2	
Pesée & EPL + marquage + EEC	Lundi			B1	B1	B1	B1/B2

B1 et B2 correspondent aux deux bandes de truies de l'expérimentation

Figure 15. Planning expérimental au cours des mois de juillet et août

3) Analyse statistique des bases de données

L'influence du rang de portée (1, 2, 3+) et du traitement (AP et AC) sur les performances de production (poids, EPL, ingestion) et de reproduction (poids de portée, nombre et sexe des porcelets) des truies a été analysée en appliquant le test ANOVA à l'aide du logiciel R. Un modèle de régression multilinéaire a été appliqué pour les données sur l'alimentation également avec le logiciel R. Des tests paramétriques (test ANOVA) et non-paramétriques (test de Kruskal-Wallis) ont été effectués selon les conditions d'applications (normalité et homoscédasticité des résidus du modèle) pour les poids et EPL mesurés à différents stades (à l'insémination, à 63j de gestation, à 110j de gestation et après la mise bas). En cas de significativité, des tests de comparaison multiples de moyennes ont été réalisés, basés sur des tests de Student et Wilcoxon avec corrections de Bonferroni et Holm respectivement. La fonction LME du package NLME du logiciel R a été utilisée afin d'ajuster les modèles de régression multilinéaire avec les effets du traitement, du rang de portée et du jour de gestation et leur interaction. Les corrélations entre les jours de gestation d'une même truie ont été prises en compte dans le modèle grâce à la fonction corAR1 permettant une structure d'autocorrélation d'ordre 1.

II- Mise en place d'expérimentations comportementales de truies gestantes en alimentation de précision (EXPE 2)

Trois expériences étudiant le comportement alimentaire des truies en conditions de stress ont débuté fin juillet sur deux bandes (B1 et B2) de 19 truies gestantes (**Figure 15**).

- Test A : observation de la mise en place de la hiérarchie lors de la mise en groupe des truies en salle de gestation sur une période de 5 jours.
- Test B : test de compétition alimentaire en bloquant l'accès à un alimentateur sur les deux présents dans la salle pendant 5 jours. Ce test est répété deux fois pour chacune des bandes, en début et milieu de gestation.
- Test C : test de stress auditif avec l'émission aléatoire de bruits plus ou moins stressants pour les truies (mais inférieur à 85 dB, correspondant au seuil de douleur). De même ce test est répété deux fois (en début et milieu de gestation). La bande sonore sera émise sur des plages de 4h, pendant trois après-midi consécutifs (14h – 18h) correspondant à la période de repos et trois nuits consécutives (23h30 – 03h30) correspondant à la période d'alimentation.

Pour mener à bien les expérimentations, les deux salles de gestation (**Figures 16 et 17**) ont été équipées de caméras « Ro-Main smaRt » afin de suivre le comportement des truies (deux par salle) et d'abreuvoirs automatiques (deux par salle également) pour avoir la consommation d'eau individuelle. Chacune des truies a été équipée de boucles d'oreilles (RF-TRACK) avec accéléromètres pour suivre leur activité physique et leur comportement (couché, debout, marche). Les tests B et C sont précédés d'une semaine sans test permettant de déterminer la situation « basale » de chaque animal, c'est-à-dire son comportement habituel. Les résultats des périodes expérimentales stressantes seront ainsi comparés à ceux des périodes sans test. Ces expérimentations sont réalisées au sein de l'UE3P (Unité Expérimentale Physiologique et Phénotypage des Porcs) de Saint-Gilles où se déroule le stage. Dans cet élevage porcin, sont élevés 160 truies et 25 miniporcs dans un complexe expérimental de plus de 20 000 m². Divers équipements et services sont fournis selon les besoins expérimentaux (phénotypage, préparation des aliments, abattage, dissection…).

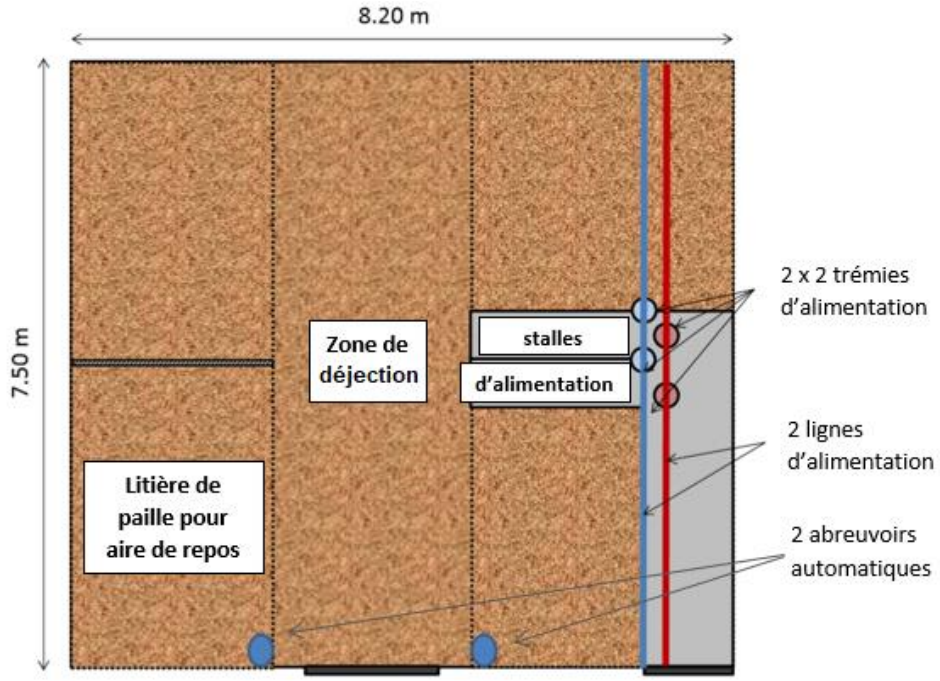


Figure 16. Plan d'une salle de gestation à l'UE3P

Figure 17. Photos d'une partie des nouveaux équipements d'une salle de gestation à l'UE3P (à gauche) et d'un boitier blanc, contenant un capteur d'activité, à fixer à l'oreille de la truie (à droite)

