

Prendre en compte le poids en temps réel des truies gestantes pour l'estimation des besoins énergétiques dans le cadre d'une alimentation sur mesure

Clément RIBAS (1,2), Charlotte GAILLARD (1), Nathalie QUINIOU (2)

(1) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 Saint-Gilles, France

(2) IFIP-Institut du Porc, 9 Boulevard du Trieux, 35740 Pacé, France

charlotte.gaillard@inrae.fr

Prendre en compte le poids en temps réel des truies gestantes pour l'estimation des besoins énergétiques dans le cadre d'une alimentation sur mesure

Pendant la gestation, la ration apportée aux truies est modulée afin d'atteindre des objectifs de poids et d'épaisseur de lard dorsal (ELD) à la mise-bas. Dans le cadre d'une alimentation sur mesure individualisée journalièrement, les modèles nutritionnels intègrent ces objectifs, des mesures individuelles de poids et d'ELD à l'insémination, ainsi que des projections dynamiques du poids jusqu'à la mise-bas. Des balances connectées permettent de peser individuellement et automatiquement les truies tous les jours. L'objectif de cette étude est de comparer le poids mesuré en temps réel (P_R) aux valeurs modélisées (P_M) et d'évaluer l'intérêt de prendre en compte P_R dans l'estimation des besoins énergétiques des truies gestantes. Un jeu de 138 288 P_R est établi à partir de 242 gestations issues de deux troupeaux conduits avec des plans d'alimentation individualisés. Le P_R moyen journalier individuel est calculé après exclusion des données erronées, les P_R manquant certains jours sont estimés par la méthode de Holt-Winters. Ces valeurs sont ensuite utilisées en entrées journalières dans le modèle nutritionnel. Le P_R est plus élevé pendant les deux premiers mois de gestation et plus faible que P_M pendant le dernier mois ($P < 0,05$). Avec des objectifs théoriques identiques à la mise-bas, les besoins énergétiques estimés sont plus faibles ($P < 0,05$) quand P_R est pris en compte, l'écart représente moins de 1 kg d'aliment sur la gestation. Quand l'alimentation sur mesure est déjà mise en œuvre sur la base de P_M , le gain de précision apporté par le P_R pour piloter les rations apparaît relativement limité. Les perspectives sont plus nombreuses dans le cas d'un réajustement des objectifs au cours de la gestation à partir du P_R avec l'ajout d'un ELD_R pour une réévaluation périodique des besoins dans le but d'atteindre un troupeau plus homogène à la mise-bas.

Considering the real-time weight of gestating sows to estimate energy requirements for precision feeding

Throughout gestation, the feed supplied to sows is adjusted to achieve targets for weight and backfat thickness (BFT) at farrowing. As part of a precision feeding strategy, individual and daily supplies were estimated using nutritional models which consider these targets, individual measurements of weight and BFT at insemination, and dynamic weight predictions up to farrowing. Connected scales are used to automatically weigh sows individually every day. The aim of this study was to compare the real-time weight (BW_R) to modelled weight (BW_M) and to assess the benefits of using BW_R to estimate the energy requirements of gestating sows. A set of 138,288 BW_R was established from 242 gestations from two herds managed with individualized feeding plans. The mean daily individual BW_R was calculated after excluding erroneous data. Missing values of BW_R on certain days were estimated using the Holt-Winters method. These values were then used as daily inputs in the nutritional model. BW_R was greater than BW_M during the first 2 months of gestation and lower than BW_M during the last month ($P < 0.05$). With identical objectives at farrowing, the estimated energy requirements were significantly lower ($P < 0.05$) when BW_R was considered, but it represented less than 1 kg of feed over the gestation period. When precision feeding has already been implemented based on BW_M , the increase in precision provided by BW_R to manage supplies appears relatively limited. The potential is higher if the objectives are readjusted during gestation using BW_R along with BFT_R to periodically re-assess requirements to achieve a more homogenous herd at farrowing.

INTRODUCTION

Avec la mise en place du logement en groupe des truies pendant la gestation, de nouveaux systèmes d'alimentation ont été développés pour rationner les animaux de manière individuelle. Cette conduite est une première étape vers l'alimentation sur mesure qui consiste à adapter individuellement ainsi que quotidiennement les apports d'énergie et des autres nutriments aux besoins (Pomar *et al.*, 2009). Chaque truie est ainsi prise en compte de manière individuelle au regard de ses propres caractéristiques et non selon son rang de portée uniquement ou comme un élément d'une population dont on ferait fi de l'hétérogénéité. Le développement de modèles d'estimation des besoins nutritionnels a permis d'améliorer l'adéquation des apports aux besoins qui évoluent parallèlement aux efforts de la sélection génétique pour des truies toujours plus productives (Dourmad *et al.*, 2015). Ces modèles utilisent des objectifs d'état à la mise-bas (poids vif, épaisseur de lard dorsal (ELD), poids de portée) pour estimer les besoins et adapter en conséquence les apports alimentaires à chaque truie. Cependant, on constate une variabilité à la mise-bas entre les objectifs pris en compte dans ces modèles et les valeurs observées, avec par exemple des écart-types compris entre 12 et 17 kg pour le poids vif à la mise-bas et pouvant atteindre 5 mm pour l'ELD selon la bande (Quiniou, 2021). Une meilleure prise en compte de la variabilité au sein du troupeau pourrait être réalisée pour affiner l'estimation des besoins via l'utilisation du poids de la truie, i.e. en temps réel (P_R) plutôt que la valeur théorique modélisée (P_M) au cours de la gestation (Quiniou, 2021). En effet, sous-estimer le poids d'une truie conduit à sous-estimer ses besoins d'entretien. Dans ce cas, pour un apport donné en nutriments, la part disponible pour la production est de fait inférieure à ce qui est prévu. Cela accentue le risque de truies considérées comme trop maigres qui mettent-bas des porcelets plus légers et qui produisent moins de lait malgré une consommation plus élevée en lactation (Quiniou, 2016). A l'inverse, surestimer le poids et donc les besoins d'entretien conduit à sur-alimenter la truie, ce qui accentue le risque qu'elle soit trop grasse à la mise-bas, avec un risque accru de mise-bas difficile, un niveau de consommation en maternité inférieur aux autres truies ce qui conduit à une mobilisation des réserves plus élevée avec des conséquences négatives sur les performances de reproduction après sevrage (Zhou *et al.*, 2018).

Chez le porc en croissance, la prise en compte du poids et de la consommation alimentaire en temps réel dans l'estimation des besoins a permis de réduire la quantité d'azote ingérée et rejetée de 14 % à niveau de performances égal (Brossard *et al.*, 2020). A notre connaissance, l'intégration du poids en temps réel dans l'estimation des besoins des truies en gestation n'a pas encore été explorée.

Notre étude a deux objectifs : comparer l'évolution du P_R en comparaison du P_M utilisé dans l'estimation des besoins nutritionnels des truies gestantes et évaluer les conséquences de la prise en compte du P_R sur l'estimation des besoins journaliers.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Dispositif expérimental

Deux jeux de données ont été obtenus à partir de truies croisées Large White x Landrace suivies durant la gestation et provenant

de deux élevages expérimentaux. Le premier jeu de données rassemble 85041 pesées provenant de 102 gestations issues de truies de l'Unité Expérimentale Physiologie et Phénotypage des Porcs (UE3P, 35590 Saint-Gilles, France, doi: 10.15454/1.5573932732039927E12) et le deuxième regroupe 53247 pesées issues de 140 gestations de truies de l'élevage CIRI de l'IFIP (35850 Romillé, France). Dans les deux élevages, les truies étaient nourries à l'aide de distributeurs automatiques de concentrés (DAC) permettant le mélange de plusieurs aliments. L'apport d'aliment était ajusté individuellement aux besoins des truies estimés à l'aide d'un modèle nutritionnel pour les truies gestantes (Gaillard *et al.*, 2019). Ce modèle utilise les caractéristiques d'âge, de poids vif et d'ELD à l'insémination ainsi que les objectifs définis à la mise-bas sur la base de données historiques collectées sur chaque site. Ainsi, le P_M de chaque truie est modélisé chaque jour pour atteindre un objectif de poids vif après mise-bas qui dépend de l'âge. L'objectif d'ELD à la mise-bas est identique pour toutes les truies. L'objectif de poids de portée dépend du rang de portée.

1.2. Acquisition du poids vif individuel journalier

1.2.1. Collecte des données

Les truies sont élevées en groupe entre le troisième jour (j) de gestation pour les truies UE3P ou le vingt-cinquième jour de gestation pour les truies CIRI et l'entrée en maternité vers 108 j de gestation. A l'UE3P, elles sont élevées par groupe de 20 individus. Au CIRI, l'étude porte sur des bandes de 24 truies qui entrent dans une case conduite en groupe dynamique pouvant accueillir jusqu'à 72 animaux. Dans les deux cas, chaque case est équipée de deux balances automatiques connectées (Asserva, précision ± 1 kg) situées devant les abreuvoirs (UE3P) ou en sortie de chacune des deux stations d'alimentation (CIRI). Chaque fois qu'une truie se présente dans la bascule, elle est identifiée par sa puce radio fréquence auriculaire. La mesure du poids vif est réalisée à l'aide de jauges de contraintes, dont le signal est converti en kg à l'aide de l'algorithme du constructeur. La pesée est réalisée sur animal statique à l'UE3P et à la volée au CIRI. Après la mise-bas au CIRI uniquement, les truies sont pesées individuellement à l'aide d'une balance mobile (Maréchalle, précision $\pm 0,2$ kg). L'addition de la valeur obtenue (poids net) et du poids du conceptus, supposé proportionnel au poids de portée d'après Dourmad *et al.* (1997), est utilisé comme poids brut final (truie pleine) avant mise-bas (P_{MB}).