PARTIE 4 – RESULTATS

I- Production : état corporel et ingestion

1) Etat corporel (poids et EPL)

Le poids varie selon le stade de gestation et le rang de portée (**Tableau 1**). Le poids augmente avec le temps de gestation puis diminue après la mise bas. Le rang de portée a un effet sur le poids ($P<0.01$) (**Figure 18**). Le poids augmente avec le rang de portée (avec des moyennes de 207.8, 235.4 et 279.4 kg pour les rangs de portée 1, 2 et 3+ respectivement). Le traitement ne semble ne pas avoir d'effet sur le poids excepté au 110ème jour ($P<0.05$) (**Figure 19**) où les truies en régime AP ont un poids plus faible de -5.8 kg comparé aux truies en régime AC (avec des moyennes de 278.7 et 284.5 kg en AP et AC respectivement au 110ème jour). L'EPL varie selon le stade de gestation. Comme le poids, elle augmente avec le temps de gestation puis diminue après la mise bas (**Tableau 1**). Cependant, le rang de portée et le traitement n'ont aucune influence sur l'EPL ($P>0.05$).

2) Ingestion

La quantité ingérée varie selon le stade de gestation et le rang de portée. La quantité ingérée est plus importante en fin de gestation (avec des moyennes de 2.8 kg en début et milieu de gestation et 3.3 kg en fin de gestation). En effet, à partir du 86ème jour, 500g d'aliments sont ajoutés à la ration pour chaque truie. Le rang de portée a une influence sur la quantité ingérée ($P<0.01$) (**Figure 20**). La quantité ingérée est plus élevée chez les truies multipares (avec des moyennes de 2.59 kg pour le rang de portée 1 et 2.95 kg pour les rangs de portée 2 et 3+). Le traitement n'a pas d'effet sur la quantité ingérée ($P<0.05$).

II- Comportement alimentaires (nombre de visites et temps passé au DAC)

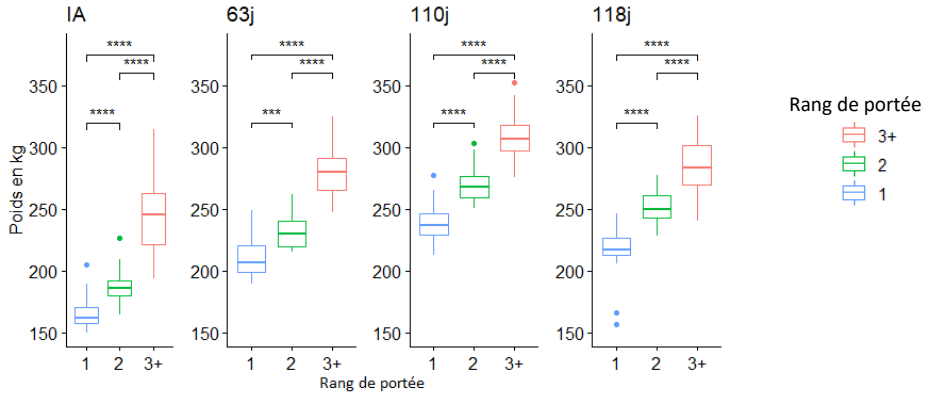
Les truies visitent le DAC régulièrement et pour certaines de leurs visites elles ne reçoivent pas d'aliment car elles ont déjà consommé leur ration journalière. De ce fait les visites ont été catégorisées en deux groupes : les visites avec ou sans repas. Il y a deux DAC dans la salle et a priori les truies n'ont pas de préférence pour l'un ou l'autre selon les taux de visites pour chaque DAC sur la période de gestation.

Le nombre de visites sans repas varie selon le stade de gestation ($P<0.01$) (**Figure 21**). Le nombre de visites sans repas est plus élevé en début de gestation (avec des moyennes de 5.3, 3.5 et 3.3 visites par jour en début, milieu et fin de gestation respectivement). On observe également une interaction entre le stade de gestation et le traitement ($P<0.01$) (**Figure 21**). En fin de gestation, le nombre de visites sans repas des truies sous régime AP est plus important que les truies sous régime AC. De même, une interaction est observée entre le stade de gestation et le traitement pour le temps passé au DAC lors des visites sans repas ($P<0.01$) (**Figure 22**). En milieu et fin de gestation, les truies sous régime AP passent plus de temps au DAC sans s'alimenter que les truies sous régime AC. Inversement, la durée des visites sans repas en début de gestation est plus faible pour les truies sous régime AP. Le rang de portée n'a d'influence ni sur le nombre de visites sans repas ni sur le temps passé au DAC lors de ces visites ($P>0.05$).

Le nombre de visites avec repas et le temps passé au DAC au cours de ces visites n'est pas affecté par le stade de gestation, le rang de portée ou le traitement ($P>0.05$).