1.2.2. Nettoyage de la base de données

La collecte de données de manière automatique peut entraîner l'enregistrement de valeurs erronées. C'est par exemple le cas si deux truies se trouvent ensemble sur la balance. Il est donc nécessaire de nettoyer la base de données brutes. Cela a été réalisé en deux étapes successives qui consistent à se référer à la variabilité intra-journalière dans un premier temps et à la variabilité inter-journalière dans un second temps. La première a consisté, pour une truie donnée, à retirer les mesures qui s'éloignent de $\pm 5\%$ de la moyenne journalière pour retirer les valeurs considérées comme des erreurs de mesure. Cette étape est ensuite répétée une fois pour exclure les données qui diffèrent de $\pm 5\%$ de la nouvelle moyenne. La deuxième étape a consisté en l'utilisation d'une moyenne glissante sur 3 jours pour vérifier la cohérence inter-journalière des poids pour chaque animal. Si le poids journalier s'écartait de plus de 20 kg de la moyenne glissante des 3 jours précédents, la donnée associée était exclue de la base. Le détail des deux jeux de données utilisés est disponible dans le tableau 1.

Les données de 12 truies de l'UE3P et 23 truies du CIRI sont retirées de la base de données étudiée, soit parce qu'elles étaient vides (UE3P : 6, CIRI : 5 truies), réformées (UE3P : 5, CIRI : 17 truies) ou morte (une dans chaque élevage).

Tableau 1 – Caractéristique des jeux de données

Site de collecte des données	UE3P	CIRI
Nombre de gestations suivies	102	140
Stade de gestation étudié, j	3 à 106	25 à 106
Nombre de données, n		
Instantanées	85041	53247
Moyennes journalières		
Avant nettoyage	9895	9645
Après nettoyage	9850	9093

1.2.3. Prédiction du poids lorsque la donnée est manquante

Avant la mise en groupe des truies, qui intervient en moyenne 2 j et 24 j après l'insémination artificielle, respectivement à l'UE3P et au CIRI, le P_R n'est pas disponible. Sur cette période, le P_M est utilisé pour estimer les besoins journaliers. En cas de P_R manquant pendant les semaines de gestation en groupe, la donnée est prédite à partir des valeurs acquises les jours qui précèdent. La méthode de prédiction retenue est celle du double lissage exponentiel de Holt-Winters (HW) déjà utilisée pour prédire le poids journalier de porcs en croissance par Quiniou *et al.* (2017). Les données des 8 jours précédents le jour pour lequel le poids est manquant sont utilisées, avec un critère de lissage α de 0,6 et un critère de tendance β déterminé en minimisant l'erreur de prédiction au carré. La dernière semaine de gestation, les truies sont en maternité où elles ne sont pas pesées. A ce stade, l'historique de données des 30 derniers jours est utilisé.

1.3. Estimation des besoins journaliers en prenant en compte le poids réel journalier (P_R)

Le modèle nutritionnel utilisé pour estimer les besoins de chaque truie prédit chaque jour le poids brut de la truie (i.e., poids net de la truie et poids du conceptus (Gaillard *et al.*, 2019)), en se fondant sur une représentation par compartiments (énergétique, protéique et lipidique) dont l'évolution dépend des objectifs de performances fixés à la

mise-bas et des apports nutritionnels réalisés.

Le P_R est intégré au modèle nutritionnel en tant que donnée d'entrée. Il remplace le P_M de la truie et de son conceptus. Plusieurs stratégies sont appliquées pour estimer les besoins. Le scénario 1 conserve les objectifs de poids de portée théoriques. Le scénario 2 prend en compte le poids réel de la portée à la naissance. Enfin, le scénario 3, mis en œuvre seulement à partir des données CIRI, utilise le P_{MB} comme objectif de poids. Le cumul des besoins journaliers sur l'ensemble de la gestation est calculé pour chaque scénario.

1.4. Calculs et analyses statistiques

Le traitement des données et les analyses statistiques sont réalisés à l'aide du logiciel R v.4.2.2. La fonction HoltWinters du package stats est utilisée pour la prédiction du poids si nécessaire. Le test de Shapiro-Wilk est utilisé pour tester la normalité de la différence entre P_M et P_R . Dans le cas d'une distribution normale, à partir du package stats, un test de Student pour données appariées est utilisé pour tester la méthode d'évaluation du poids. Dans le cas contraire, un test des rangs signés de Wilcoxon est utilisé. La racine de l'erreur quadratique moyenne (RMSE) est utilisée pour quantifier la différence entre P_R et P_M . Un modèle linéaire mixte (fonction lme du package nlme) est utilisé pour tester l'effet du type de poids sur l'estimation des besoins énergétiques cumulés sur la gestation. Le scénario est utilisé comme effet fixe et le rang de portée comme covariable. La truie est intégrée comme effet aléatoire car dans le jeu de données, certaines truies sont suivies sur plusieurs gestations. L'unité expérimentale est la truie gestante. Le coefficient de Spearman, avec la fonction cor.test, est utilisé pour corrélérer les estimations de poids le jour de la mise-bas de la truie (P_M ou P_R) aux valeurs observées (P_{MB}) pour l'élevage CIRI. L'écart-type résiduel (ETR) est calculée d'après Gu *et al.* (1992). Les différences sont considérées significatives quand la P -value est inférieure ou égale à 0,05.

2. RESULTATS

2.1. Comparaison entre P_R et P_M

Après nettoyage des données, le RMSE est de 10 kg et de 9 kg, respectivement pour les truies UE3P et CIRI (Figure 1).

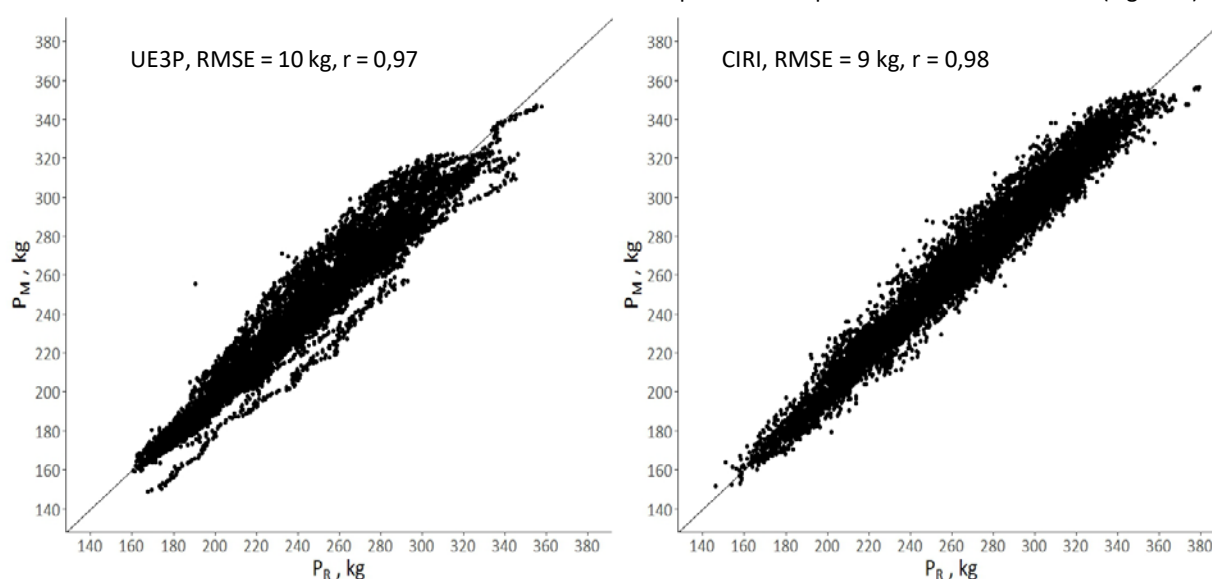


Figure 1 – Poids journalier en temps réel (P_R) et prédiction (P_M) selon l'élevage (UE3P ou CIRI)

Dans chaque graphique, la droite correspond à la bissectrice ; RMSE : racine de l'erreur quadratique moyenne ; r : coefficient de Pearson.

L'analyse des écarts selon le stade de gestation indique que le modèle sous-estime le poids (P_M inférieur à P_R , $P < 0,001$, Tableau 2) sur les 2 premiers mois de gestation (UE3P : entre J3 et J61, CIRI : entre J28 et J59) tandis que c'est l'inverse sur le dernier mois de gestation (UE3P : entre J70 et J106, CIRI : entre J68 et J106) ($P < 0,001$). Le point d'inflexion se situe à 62 et 60 j de gestation, respectivement pour les truies UE3P et CIRI. À partir de ce point d'inflexion, et pendant les 8 jours qui suivent, les poids modélisés et mesurés ne sont pas significativement différents pour les deux élevages ($P > 0,05$).