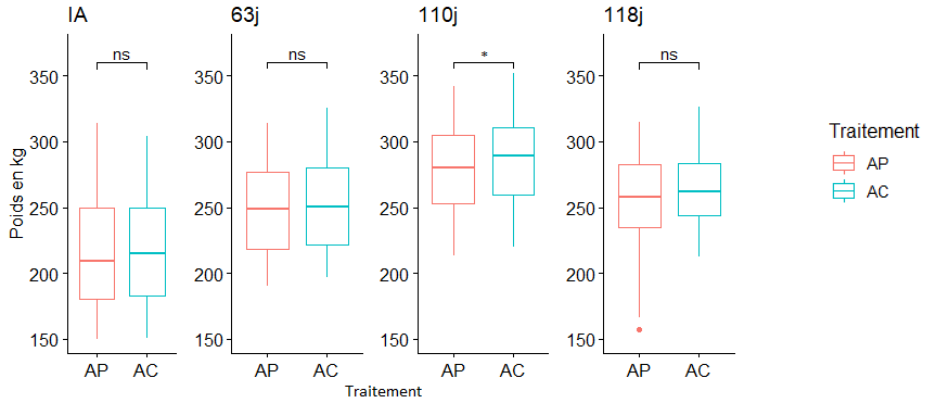
Tableau 1. Effet du traitement (AP : alimentation de précision ou AC : alimentation conventionnelle) et du rang de portée (1, 2 et 3+ : rang de portée supérieur ou égale à 3) sur le poids et l'épaisseur de lard dorsal (EPL) des truies gestantes à l'insémination (IA) l'insémination, à 63 jours (milieu de gestation), avant et après la mise-bas (110 et 118 jours).

Rang de portée	**1**		**2**		**3**		**p-value**		
Traitement	AC	AP	AC	AP	AC	AP	Rang de portée	Traitement	Rang de portée x Traitement
Poids (kg)									
IA	164.1	166.8	186.7	187.8	244.1	245.2	<0.01	1.00	0.99
63j	212.0	210.5	236.3	229.1	284.1	277.7	<0.01	0.70	0.86
110j	240.3	237.0	272.3	267.8	310.2	305.4	<0.01	<0.05	0.97
118j	224.6	208.0	252.3	251.5	287.0	282.5	<0.01	0.43	0.43
EPL (mm)									
IA	16.1	15.0	14.1	14.6	14.6	15.5	0.22	0.27	0.22
63j	18.7	19.5	17.0	17.9	18.3	18.1	0.27	0.59	0.82
110j	20.7	21.2	20.2	20.9	19.9	20.9	0.52	0.11	0.94
118j	19.9	19.2	17.6	18.3	18.0	18.7	0.24	0.56	0.66



ns = non significatif (p>0.05), * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001, **** : p<0.0001

Figure 18. Poids (en kg) des truies gestantes en fonction du rang de portée (1, 2 et 3+ : rang de portée supérieur ou égale à 3)



ns = non significatif (p>0.05), * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001, **** : p<0.0001

Figure 19. Poids (en kg) des truies gestantes en fonction du traitement (AP : alimentation de précision ou AC : alimentation conventionnelle)

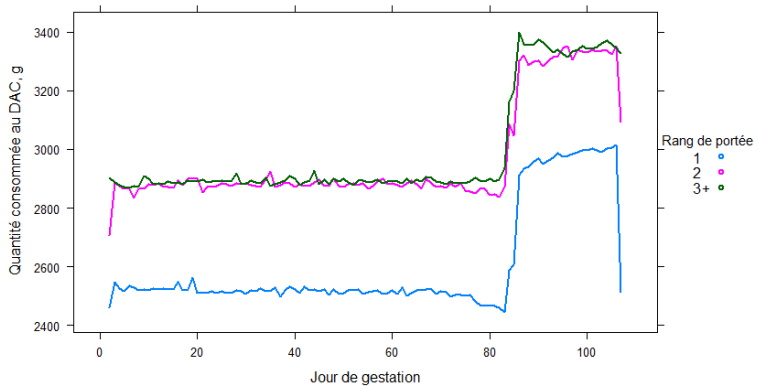
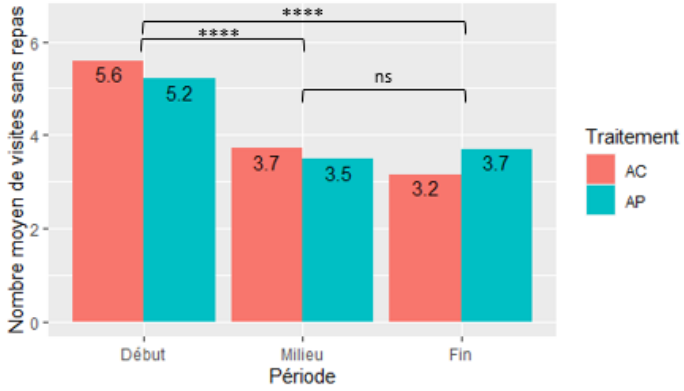
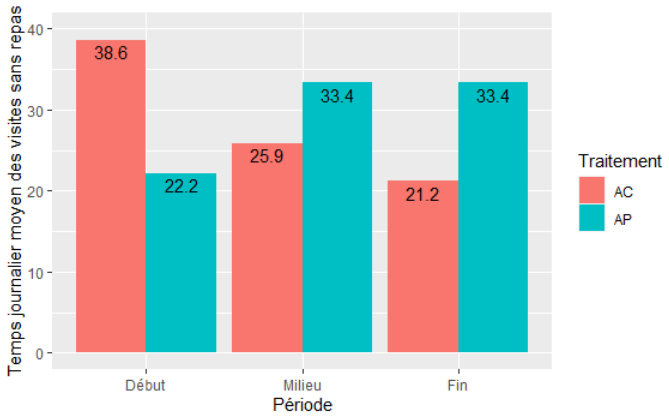


Figure 20. Quantité ingérée (en g) en fonction du rang de portée (1, 2 et 3+ : rang de portée supérieur ou égale à 3) et du jour de gestation



ns = non significatif (p>0.05), * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001, **** : p<0.0001
Début : moyenne des jours de gestation 5, 6 et 7
Milieu : moyenne des jours de gestation 58, 59 et 60
Fin : moyenne des jours de gestation 98, 99 et 100

Figure 21. Nombre moyen des visites sans repas en fonction du traitement (AP : alimentation de précision ou AC : alimentation conventionnelle) et de la période de gestation



Début : moyenne des jours de gestation 5, 6 et 7
Milieu : moyenne des jours de gestation 58, 59 et 60
Fin : moyenne des jours de gestation 98, 99 et 100

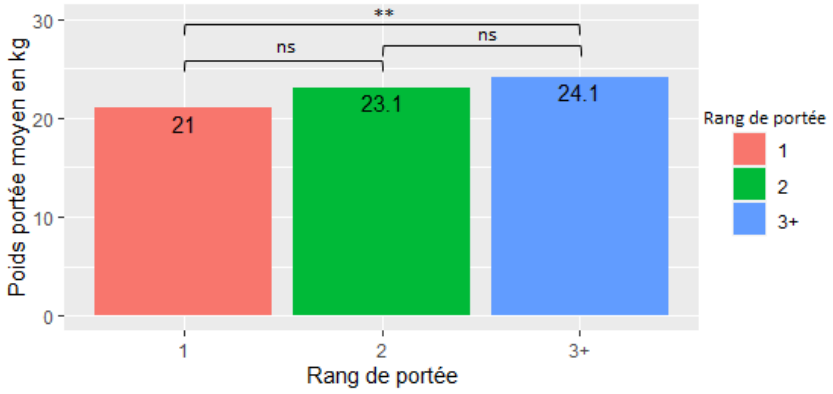
Figure 22. Temps journalier moyen des visites sans repas (en minutes) en fonction du traitement (AP : alimentation de précision ou AC : alimentation conventionnelle) et de la période de gestation

III- Reproduction

Le traitement n'a pas d'influence sur le poids de portée ($P<0.05$). Le rang de portée a un effet sur le poids de portée ($P<0.01$) (**Figure 23**). Le poids de portée est plus important pour des truies multipares 3+, ayant mis bas trois fois ou plus, par rapport à des truies primipares ayant eu une portée. Les portées des truies de rang 3+ pèsent en moyenne 3.1 kg de plus que celles des truies primipares.

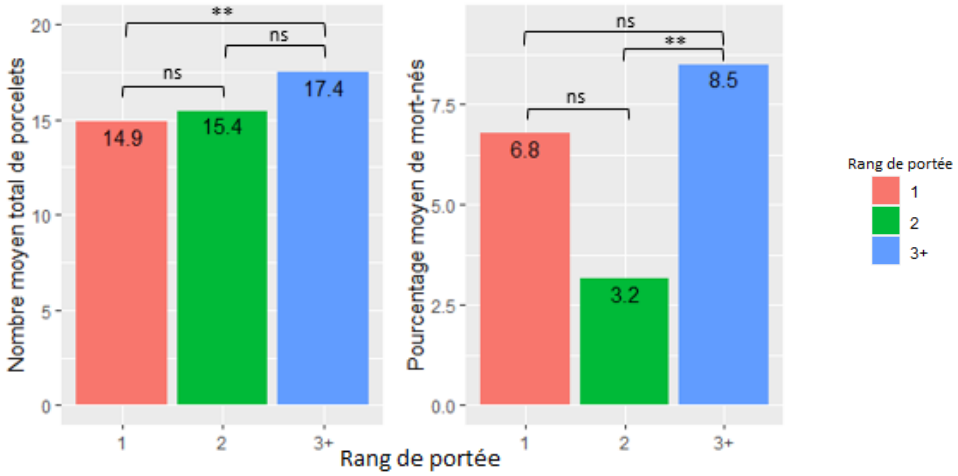
Le traitement n'a d'influence ni sur le nombre total de porcelets ni sur le nombre de porcelets mort-nés ($P>0.05$). Le rang de portée a également un effet sur le nombre total de porcelets ($P<0.01$) ainsi que sur le nombre de porcelets mort-nés au sein d'une portée ($P<0.01$) (**Figure 24**). Le nombre de porcelets est plus important pour des truies de rang de portée 3+ par rapport à des truies primipares. Une différence de 2.5 porcelets en moyenne est constatée entre ces deux groupes. Le pourcentage de porcelets mort-nés au sein d'une portée est plus faible pour les truies de rang 2 par rapport à des truies de rang 3+. Les truies de rang de 3+ ont un pourcentage de mort-nés 2.7 fois plus important que les truies de rang 2.

Le traitement a une influence sur le nombre de mâles et de femelles dans une portée ($P<0.01$) (**Figure 25**). Le pourcentage de femelles dans la portée est plus important pour les truies en régime AP par rapport aux truies en régime AC. Les truies en régime AP ont un pourcentage de femelles 1.2 fois plus important que les truies en régime AC. Inversement, le pourcentage de mâles dans la portée est plus faible pour les truies en régime AC (1.2 fois plus faible). Le rang de portée n'a pas d'effet sur le nombre de porcelets mâles et femelles dans une portée ($P<0.05$).



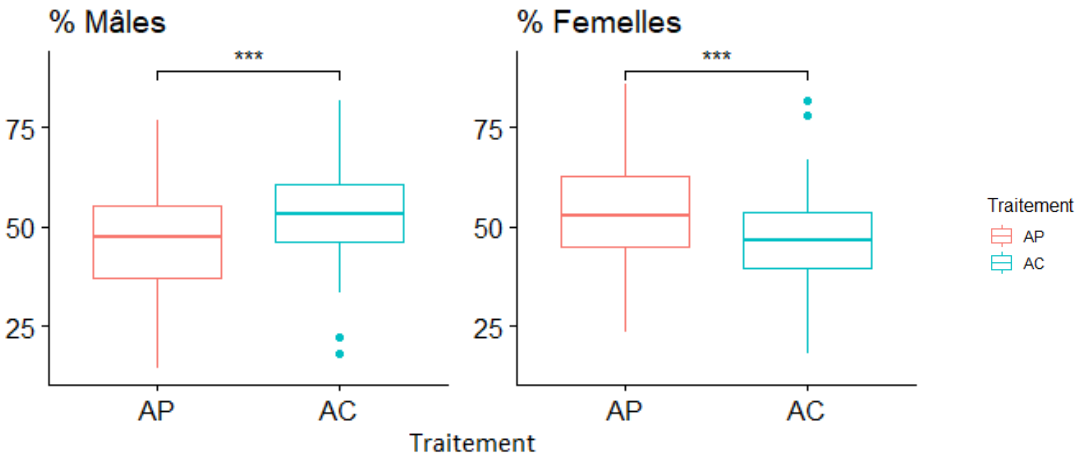
ns = non significatif (p>0.05), * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001, **** : p<0.0001