Tableau 2 – Poids (kg) modélisé (P_M) et en temps réel (P_R) moyen selon le stade de gestation dans les élevages étudiés

	P_M	P_R	P -value ¹
UE3P			
J 3-61	229	233	< 0,001
J 62-69	256	255	0,82
J 70-106	272	269	< 0,001
J 107-115	284	292	< 0,001
Gestation entière	247	248	< 0,001
CIRI			
J 28-59	251	255	< 0,001
J 60-67	272	272	0,68
J 68-106	293	288	< 0,001
J 107-115	307	308	0,56
Gestation entière	274	273	< 0,001

¹Un test de Student pour données appariées est utilisé en cas de distribution normale, sinon un test des rangs signés de Wilcoxon.

Au niveau individuel, l'évolution du P_M et du P_R de six truies de l'élevage CIRI est représentée dans la figure 2. Au cours de la gestation, l'évolution du P_R n'est pas monotone contrairement au P_M car nous observons des variations d'un jour à l'autre pour une truie donnée.

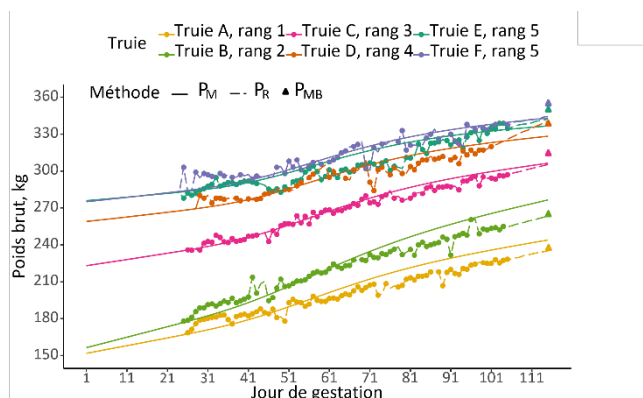


Figure 2 – Exemples d'évolution individuelle du poids brut (truie et conceptus) au cours de la gestation pour six truies du CIRI selon la méthode de prise en compte du poids journalier, i.e. modélisé (P_M) ou pesées journalières (P_R)

La présence d'un point pour un jour donné indique l'utilisation d'une donnée obtenue avec une balance connectée, son absence indique une donnée manquante remplacée par une valeur prédite. Le triangle final à 115 jours de gestation correspond au poids brut de la truie après mise-bas calculé à partir des mesures du poids net de la truie et de la portée (P_{MB}).

Pour l'ensemble des données, au regard des jours où il est possible de collecter P_R , il manque en moyenne 10,9 et 17,6 poids moyens journaliers par truie pour UE3P et CIRI respectivement et qui sont donc prédits avec la méthode HW. Ces données manquantes sont très variables au sein du troupeau avec un écart-type sur les poids moyens journaliers de 15,1 et 8,9 pour UE3P et CIRI respectivement. Au sein du CIRI, la connaissance du P_{MB} permet de comparer les poids obtenus

le jour de la mise-bas avec les deux méthodes. En moyenne, le P_R prédit à la mise-bas avec la méthode HW est proche de P_{MB} avec une différence de -0,2 kg comparé au P_M qui sous-estime le poids de 2,5 kg. En revanche, le RMSE de P_R par rapport à P_{MB} est deux fois plus élevé que celui de P_M par rapport à P_{MB} (respectivement 22 et 12 kg). Ainsi, nous obtenons des corrélations de Spearman élevées pour les deux méthodes mais avec une corrélation supérieure pour P_M ($r = 0,97$) par rapport à P_R ($r = 0,90$). En moyenne, les individus dont le P_R s'écarte de plus de 10 kg du P_{MB} ont significativement plus de jours sans données lors des 8 derniers jours de collecte de données qui précèdent l'entrée en maternité, i.e. 3,3 vs. 2,5 j ($P = 0,02$).

2.2. Estimation des besoins énergétiques

Le tableau 3 présente la quantité d'énergie métabolisable (EM) à apporter pour couvrir le besoin sur l'ensemble de la gestation selon le scénario retenu pour les estimer avec le modèle nutritionnel. Avec les scénarios 1 et 2, que ce soit pour l'élevage UE3P ou l'élevage CIRI, la méthode de prise en compte du poids influence significativement le besoin estimé ($P < 0,001$ et $P = 0,01$, respectivement pour l'UE3P et le CIRI). La différence est cependant inférieure à 10 MJ d'EM. La différence entre le scénario 1 et 2 (qui prend en compte le poids de portée réel) est inférieure à 10 MJ EM pour les truies du CIRI ($P < 0,001$), mais atteint 27 MJ EM ($P < 0,001$) pour celles de l'UE3P.

Avec le scénario 3 (la prise en compte du P_{MB} comme objectif), le besoin énergétique est significativement différent ($P < 0,001$) comparativement au P_M ou au P_R utilisés jusqu'alors avec une différence numérique moyenne de 379 MJ représentant 31,5 kg de différence sur une gestation soit 275 g d'aliment en plus par jour de gestation avec P_{MB} . La méthode de prise en compte du poids où l'utilisation de la portée réelle ou estimé n'a pas d'effet sur l'estimation du poids et de l'ELD modélisé pour le CIRI dans les scénarios 1 et 2 ($P > 0,10$).

Pour ces mêmes scénarios à l'UE3P, cette différence est significative pour le poids et l'ELD ($P < 0,001$) mais ne représente numériquement que de faibles différences de 2 kg et 1 mm en plus avec P_M par rapport à P_R . Pour le CIRI, l'ELD mesuré est significativement différent de l'ELD modélisé avec une surestimation de 1,9 mm avec P_M ($P < 0,001$) tandis que le P_R est sous-estimé par rapport au P_{MB} avec une différence de 7 kg ($P < 0,001$) dans le cadre du scénario 3.

3. DISCUSSION

3.1. Variabilité et évolution du P_R

Dans notre étude à l'échelle d'une gestation, le P_M et le P_R étaient numériquement très proches avec une dynamique un peu différente au cours de la gestation avec P_M qui augmente moins rapidement que P_R sur les deux premiers mois de gestation et inversement pour le dernier mois. Le P_M suit l'évolution des compartiments corporels modélisés pour atteindre l'objectif de poids retenu à la mise-bas. Ce poids dépend de l'âge et suit un modèle de Weibull qui est ajusté grâce aux données historiques du troupeau (Quiniou, 2019). Le P_R évolue de façon moins régulière et sous la dépendance de plusieurs facteurs. Selon le moment de la journée où la truie passe sur la balance, la miction ou la défécation peut avoir eu lieu ou non. Cela peut entraîner de la variabilité sur le résultat de la pesée, sachant qu'une truie peut uriner jusqu'à 17 L d'urine et déféquer jusqu'à 9 kg de fèces par jour (Robert *et al.*,

Tableau 3 – Besoin énergétique total de gestation estimé selon trois scénarios de définition des objectifs de fin de gestation et deux méthodes de prise en compte du poids journalier (P_M , P_R)

Scénario	Méthode		Statistiques ¹		
	P_M	P_R	ETR	Méthode	Portée
UE3P					
Besoin énergétique estimé, MJ EM/gestation					
Scénario 1 : avec poids de portée à la naissance estimé	4389	4380	8,4	< 0,001	-
Scénario 2 : avec poids de portée à la naissance réel	4416	4407	8,4	< 0,001	< 0,001
Poids modélisé de la truie après mise-bas, kg					
Scénario 1 : avec poids de portée à la naissance estimé	256	254	1,1	< 0,001	-
Scénario 2 : avec poids de portée à la naissance réel	257	255	1,1	< 0,001	0,14
Epaisseur de lard dorsal modélisée à la mise-bas, mm					
Scénario 1 : avec poids de portée à la naissance estimé	19,9	18,9	0,56	< 0,001	-
Scénario 2 : avec poids de portée à la naissance réel	19,8	18,9	0,56	< 0,001	0,14
CIRI					
Besoin énergétique estimé, MJ EM/gestation					
Scénario 1 : avec poids de portée à la naissance estimé	4976	4974	3,3	0,01	-
Scénario 2 : avec poids de portée à la naissance réel	4981	4980	3,3	0,01	< 0,001
Scénario 3 : avec poids de portée à la naissance et de truie réels	4981	5359	188	< 0,001	0,052
Poids modélisé de la truie après mise-bas, kg					
Scénario 1 : avec poids de portée à la naissance estimé	278	279	0,6	0,10	-
Scénario 2 : avec poids de portée à la naissance réel	278	279	0,6	0,10	< 0,001
Scénario 3 : avec poids de portée à la naissance et de truie réels	278	286	9,1	< 0,001	0,542
Epaisseur de lard dorsal modélisée à la mise-bas, mm					
Scénario 1 : avec poids de portée à la naissance estimé	21,8	21,9	0,31	0,14	-
Scénario 2 : avec poids de portée à la naissance réel	21,8	21,9	0,31	0,14	0,45
Scénario 3 : avec poids de portée à la naissance et de truie réels	21,8	19,9	2,9	< 0,001	0,315

¹Modèle mixte linéaire prenant en compte la méthode d'estimation du poids et le poids de portée comme effets fixes, le rang de portée en covariable et la truie en effet aléatoire (P_M : poids brut de la truie modélisé ; P_R : poids brut journalier obtenu avec des balances connectées).

2000). A ceci s'ajoute les difficultés connues dans l'analyse de poids obtenus de manière automatique, avec la nécessité de nettoyer les données collectées (Thomas *et al.*, 2018) ainsi que la prédiction des poids lorsqu'ils ne sont pas disponibles (Brossard *et al.*, 2017). Nous avons fait le choix d'utiliser la méthode HW pour prédire les poids car elle a déjà été utilisée sur des porcs en croissance dont l'accès à l'aliment était restreint (Quiniou *et al.*, 2017). Cette méthode a été efficace pour combler les données ponctuellement manquantes mais est moins adéquate quand un nombre important de jours consécutifs ne sont pas disponibles comme la semaine précédant la mise-bas pendant laquelle le P_R n'est plus mesuré.

3.2. Estimation des besoins énergétiques avec le P_R

Le fait de prendre en compte le P_R en remplacement du P_M tout en conservant le même objectif de poids à la mise-bas n'a que peu d'effets sur l'estimation des besoins énergétiques. Les différences numériques constatées sont inférieures à 10 MJ EM soit moins de 10 g de différence d'apport alimentaire par jour de gestation. Pour l'élevage UE3P, les performances des bandes suivies étaient supérieures à l'historique du troupeau ce qui a entraîné une sous-estimation du poids de portée de 1,5 kg par rapport au poids de portée réel. Malgré cela, la différence entre le scénario 1 et 2 ne représentent que 27 MJ d'EM soit environ 20 g d'aliment supplémentaires à apporter par jour en moyenne sur la gestation entière. En pratique, les DAC peuvent atteindre une précision de l'ordre de 30 g dans l'apport des doses alimentaires (Marcon *et al.*, 2015). Ainsi aux vues de cette

précision et des différences observées, utiliser le P_R en gardant les mêmes objectifs de poids de mise-bas n'apporte pas de plus-value par rapport au P_M . Connaître en amont de la mise-bas, le poids de portée réelle n'apporte pas de différences notables sur l'estimation des besoins moyen sur l'intégralité de la gestation par rapport à l'historique de performances du troupeau. A contrario, en prenant en compte la pesée après mise-bas comme objectif de poids brut final, la différence représente pratiquement 300 g d'aliment en plus par jour en moyenne mais avec une grande disparité entre individus. Le P_R permet en moyenne d'être plus proche des valeurs mesurées à la mise-bas (P_{MB}) comparativement à P_M mais avec une variabilité deux fois plus élevée due en partie à la méthode HW ce qui n'est pas négligeable et restreint donc son utilisation. Le caractère exponentiel de la méthode est exacerbé lorsqu'un nombre important de données manque les jours qui précèdent la prédiction.

3.3. Composition corporelle « optimale »

Une composition corporelle optimale de l'animal à la mise-bas correspondrait à des valeurs de poids et d'ELD associés à un âge donné conduisant à une mise-bas qui se déroule bien et à des performances de lactation maximisées sans compromettre la reproduction après sevrage. Avec la sélection génétique pour des porcs à l'engrais plus maigres et plus efficaces, les truies sont devenues de plus en plus lourdes. D'un point de vue économique, un poids à maturité plus élevé nécessite plus d'aliments pour couvrir le besoin d'entretien. Il est possible de

sélectionner le poids à maturité des truies car ce caractère est fortement héritable mais cela pourrait affecter négativement d'autres caractères d'intérêt tel que le poids de portée si les corrélations génétiques ne sont pas analysées (Bergsma *et al.*, 2024). La composition corporelle des truies a évolué avec la sélection génétique vers moins de réserves lipidiques pour un poids donné (Dourmad *et al.*, 2021). Ainsi, il semblerait intéressant de suivre le P_R en même temps qu'un indicateur des réserves lipidiques en temps réel (ELD_R). Chez les bovins, un projet permettant l'analyse d'images 3D permet de phénotyper en routine les caractéristiques de poids et de réserves corporelles des animaux (Le Cozler *et al.*, 2019). Pour le porc, les caméras dont l'utilisation se développe en élevage ou des robots de mesure de l'ELD tel que Scanpig pourraient être associés aux données des balances connectées pour obtenir ces informations (Xie *et al.*, 2024). Des algorithmes entraînés pourraient ensuite transformer ces données en informations indicatives de la composition corporelle individuelle au niveau journalier pour piloter plus finement les apports nutritionnels.

CONCLUSION

Au regard des résultats obtenus, le gain de précision apporté par le P_R pour piloter les rations apparaît relativement limité lorsqu'une alimentation sur mesure est déjà mise en place sur la base des caractéristiques des truies en début de gestation. En revanche, utiliser le P_R pour réajuster l'objectif de poids semble être une voie prometteuse pour réduire la variabilité d'état corporel au moment de la mise-bas. Augmenter la précision des balances et réduire le nombre de valeurs erronées semblent compromis avec les outils et méthodes utilisés actuellement. L'imagerie 2D ou 3D pourrait permettre de gagner en précision et répondre à l'enjeu d'obtenir un P_R individuel associé à un ELD_R pour avoir des troupeaux de truies plus homogènes.

REMERCIEMENTS

Ce projet est financé par INRAE et l'IFIP dans le cadre de l'UMT DigiPorc, à travers la bourse de thèse de Clément RIBAS. La phase expérimentale pour les truies du CIRI a été financée par le projet SOMOVE (N°7376619) dans le cadre de l'appel à projets CASDAR Connaissances 2022. Les auteurs remercient les équipes techniques des deux élevages expérimentaux pour les soins et suivi des animaux ainsi que l'entretien du matériel connecté lors du déroulement de l'étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bergsma R., Lei H., Yang C., Knol E.F., 2024. Sow weight development: A pragmatic approach to crossbred and selection populations. *J. Anim. Sci.*, 102, 45-46.
- Brossard L., Marcon M., Dourmad J.-Y., van Milgen J.J., Pomar J., Lopez V., Quiniou N., 2020. Application d'un programme d'alimentation de précision chez le porc en croissance alimenté à volonté : effet sur les performances et l'utilisation des nutriments. *Journées Rech. Porcine*, 52, 111-112.
- Brossard L., Taoussi I., van Milgen J., Dourmad J.Y., 2017. Selection of methods to analyse body weight and feed intake data used as inputs for nutritional models and precision feeding in pigs. *Proc. of 8th European Conference on Precision Livestock Farming*, 574-583. Nantes, France.
- Dourmad J.Y., Étienne M., Noblet J., Causeur D., 1997. Prédiction de la composition chimique des truies reproductrices à partir du poids vif et de l'épaisseur de lard dorsal. *Journées Rech. Porcine*, 29, 255-262.
- Dourmad J.-Y., Gauthier R., Gaillard C., 2021. Évolution des concepts nutritionnels et des méthodes d'alimentation des truies reproductrices : historique et perspectives. *INRAE Prod. Anim.*, 34, 111-126.
- 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: *CABI Books (Eds), Nutritional modelling for pigs and poultry*, 50-61. Wallingford, UK.
- Gaillard C., Gauthier R., Cloutier L., Dourmad J.-Y., 2019. Exploration of individual variability to better predict the nutrient requirements of gestating sows. *J. Anim. Sci.*, 97, 4934-4945.
- Gu Y., Schinckel A.P., Martin T.G., 1992. Growth, development, and carcass composition in five genotypes of swine. *J. Anim. Sci.*, 70, 1719-1729.
- Pomar C., Hauschild L., Zhang G.-H., Pomar J., Lovatto P.A., 2009. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. *R. Bras. Zootec.*, 38, 226-237.
- Le Cozler Y., Allain C., Caillot A., Delouard J.M., Delattre L., Luginbuhl T., Faverdin P., 2019. High-precision scanning system for complete 3D cow body shape imaging and analysis of morphological traits. *Comput. Electron. Agric.*, 157, 447-453.
- Marcon M., Brossard L., Quiniou N., 2015. Precision feeding based on individual daily body weight of group-housed pigs with an automatic feeder developed to allow for restricting feed allowance. *Proc. of 7th European Conference on Precision Livestock Farming*, 592-601. Milan, Italie.
- Quiniou N., 2016. Conséquences de l'hétérogénéité des réserves corporelles de la truie à la fin de la gestation sur le déroulement de la mise bas et les performances de lactation. *Journées Rech. Porcine*, 48, 207-212.
- Quiniou N., 2019. Modélisation de l'évolution moyenne du poids vif après la mise bas selon l'âge chez des truies croisées Large White x Landrace. *Journées Rech. Porcine*, 51, 123-128.
- Quiniou N., 2021. Results of 15 years of precision feeding of hyper prolific gestating sows. *Animals*, 11, 1-13.
- Quiniou N., Brossard L., Marcon M., 2017. Assessment of the dynamic growth of the fattening pigs from body weight measured daily and automatically to elaborate precision feeding strategies. *Proc. of 8th European Conference on Precision Livestock Farming*, 593-602. Nantes, France.
- Robert S., Farmer C., Rushen J., 2000. Manure production of first-litter sows fed a high-fibre diet during gestation. *Can. J. Anim. Sci.*, 80, 737-739.
- Thomas L.L., Gonçalves M.A., Vier C.M., Goodband R.D., Tokach M.D., Woodworth J.C., DeRouchey J.M., 2018. Lessons learned from managing electronic sow feeders and collecting weights of gestating sows housed on a large commercial farm. *J. Swine Health Prod.*, 26, 270-275.
- Xie C., Cang Y., Lou X., Xiao H., Xu X., Li X., Zhou W., 2024. A novel approach based on a modified mask R-CNN for the weight prediction of live pigs. *Artif. Intell. Agric.*, 12, 19-28.
- Zhou Y., Xu T., Cai A., Wu Y., Wei H., Jiang S., Peng J., 2018. Excessive backfat of sows at 109 d of gestation induces lipotoxic placental environment and is associated with declining reproductive performance. *J. Anim. Sci.*, 96, 250-257.