Figure 23. Poids portée moyen (en kg) en fonction du rang de portée (1, 2 et 3+ : rang de portée supérieur ou égale à 3)



ns = non significatif (p>0.05), * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001, **** : p<0.0001

Figure 24. Nombre moyen total de porcelets (à gauche) et pourcentage moyen de mort-nés (à droite) en fonction du rang de portée (1, 2 et 3+ : rang de portée supérieur ou égale à 3)



ns = non significatif (p>0.05), * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001, **** : p<0.0001

Figure 25. Pourcentage de mâles (à gauche) et de femelles (à droite) en fonction du traitement (AP : alimentation de précision ou AC : alimentation conventionnelle)

PARTIE 5 – DISCUSSION

I- Variation des facteurs de production au cours de la gestation

Le poids et l'EPL augmentent lors de la gestation. De même, la quantité d'aliment ingérée est plus importante en fin de gestation. L'augmentation des besoins en nutriments au cours de cette période implique une mobilisation des réserves plus importante d'abord pour l'entretien individuel et la croissance des fœtus puis pour la croissance mammaire en fin de gestation (Gaillard & al., 2019). Cette mobilisation des réserves s'accompagne d'une prise de poids due à la croissance des fœtus d'une part et à la prise de poids maternel d'autre part. La truie limite ainsi la mobilisation de ses propres réserves lorsque la ration est adaptée à ses besoins. Le poids et la quantité d'aliment ingérée sont plus faibles pour les truies primipares. Les truies de rang de portée 1 ont un besoin en entretien plus faible, ce qui explique leur poids plus faible (Dourmad & al., 1999) et donc leur ingestion moindre. Plus le rang de portée est important plus la part du besoin en acides aminés destinée à l'entretien est importante. Les besoins en nutriments des truies sous régime AP sont satisfaits par l'adaptation de la ration quotidienne selon leur rang de portée et le stade de gestation (Gaillard & al., 2020). Les truies sous régime AC ont en moyenne une prise de poids plus importante que les truies en régime AP, certaines sont donc suralimentées comparées à ces dernières. Une alimentation exclusivement en régime AP permettrait donc de diminuer la proportion de truies suralimentées mais aussi la proportion de lysine utilisée dans la ration.

II- Variation des facteurs de comportement au cours de la gestation

La plupart des truies gestantes consomment leur ration journalière lors de leur première visite au DAC. Par la suite, les visites au DAC sont donc essentiellement des visites sans repas qui représentent plus de 50% des visites au cours de la journée (Olsson & al., 2011). Le nombre de visites sans repas ainsi que la durée de ces visites sont différents selon la période de gestation et le traitement. Le nombre et la durée des visites sans repas est plus important en fin de gestation pour les truies en régime AP. Cela peut s'expliquer par une ration qui ne répondrait pas aux attentes de satiété des truies ou par des truies qui se « cachent » dans les DAC pour se protéger des autres. Sur ce dernier point il serait donc intéressant d'étudier le lien entre la hiérarchie et le comportement des visites sans repas au DAC en observant les interactions sociales entre les truies.

III- Variation des facteurs de reproduction au cours de la gestation

Le poids de portée à la naissance et le nombre total de porcelets sont liés. Plus le nombre de porcelets est important plus le poids de portée est important. Les truies multipares de rang 3+ ont des portées plus élevées en termes de nombre de porcelets et en poids. D'autres études ont montré une influence du rang de portée sur la taille de la portée (Hughes & Varley, 1980, Hughes, 1998). Le nombre total de porcelets augmente entre la première et deuxième portée, de même entre la deuxième et troisième portée (Hughes & Varley, 1980) comme le montrent nos résultats (**Figure 24**). Les besoins en nutriments sont plus importants en fin de gestation or le besoin en entretien est plus important chez les truies multipares. Le rang de portée est donc important à prendre en compte dans le risque de mortinatalité, notamment si la truie a déjà eu des porcelets mort-nés aux précédentes portées (Vanderhaeghe & al., 2010). Le nombre de femelles dans une portée est plus élevé chez les truies en régime AP. Toutefois, la différence du nombre de mâles et de femelles n'est pas importante bien qu'il soit significatif (facteur de 1.2 entre les deux régimes). Néanmoins, il serait intéressant d'approfondir les recherches sur l'effet de l'alimentation de précision sur le sexe des porcelets.

CONCLUSION

Il existe de nombreux indicateurs permettant de caractériser le comportement des truies tels que l'alimentation, l'abreuvement, l'activité et les comportements sociaux entre autres. Actuellement, ces indicateurs ne sont pas intégrés dans les modèles nutritionnels comme InraPorc. Ces indicateurs peuvent désormais être enregistrés automatiquement grâce à différents capteurs et automates. De plus, l'enregistrement vidéo et le développement de logiciels permettent une analyse automatique des vidéos et détection des comportements. Néanmoins, le développement de ces technologies est primordial pour une mesure automatique et en temps réel du comportement des truies dans les élevages. La prise en compte de ces indicateurs dans les modèles nutritionnels permettrait d'optimiser les apports nutritionnels et d'améliorer les performances de production à deux niveaux : celui de la truie et de l'exploitation.

Je souhaiterais conclure ce rapport de stage par une appréciation globale du stage. Je tiens tout d'abord à remercier ma maître de stage Charlotte Gaillard qui m'a accompagnée durant toute la durée du stage, j'ai beaucoup apprécié apprendre à ses côtés. Je tiens également à remercier l'équipe SysPorc de m'avoir accueillie au sein de l'INRAE Saint-Gilles malgré le contexte particulier de la situation sanitaire actuelle (COVID-19). Les réunions se faisaient donc en distanciel et une partie du travail a été effectuée en télétravail pendant un mois. Par conséquent, j'ai mis un peu de temps à m'approprier le sujet et à le comprendre dans sa globalité lors des deux premières semaines de stage, surtout qu'il s'intégrait dans deux projets (PréciTruie et Sowell). J'ai apprécié m'investir dans les expérimentations à l'UE3P et je remercie également les animaliers pour leur accompagnement durant la période expérimentale. Globalement, ce stage m'a conforté dans l'idée de travailler dans le domaine de la nutrition animale. De plus, les connaissances acquises sur la filière porcine m'incitent à continuer dans cette filière dans mon futur métier.

Références :

ANDERSEN, H. M., JØRGENSEN, E., DYBKJÆR, L., JØRGENSEN, B. **2008**. The ear skin temperature as an indicatorof the termal comfort of pigs. *Applied Animal Behaviour Science, 113* (1–3), 43–56.

BLACK, J.L., GILES, L.R., WYNN, P.C., KNOWLES, A.G., KERR, C.A., JONES, M.R., STORM, A.D., GALLAGHER, N.L., EAMENS, G.J. **2001**. A review. Factors limiting the performance of growing pigs in commercial environments. *8th Biennial Conf. Aust. Pig Sci. Assoc., Adelaide, Australia,* 9-36.

BOUQUET, A. **2013**. Vers Une Sélection d'animaux Encore plus Efficaces ! *TechPorc*, (14), 30-31.

BROUČEK, J. **2014**. Effect of Noise on Performance, Stress, and Behaviour of Animals. *Slovak Journal of Animal Science*, *47* (2), 111–123.

BROWN-BRANDL, T. M., ROHRER, G.A., EIGENBERG, R. A. **2013**. Analysis of feeding behaviour of group housed growing – finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture*, *96*, 246–252.

BUIS, R. Q., WEY, D., DE LANGE, C. F. M. **2016**. Development of Precision Gestation Feeding Program Using Electronic Sow Feeders and Effects on Gilt Performance. *Journal of Animal Science*, *94* (suppl_2), 125–125. https://doi.org/10.2527/msasas2016-264.

CHUNG, Y., OH, S., LEE, J., PARK, D., CHANG, H.-H., KIM, S. **2013**. Automatic Detection and Recognition of Pig Wasting Diseases Using Sound Data in Audio Surveillance Systems. *Sensors*, *13* (10), 12929–12942. https://doi.org/10.3390/s131012929.

CORNOU, C., LUNDBYE-CHRISTENSEN, S. **2008**. Classifying Sows' Activity Types from Acceleration Patterns: An Application of the Multi-Process Kalman Filter. *Applied Animal Behaviour Science*, *111* (3), 262–273. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.06.021.

DELANOUE, E., DOCKES A.-C., CHOUTEAU, A., PHILIBERT, A., MAGDELAINE, P., ROGUET, C. **2017**. Points de vue et attentes des consommateurs et citoyens vis-à-vis de l'élevage. Une étude quantitative auprès de 2000 personnes en France. *Journées Recherche Porcine*, *49*, 295-300.

DOURMAD, J.-Y., ÉTIENNE, M., VALANCOGNE, A., DUBOIS, S., VAN MILGEN, J., NOBLET, J. **2008**. InraPorc: A Model and Decision Support Tool for the Nutrition of Sows. *Animal Feed Science and Technology*, *143* (1–4), 372–386. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.019.

DOURMAD, J.-Y., MILGEN, J. VAN, VALANCOGNE, A., DUBOIS, S., BROSSARD, L., NOBLET, J. **2015**. Modelling Nutrient Utilization in Sows: A Way towards the Optimization of Nutritional Supplies. In SAKOMURA, N. K., GOUS, R., KYRIAZAKIS, I., HAUSCHILD, L. *Nutritional modelling for pigs and poultry*. Wallingford, UK: CABI, 50–61. ISBN 978-1-78064-411-0. https://doi.org/10.1079/9781780644110.0050.

DOURMAD, J.-Y., NOBLET, J., PERE, M. C., ÉTIENNE, M. Mating, pregnancy and pre-natal growth. **1999**. In: KYRIAZAKIS, I. *A quantitative biology of the pig*. Wallingford, UK: CABI, 129–153. ISBN 978-0-85-199-273-0

ESCALANTE, H. J., RODRIGUEZ, S. V., CORDERO, J., KRISTENSEN, A. R., CORNOU, C. **2013**. Sow-Activity Classification from Acceleration Patterns: A Machine Learning Approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, *93*, 17–26. https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.01.003.

GAILLARD, C., BROSSARD, L., DOURMAD, J.-Y. **2020**. Review: Improvement of Feed and Nutrient Efficiency in Pig Production through Precision Feeding. *Animal Feed Science and Technology*.

GAILLARD, C., GAUTHIER, R., CLOUTIER, L., DOURMAD, J.-Y. **2019**. Exploration of Individual Variability to Better Predict the Nutrient Requirements of Gestating Sows. *Journal of Animal Science*, *97* (12), 4934–4945. https://doi.org/10.1093/jas/skz320.

GAUTHIER, R., LARGOUËT, C., GAILLARD, C., CLOUTIER, L., GUAY, F., DOURMAD. J.-Y. **2019**. Dynamic modelling of nutrient use and individual requirements of lactating sows[1]. *Journal of Animal Science*, 97 (7), 2822–2836. https://doi.org/10.1093/jas/skz167.

GAYMARD, H. **2003**. Arrêté du 16 janvier 2003 établissant les normes minimales relatives à la protection des porcs. *Journal Officiel de la République Française* [en ligne]. 135 (18), 1309-1311. Journaux Officiels. [Consulté le 2 juillet 2020]. Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000600921>

GILBERT, H. **2015**. Sélection pour l'efficacité alimentaire chez le porc en croissance : opportunités et challenges. *Journées Recherche Porcine*, *47*, 19-30.

HALACHMI, I., GUARINO, M., BEWLEY, J., PASTELL, M. **2019**. Smart Animal Agriculture: Application of Real-Time Sensors to Improve Animal Well-Being and Production. *Annual Review of Animal Biosciences*, *7* (1), 403–425. https://doi.org/10.1146/annurev-animal-020518-114851.

HUGHES, P. E. **1998**. Effects of Parity, Season and Boar Contact on the Reproductive Performance of Weaned Sows. *Livestock Production Science*, *54* (2), 151–157. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(97)00175-9.

HUGHES, P.E., VARLEY, M.A. **1980**. *Reproduction in the Pig*. London: Butterworth-Heinemann., 252. ISBN 978-0-40870-946-0

KNIGHT, C. H. **2020**. Review: Sensor Techniques in Ruminants: More than Fitness Trackers. *animal*, *14* (S1), s187–s195. https://doi.org/10.1017/S1751731119003276.

KONGSRO, J. **2013**. Development of a Computer Vision System to Monitor Pig Locomotion. *Open Journal of Animal Sciences*, *3* (3), 254–260. https://doi.org/10.4236/ojas.2013.33038.

L'organisation de l'élevage porcin en France [en ligne]. Interbev. [Consulté le 1 juillet 2020]. Disponible sur internet : <https://www.la-viande.fr/animal-elevage/porc/organisation-elevage-porcin-france>

MADSEN, T. N., KRISTENSEN, A. R. **2005**. A Model for Monitoring the Condition of Young Pigs by Their Drinking Behaviour. *Computers and Electronics in Agriculture*, *48* (2), 138–154. https://doi.org/10.1016/j.compag.2005.02.014.

MARCON, M., MELOT, G., COURBOULAY, V., BOULOT, S., ROUSSELIERE, Y. **2017**. Monitoring the sows' level of activity through communicating accelerometer placed on earing tag. *Journées de la Recherche Porcine en France*, *49*, 171–172.

MARTÍNEZ - AVILÉS, M., FERNÁNDEZ - CARRIÓN, E., GARCÍA - BAONES, J. M. L., SÁNCHEZ - VIZCAÍNO, J. M. **2017**. Early Detection of Infection in Pigs through an Online Monitoring System. *Transboundary and Emerging Diseases*, *64* (2), 364–373. https://doi.org/10.1111/tbed.12372.

MARX, G., HORN, T., THIELEBEIN, J., KNUBEL, B., VON BORELL, E. **2003**. Analysis of Pain-Related Vocalization in Young Pigs. *Journal of Sound and Vibration*, *266* (3), 687–698. https://doi.org/10.1016/S0022-460X(03)00594-7.

MASELYNE, J., ADRIAENS, I., HUYBRECHTS, T., KETELAERE, B. D., MILLET, S., VANGEYTE, J., NUFFEL, A. V., SAEYS, W. **2016**. Measuring the Drinking Behaviour of Individual Pigs Housed in Group Using Radio Frequency Identification (RFID). *animal*, *10* (9), 1557–1566. https://doi.org/10.1017/S1751731115000774.

MASELYNE, J., SAEYS, W., VAN NUFFEL, A. **2015**. Review: Quantifying Animal Feeding Behaviour with a Focus on Pigs. *Physiology & Behavior*, *138*, 37–51. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.09.012.

MATTHEWS, S. G., MILLER, A. L., CLAPP, J., PLÖTZ, T., KYRIAZAKIS, I. **2016**. Early Detection of Health and Welfare Compromises through Automated Detection of Behavioural Changes in Pigs. *The Veterinary Journal*, *217*, 43–51. https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2016.09.005.

MEIJER, E., BERTHOLLE, C. P., OOSTERLINCK, M., VAN DER STAAY, F. J., BACK, W., VAN NES, A. **2014**. Pressure Mat Analysis of the Longitudinal Development of Pig Locomotion in Growing Pigs after Weaning. *BMC Vet Res*, *10*, 37. https://doi.org/10.1186/1746-6148-10-37.

MEUNIER-SALAÜN, M.C., BOLHUIS, J.E. **2015**. High-Fiber feeding in gestation. In FARMER C. *The Gestating and Lactating Sow*. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 95-116. ISBN 978-90-8686-253-5

MEUNIER-SALAÜN, M. C., EDWARDS, S. A., ROBERT, S. **2001**. Effect of Dietary Fibre on the Behaviour and Health of the Restricted Fed Sow. *Animal Feed Science and Technology*, *90* (1), 53–69. https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00196-1.

MONTEIRO, A. N. T. R., GARCIA-LAUNAY, F., BROSSARD, L., WILFART, A., DOURMAD, J.-Y. **2016**. Effect of Feeding Strategy on Environmental Impacts of Pig Fattening in Different Contexts of Production: Evaluation through Life Cycle Assessment. *J Anim Sci*, *94* (11), 4832–4847. https://doi.org/10.2527/jas.2016-0529.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **2012**. *Nutrient Requirements of Swine: Eleventh Revised Edition*. Washington, DC: National Academies Press, 420. ISBN 978-0-309-22423-9

NOBLET, J., SHI, X. S., DUBOIS, S. **1993**. Metabolic Utilization of Dietary Energy and Nutrients for Maintenance Energy Requirements in Sows: Basis for a Net Energy System. *British Journal of Nutrition*, *70* (2), 407–419. https://doi.org/10.1079/BJN19930135.

NOBLET, J., SHI, X. S., DUBOIS, S. **1994**. Composantes de la dépense énergétique au cours du nycthémère chez la truie adulte à l'entretien : rôle de l'activité physique. *Productions animales*, *7* (2), 135–142.

OLSSON, A.-CH., ANDERSSON, M., BOTERMANS, J., RANTZER, D., SVENDSEN, J. **2011**. Animal Interaction and Response to Electronic Sow Feeding (ESF) in 3 Different Herds and Effects of Function Settings to Increase Capacity. *Livestock Science*, *137* (1), 268–272. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.10.014.

OTT, S., MOONS, C. P. H., KASHIHA, M. A., BAHR, C., TUYTTENS, F. A. M., BERCKMANS, D., NIEWOLD, T. A. **2014**. Automated Video Analysis of Pig Activity at Pen Level Highly Correlates to Human Observations of Behavioural Activities. *Livestock Science*, *160*, 132–137. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.12.011.

OTTEN, W., KANITZ, E., PUPPE, B., TUCHSCHERER, M., BRÜSSOW, K. P., NÜRNBERG, G., STABENOW, B. **2004**. Acute and Long Term Effects of Chronic Intermittent Noise Stress on Hypothalamic-Pituitary-Adrenocortical and Sympatho-Adrenomedullary Axis in Pigs. *Animal Science*, *78* (2), 271–283. https://doi.org/10.1017/S1357729800054060.

POMAR, C., KYRIAZAKIS, I., EMMANS, G. C., KNAP, P. W. **2003**. Modeling Stochasticity: Dealing with Populations Rather than Individual Pigs. *J Anim Sci*, *81* (14_suppl_2), E178–E186. https://doi.org/10.2527/2003.8114_suppl_2E178x.

POMAR, C., HAUSCHILD, L., ZHANG, G.-H., POMAR, J., LOVATTO, P. A. **2009**. Applying Precision Feeding Techniques in Growing-Finishing Pig Operations. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *38* (spe), 226–237. https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300023.

Pratiques d'élevage 2015 - Élevages de porcins. **2018.** *Agreste Chiffres et Données Agriculture,* (248).

REYER, H., SHIRALI, M., PONSUKSILI, S., MURANI, E., VARLEY, P. F., JENSEN, J., WIMMERS, K. **2017**. Exploring the Genetics of Feed Efficiency and Feeding Behaviour Traits in a Pig Line Highly Selected for Performance Characteristics. *Mol Genet Genomics*, *292* (5), 1001–1011. https://doi.org/10.1007/s00438-017-1325-1.

ROGUET, C. **2013**. 11 500 élevages de porcs en France métropolitaine en 2010. *TechPorc*, (12).

ROGUET, C., PERROT, C., GALLOT, S., RIEU, M. **2014**. Les types d'exploitations agricoles ayant des porcs en France en 2010 : identification, caractéristiques et évolution. *Journées Recherche Porcine*, 46, 229-234.

SCHEEL, C., TRAULSEN, I., AUER, W., MÜLLER, K., STAMER, E., KRIETER, J. **2017**. Detecting Lameness in Sows from Ear Tag-Sampled Acceleration Data Using Wavelets. *animal*, *11* (11), 2076–2083. https://doi.org/10.1017/S1751731117000726.

SCHÖN, P., PUPPE, B., MANTEUFFEL, G. **2004**. Automated Recording of Stress Vocalisations as a Tool to Document Impaired Welfare in Pigs. *Animal Welfare*, *13* (2), 105-110.

SEITE J.-C. Porc : un coût de production porcin record en 2013-2014 [en ligne]. Paysan Breton **2014.** [Consulté le 1 juillet 2020]. Disponible sur internet : <https://www.paysan-breton.fr/2014/11/porc-un-cout-de-production-porcin-record-en-2013-2014/>

SHURSONI, J., JOHNSTON, L. **1998**. Swine Nutrition and Health Connections. *University of Minnesota Digital Conservancy*, 20.

SOLÀ-ORIOL, D., GASA, J. **2017**. Feeding Strategies in Pig Production: Sows and Their Piglets. *Animal Feed Science and Technology*, *233*, 34–52. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.07.018.

STAVRAKAKIS, S.; GUY, J. H.; WARLOW, O. M. E.; JOHNSON, G. R.; EDWARDS, S. A. **2014**. Walking Kinematics of Growing Pigs Associated with Differences in Musculoskeletal Conformation, Subjective Gait Score and Osteochondrosis. *Livestock Science*, *165*, 104–113. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.04.008.

VANDERHAEGHE, C.; DEWULF, J.; DE VLIEGHER, S.; PAPADOPOULOS, G. A.; DE KRUIF, A.; MAES, D. **2010**. Longitudinal Field Study to Assess Sow Level Risk Factors Associated with Stillborn Piglets. *Animal Reproduction Science*, *120* (1), 78–83. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.02.010.

VIAZZI, S.; ISMAYILOVA, G.; OCZAK, M.; SONODA, L. T.; FELS, M.; GUARINO, M.; VRANKEN, E.; HARTUNG, J.; BAHR, C.; BERCKMANS, D. **2014**. Image Feature Extraction for Classification of Aggressive Interactions among Pigs. *Computers and Electronics in Agriculture*, *104*, 57–62. https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.03.010.

Welfare Quality®. **2009**. Welfare Quality® assessment protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands.