



L'impact de l'alimentation de précision et de la stratégie "bump feeding" en gestation sur les performances, la productivité et la longévité des truies et sur les performances de la progéniture

Mémoire

Carole Pierre

Maîtrise en sciences animales - avec mémoire
Maître ès sciences (M. Sc.)

Québec, Canada

L'impact de l'alimentation de précision et de la stratégie "bump feeding" en gestation sur les performances, la productivité et la longévité des truies et sur les performances de la progéniture

Mémoire

Carole Pierre

Sous la direction de :

Frédéric Guay

RÉSUMÉ DU MÉMOIRE

La méthode d'alimentation en gestation constitue un facteur incontournable de la gestion de la reproduction porcine. Généralement, dans les élevages porcins, les truies sont alimentées avec un seul aliment de composition nutritionnelle fixe pendant toute la gestation, entraînant un manque d'adéquation entre les apports alimentaires et leurs besoins nutritionnels. Ceci se répercute non seulement sur les performances de croissance et reproductives des truies, mais agirait aussi sur les performances zootechniques des porcelets jusqu'à après leur sevrage. Outre l'alimentation, la parité des truies est aussi un facteur important exerçant également des influences considérables sur les truies et leur progéniture. L'objectif de ce projet de recherche était de valider l'impact de l'alimentation de précision (AP) et de la stratégie « bump feeding » (BF) en gestation chez des truies durant leurs parités 1 à 3 sur leurs performances à la mise-bas et au sevrage ainsi que les performances de croissance en post-sevrage de leurs porcelets. Une bande de 135 truies a été suivie de leur première parité jusqu'à leur troisième parité et 100 porcelets issus à chacune de ces trois parités ont été suivis en post-sevrage. Quatre traitements isoénergétiques ont été comparés : deux stratégies d'alimentation à concentration constante en nutriments (0,53 % lysine digestible iléale standardisée (Lys DIS)) dont l'apport en quantité était soit constant (FF ; « Flat feeding ») ou variable (BF avec un apport moindre avant 90 jours de gestation puis plus élevé ensuite) et deux stratégies d'alimentation de précision basées sur le modèle InraPorc appliqué par rang de portée (APP) ou en considérant le poids individuel des truies à la saillie (API). Le gain de poids en gestation (saillie à la mise-bas) a augmenté du rang de portée 1 à 3 et il était plus élevé pour le traitement APP (56,94 kg) comparativement au BF (51,94 kg) avec des valeurs intermédiaires pour les traitements FF et API ($P < 0,036$). L'épaisseur de gras dorsal à la saillie était plus élevée au premier rang de portée comparativement au rang de portées deux et trois ($P < 0,001$), mais n'a pas été modifiée par les traitements. Les meilleures performances à la mise-bas et au sevrage (nés vivants par portée, poids de portée naissance et au sevrage) ont été obtenues chez les truies à leur 3^e parité. Les stratégies alimentaires en gestation ont eu peu d'effets sur les performances à la mise bas et au sevrage des portées. Seulement, le pourcentage de mortalité 24 h-sevrage était globalement plus faible pour le traitement APP et plus élevé pour le traitement API alors que pour les traitements FF et BF, un pourcentage plus élevé était seulement observé en parité trois. Les deux stratégies d'apport énergétique, soit BF et FF, étaient similaires en matière de performances reproductrices à la mise bas et au sevrage, la stratégie FF semblant toutefois mener à de meilleures performances de croissance en post sevrage (meilleur gain, déposition en os et en maigre). Cette étude a donc permis de montrer qu'il ne semble pas être recommandé d'augmenter l'apport en aliment en fin de gestation pour optimiser les performances des truies et de leur progéniture. L'alimentation de précision n'a pas permis d'améliorer les performances reproductives des truies à la mise bas et au sevrage, mais pourrait être efficace à réduire les rejets d'azote et de phosphore dans les lisiers. D'autres études sont toutefois nécessaires pour confirmer ce point.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ DU MÉMOIRE	II
TABLE DES MATIÈRES	III
LISTE DES TABLEAUX	V
LISTE DES FIGURES	VI
LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES, ACRONYMES	VII
DEDICACE	VIII
REMERCIEMENT	IX
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : REVUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS	3
1.1. Alimentation des truies gestantes	3
1.1.1. Besoins nutritionnels et variations chez les truies gestantes	3
1.1.1.1 Besoins en énergie	4
1.1.1.2. Besoins en acides aminés	8
1.2. Les stratégies d'alimentation des truies gestantes	16
1.2.1. Alimentation de précision.....	17
1.2.1.1. Objectif et principe	17
1.2.1.2. Description du modèle et application	18
1.2.1.3. Aspect économique et environnemental de l'alimentation de précision	19
1.2.2. Stratégie « bump feeding », description et méthode	20
1.3. Impact de l'alimentation maternelle sur les performances zootechniques des porcelets	22
1.3.1. Alimentation de la truie gestante et le développement fœtal.....	22
1.3.1.1. Impact sur le développement placentaire et embryonnaire	23
1.3.1.2. Impact sur la croissance fœtale.....	23
1.3.1.3. Impact sur le développement musculaire	24
1.3.1.4. Impact sur le poids à la naissance des porcelets	25
1.3.2. Alimentation de la truie gestante, la survie et la croissance postnatale des porcelets	27
1.3.2.1. Impact sur la survie néonatale des porcelets	27
1.3.2.2. Impact sur la production laitière et la croissance postnatale des porcelets	31
1.3.3. Alimentation de la truie gestante et le développement des porcelets sevrés	33
1.4. Effets de la parité sur les performances de reproduction des truies et le développement des porcelets	33
1.4.1. Effets de la parité et performances de reproduction des truies	34
1.4.2. Effets de la parité et performances des porcelets	35
1.5. Les objectifs de la recherche	36
1.6. Hypothèse	37
CHAPITRE 2 : MATÉRIELS ET MÉTHODE	38
2.1. L'expérience à la maternité de recherche du CDPQ	38
2.1.1. Animaux au CDPQ.....	38
2.1.2. Traitements expérimentaux au CDPQ	40
2.1.2.1 Apport en aliment	40
2.1.2.2 Apport en nutriments	42
2.1.3. Composition des aliments.....	44
2.1.4. Collecte des données au CDPQ	44

2.2. L'expérience à la pouponnière du CRSAD	46
2.2.1. Animaux au CRSAD	46
2.2.2. Traitements alimentaires au CRSAD	46
2.2.3. Prélèvements et collectes de données au CRSAD	46
2.3. Travaux de laboratoires	47
2.3.1. Préparation des échantillons pour l'analyse métabolomique	47
2.3.2. Analyse de métabolomique des échantillons musculaires	48
2.4. Analyses statistiques	49
CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION	50
3.1. Résultats	50
3.1.1. Résultats associés aux truies	50
3.1.1.1. État corporel (poids, épaisseur de gras dorsal et profondeur du muscle) des truies selon leur parité et les traitements alimentaires	50
3.1.1.2. La consommation des truies selon leur parité et les traitements alimentaires	53
3.1.1.3. Les performances de mise bas et croissance des portées des truies selon leur parité et les traitements alimentaires	56
3.1.2. Résultats liés aux porcelets	61
3.1.2.1. La consommation et croissance post-sevrage des porcelets	61
3.1.2.2. Déposition en contenus protéiques, lipidiques et minéral osseux des porcelets	63
3.1.2.3. Résultats métabolomiques chez les porcelets	64
3.2. Discussion	72
3.2.1. Effet sur l'état de chair et l'évolution du poids corporel des truies	72
3.2.2. Effets sur les performances de portée	76
3.2.3. Croissance post-sevrage des porcelets	79
3.2.4. Effets sur les métabolomes chez les porcelets	82
CONCLUSION	85
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	87

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Variation des besoins en lysine des truies en gestation en fonction de la parité	10
Tableau 2: Présentation des besoins quotidiens en calcium et phosphore chez la truie en maternité pendant la gestation	14
Tableau 3: Quantité quotidienne d'aliments distribuée aux truies selon le rang de portée et le stade de gestation.....	41
Tableau 4: Quantité supplémentaire d'aliments distribuée par jour, selon l'état de chair aux truies de parité 1 de la saillie au jour 28 de gestation pour les truies de tous les traitements	41
Tableau 5: Quantité supplémentaire d'aliments distribuée selon l'état de chair, par jour aux truies du jour 28 au jour 50 de gestation pour les truies de tous les traitements	42
Tableau 6: Formulation et composition nutritionnelle des aliments expérimentaux utilisés en gestation	45
Tableau 7: État corporel (poids, épaisseur de gras dorsal et profondeur du muscle) des truies selon leur parité et les traitements alimentaires	52
Tableau 8: État corporel (poids et épaisseur de gras dorsal) des truies en maternité en fonction de l'interaction parité × traitements	53
Tableau 9 : Prise alimentaire des truies en gestation et lactation selon le traitement reçu (FF (flat feeding), BF (bump feeding), APP (alimentation de précision par parité), API (alimentation de précision individuelle)) et la parité	54
Tableau 10: Performances de mise bas et de portée des truies selon leur parité et les traitements alimentaires (flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API))	58
Tableau 11: Mort-nés et mortalité de la naissance au sevrage des porcelets en fonction du traitement alimentaire (flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)) reçue et du rang de portée	59
Tableau 12: Évolution de la consommation moyenne journalière (CMJ), conversion alimentaire et du gain moyen quotidien (GMQ) en post sevrage des porcelets en fonction de la parité et des traitements reçus (flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)) de leur mère.....	62
Tableau 13: Gain en maigre, en gras et minéral osseux chez les porcelets en fonction de la parité et des traitements (flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)) reçu de leur mère.....	64
Tableau 14: Métabolites du métabolisme des unités carbonées chez les porcelets selon la parité et le traitement reçu (flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)) de leur mère en gestation	66
Tableau 15: Métabolite de la carnitine chez les porcelets selon la parité et le traitement reçu (flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)) de leur mère en gestation.....	67
Tableau 16: Métabolites associés à la dégradation du collagène/protéine retrouvés chez les porcelets selon le traitement reçu (flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)) et la parité de leur mère.....	69
Tableau 17: Métabolites associés à la purine et nicotinate chez les porcelets selon traitement reçu (flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)) et la parité de leur mère	72

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Évolution de la consommation journalière pour les trois stratégies de FF, BF et BF+ où la quantité d'aliment distribuée est haussée en fin de gestation	22
Figure 2 : Teneur en Lys digestible iléale standardisé (DIS) des aliments distribués en fonction du traitement alimentaire (TEM : FF, BF pour toutes les parités, Alimentation de précision parité 1, 2 et 3), du jour en gestation et de la parité de la truie.....	43
Figure 3: Teneur en Lys digestible iléale standardisé (DIS) des aliments distribués en fonction, du jour en gestation et de la parité de la truie pour le traitement Alimentation de précision individuelle (API).....	43
Figure 4: Consommation alimentaire de la saillie au jour 28 de gestation pour les truies des parités 1 à 3 pour tous les traitements flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API).....	55
Figure 5: Consommation alimentaire du jour 28 au jour 110 de gestation pour les truies des parités 1 à 3 pour tous les traitements flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API).....	55
Figure 6: Présentation du a) pourcentage de mort nés ; b) pourcentage de mortalité naissance 24 h et c) 24 hau sevrage chez les truies en fonction de la parité (1, 2 et 3) et du traitement alimentaire (flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)).	60
Figure 7: Interaction entre la parité de la truie et leur traitement alimentaire en gestation ((flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)) sur le poids au sevrage des porcelets ($P < 0,001$).....	63
Figure 8: Interaction entre la parité de la truie et leur traitement alimentaire (flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)) en gestation sur le 3-Méthyl-histidine chez les porcelets à 42 jours post-sevrage ($P=0,040$).....	70
Figure 9: Interaction entre la parité de la truie et leur traitement alimentaire (flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)) en gestation sur la créatine chez les porcelets à 42 jours post-sevrage ($P=0,012$).....	71

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES, ACRONYMES

AP	: Alimentation de précision
API	: Alimentation de précision individuelle
APP	: Alimentation de précision par parité
BF	: Bump feeding
CA	: Conversion alimentaire
CDPQ	: Centre de développement du porc du Québec
CJ	: Consommation journalière
CMQ	: Consommation moyenne quotidienne
CRSAD	: Centre de recherche en sciences animales de Deschambault
ED	: Énergie digestible
EM	: Énergie métabolisable
EN	: Énergie nette
EPQ :	: Éleveurs de Porcs du Québec
FF	: Flat feeding
FGCAQ	: Fédération des groupes conseils agricoles du Québec
GE _{gaz}	: Énergie gazeuse
GE _{urine}	: Énergie urinaire
GMQ	: Gain moyen quotidien
kJ	: Kilojoules
Lys DIG	: Lysine digestible
MAPAQ :	: Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MB	: Mise bas
Mcal	: méga calorie
MJ	: Mégajoules
NRC	: National Research Council
PV	: Poids vif
RCIU	: Retard de croissance intra-utérin
RN	: Rétention d'azote
SEM	: Erreur standard à la moyenne
TCI	: Température critique inférieure

DEDICACE

Avec l'expression de ma gratitude, j'ai le plaisir de dédier ce travail marquant de ma vie à :

Mon époux qui m'a tant soutenu et encouragé dans ce projet.

Mes deux fils qui ont été l'objet de mes motivations.

Mes respectueux parents qui m'ont fourni une éducation digne ainsi que mes frères et sœurs.

Tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

REMERCIEMENT

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon projet et qui m'ont aidée lors de la rédaction de ce mémoire.

Dans un premier temps, je voudrais remercier d'une façon spéciale, mon directeur de mémoire M. Frédéric Guay, Professeur agrégé du département des sciences animales de l'Université Laval, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion. Et pour tout son soutien durant mon parcours aux cycles supérieurs.

Merci à toute l'équipe pédagogique de l'Université Laval, au personnel de laboratoire de la Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation ainsi qu'aux professionnels de recherche du département des sciences animales, Annick, Mylène, Luca et Rachel dont leur aide était très précieuse.

Merci aux bailleurs de fonds, en l'occurrence le Programme Innov'Action Agroalimentaire, en vertu du Partenariat canadien pour l'agriculture, entente conclue entre les gouvernements du Canada et du Québec, Mitacs Accélération ainsi que le Centre de développement du porc du Québec, METEX Noovistago, Avantis Coopérative et le Centre de recherche en sciences animales de Deschambault qui ont financé cette recherche.

Je remercie également le personnel de recherche et technicien (ne) s animalier (ère)s du CDPQ et du CRSAD sans leur aide je n'aurais pas pu réaliser les expériences de recherche.

Un merci spécial à Lucie Galiot qui était la principale planificatrice et ma conseillère pour la réalisation des travaux de terrain.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à mon époux Fontescony Joseph dont son soutien moral et financier m'a été d'une grande aide dans la réalisation de ce projet.

Je remercie mes très chers parents, M. et Mme Ilrick Pierre et mes frères et sœurs pour leurs encouragements.

Mes sincères remerciements à tous mes amis et compatriotes d'Haïti qui m'ont facilité la tâche étudiant parent en m'assurant la garde des enfants lors des sorties de terrain et la rédaction de ce mémoire. Votre aide n'a pas de prix.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

INTRODUCTION

Au Québec, l'élevage porcin représente une activité économique de grande importance. Il est le 2^e secteur agroalimentaire en importance au Québec. La filière porcine génère des retombées économiques sous forme de valeurs ajoutées et procure 28 000 emplois (MAPAQ, 2021). On trouve 1 700 fermes réparties dans toutes les régions du Québec qui regroupent 2 735 éleveurs travaillant à offrir une viande de qualité (les éleveurs de Porcs du Québec, 2022). Le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ, 2021) indique que la production de viande porcine venant du Québec comble environ 30 % de la production canadienne. Aussi, le Québec est le plus important exportateur de viande de porc du Canada. Il a fourni 43 % des exportations canadiennes de viande de porc, ce qui représente 1,8 milliard de dollars quant à la valeur des exportations.

Par conséquent, motivés par cette valeur économique, tous les producteurs de porcs orientent leur vision vers l'acquisition d'une meilleure rentabilité de leurs activités d'élevage. Ils cherchent donc à cerner tous les paramètres techniques de production et à développer des stratégies innovantes pouvant conduire à une meilleure productivité. En réalité, l'amélioration de la production des animaux passe généralement par l'amélioration génétique et la maîtrise de la santé du bétail, mais aussi pour beaucoup par l'alimentation des animaux. La rentabilité recherchée est déterminée par la productivité de l'animal et son état sanitaire, qui sont tous les deux conditionnés par la maîtrise de son alimentation, contrôlant également l'expression de son potentiel génétique (Klein et al, 2014).

Dans les élevages porcins, la rentabilité économique est largement dépendante de l'efficacité alimentaire, en raison de la contribution prédominante de l'alimentation au coût de production, et des performances de reproduction qui conditionnent le nombre de porcs produits par truie par an. À titre d'exemple, les dépenses liées à l'achat d'aliments représentent entre 50 et 60 % du coût de production des entreprises porcines québécoises (FGCAQ, 2006). L'optimisation des stratégies d'alimentation des truies nécessite donc de considérer simultanément le coût annuel de leur alimentation et leurs performances de reproduction en termes de nombre de porcelets sevrés par an. Les stratégies alimentaires doivent donc s'adapter continuellement à l'évolution des performances de reproduction des

truies, ce qui implique de prendre en compte les effets à court et à long terme de la nutrition et l'alimentation sur la prolificité, la fertilité et la longévité des truies, ainsi que sur la survie et la croissance des porcelets jusqu'au post-sevrage (Dourmad et *al*, 2021a).

Ainsi, au cours de ces dernières années l'amélioration des stratégies d'alimentation des truies en gestation a été priorisée dans les travaux de recherches, pour plus de durabilité. Ces nouvelles stratégies et changements sont amenées par le contexte économique, l'élevage en groupe qui amène de nouveaux équipements d'alimentation performants. De nombreuses connaissances scientifiques ont été produites et permettent une approche holistique de l'alimentation. La stratégie du « bump feeding » (BF) qui consiste à augmenter les apports en quantité d'aliments à la fin de la gestation afin de pallier l'augmentation des besoins nutritionnels à ce stade a été largement implantée depuis plusieurs années par les éleveurs de porcs commerciaux en raison de sa simplicité. L'alimentation de précision (AP), soit le mélange en proportions variables de deux aliments, l'un riche et l'autre pauvre en nutriments, permettrait de mieux alimenter les truies selon leurs caractéristiques individuelles (Dourmad et *al*, 2021a). À l'aide d'une approche expérimentale basée sur des données réelles, l'objectif de ce présent travail est donc de valider l'impact de l'AP et de la stratégie BF selon la parité des truies sur leurs performances ainsi que les performances de croissance en post-sevrage des porcelets. Il est attendu que, par rapport au FF ou à un aliment unique, l'AP et la stratégie de BF améliorent les performances des truies à la mise bas et au sevrage ainsi que les performances de leurs progénitures après le sevrage.

CHAPITRE 1 : REVUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS

1.1. Alimentation des truies gestantes

Dans l'élevage porcin, les besoins nutritionnels des truies en gestation sont très variables entre elles en fonction du stade de gestation et de la taille de la portée (Dourmad et *al*, 2018). Souvent en fin de gestation, on observe une forte augmentation des besoins en énergie, en acides aminés et en minéraux (Étienne, 1991a ; Dourmad et Étienne, 2002 ; Jondreville et Dourmad, 2005). Par ailleurs, ces besoins varient aussi selon les caractéristiques individuelles des truies telles que leur poids, leur état de chair, leur génétique, etc. (Pettigrew et Yang, 1997 ; Pomar et al., 2003). Cependant, dans la majorité des cas, les truies en gestation sont alimentées avec un aliment unique dont la composition nutritionnelle est constante pour toute de la durée de la gestation et identique pour l'ensemble des truies. Ce manque d'adéquation entre les apports alimentaires et les besoins des truies en gestation occasionne de grandes fluctuations de leurs réserves corporelles, qui se répercuteraient sur les performances reproductrices et la longévité des truies (Dourmad et al., 1994 ; Ball et al., 2008). À titre d'exemple, l'âge des truies influence de façon importante les besoins nutritionnels de ces dernières. En effet, les jeunes à la première et seconde mise-bas, continuent de croître en plus d'être gestantes alors que les truies de parité 3 et plus ont atteint leur poids à maturité, ce qui signifie que les jeunes truies ont non seulement des besoins d'entretien et de gestation, mais également des besoins pour leur croissance. De plus, les besoins nutritionnels de l'ensemble des truies varient en fonction du stade de gestation. Les besoins en fin de gestation sont beaucoup plus importants qu'en début de gestation en raison de la croissance plus rapide de la portée à ce moment (NRC, 2012 ; Moehn et Ball, 2013).

1.1.1. Besoins nutritionnels et variations chez les truies gestantes

La production porcine moderne vise la maximisation des performances reproductives des truies. Elle tient à s'assurer que le nombre de porcelets qu'une truie produit par portée, par an ou au cours de sa vie soit optimal. C'est pourquoi, au cours des dernières années, la sélection de truies hyperprolififiques avec des performances reproductives a fortement progressé. Aujourd'hui, le secteur porcin se base sur des truies modernes caractérisées par une haute prolificité. Selon ce que rapporte Calvar et Badouard (2015), la taille de portée a augmenté de 0,9 nés totaux et de 0,8 porcelet sevré en 10 ans pour atteindre 11,7 sevrés en

2014. En Europe, au cours des 40 dernières années, les performances de reproduction des truies se sont très fortement accrues avec une augmentation de la prolificité (+ 38 %) à la naissance entre 1980 et 2016, d'où un nombre de nés totaux qui est passé de 10,7 à 16,8 au cours de cette période (Dourmad et al, 2021b). Par conséquent, cette amélioration de performance a fortement affecté les besoins nutritionnels des truies reproductrices et constitue donc l'un des principaux moteurs de leur évolution nutritive.

En effet, l'accroissement de la prolificité des truies influence grandement leurs besoins en éléments nutritifs. D'abord, au cours de la gestation, les besoins pour la croissance des fœtus s'accroissent de façon exponentielle au-delà de 85 jours de gestation, ainsi que les besoins d'entretien liés à l'accroissement de leur poids à maturité. Il faut noter qu'environ trois quarts des besoins en gestation sont consacrés à l'entretien (Thomas et Calvar, 2016). Durant la lactation, on assiste à un accroissement de la production laitière qui augmente aussi les besoins nutritionnels (Dourmad et al, 2021b). Ngo et al. (2012) ont montré que la production laitière moyenne s'accroît d'environ 0,75 kg/j par porcelet supplémentaire. Ainsi, pour maintenir la continuité de ces performances reproductives chez les truies, la nutrition efficace par la bonne maîtrise de leurs besoins en différents éléments nutritifs et leur mode de conduite pendant la gestation sont cruciaux.

1.1.1.1 Besoins en énergie

Pendant la gestation, l'objectif principal est de nourrir de façon efficace la truie afin de s'assurer d'une taille de portée satisfaisante avec des porcelets de qualité, d'une augmentation spécifique du poids corporel et de l'épaisseur dorsal des truies, ainsi que de l'obtention de l'état corporel requis à la mise bas. En général, la quantité d'aliments fournie aux truies au cours de cette phase est basée sur leurs besoins énergétiques et sur la teneur énergétique de l'aliment. Toutefois, l'adaptation du niveau d'alimentation et de la composition de l'aliment doit toujours se faire en fonction des performances réelles de l'animal et des conditions de logement (Dourmad et al, 2002).

Chez la truie gestante, les besoins totaux en énergie s'obtiennent par l'addition des besoins pour l'entretien, le gain maternel, le dépôt des contenus utérins ainsi que la croissance fœtale

(NRC, 1998 ; Dourmad et al, 2001). Dourmad et al. (2001) ont proposé un calcul factoriel permettant de déterminer les besoins énergétiques pour la gestation. Pour la truie reproductrice, contrairement aux porcs en croissance, le concept général d'énergie métabolisable (EM) est utilisé (Dourmad et al, 2005). Il s'agit de l'énergie digestible à laquelle on soustrait les pertes d'énergie urinaires et les pertes d'énergie gazeuses ($EM = ED - GE_{urine} - GE_{gaz}$). C'est cette énergie qui sert à répondre à l'ensemble des besoins énergétiques (entretien, croissance, reproduction) existant chez la truie gestante (Gaillard et al, 2019). Le besoin énergétique total de la truie en gestation calculé par Dourmad et al. (2001) s'élève en moyenne à environ 34,05 MJ EM/j. Il se calcule par la première l'équation proposée par Dourmad et al (2008 et 2018) :

$$EM = EM_m + ER_c / k_c + ER_m / k_m$$

EM_m : EM pour l'entretien

ER_c : Énergie retenue dans les conceptus

ER_m: Énergie retenue dans les tissus maternels

k_c = 0,50 Efficacité de l'EM pour la déposition dans les conceptus

k_m = 0,77 Efficacité de l'EM pour la rétention maternelle

➤ **Besoins énergétiques pour l'entretien**

La dépense énergétique d'entretien correspond d'abord à la somme de la production de chaleur à jeun et de l'extrachaleur d'utilisation de l'aliment ingéré en conditions de thermoneutralité. S'y ajoutent une dépense d'énergie liée à l'activité physique et, en fonction des conditions d'environnement, des dépenses de thermorégulation (Noblet et al, 1994). Pendant la gestation, les besoins d'entretien représentent 75 à 85 % des besoins totaux et sont fortement influencés par la température ambiante et l'activité des animaux (Noblet et al, 1990). Noblet et al. (1990) indiquent qu'en conditions de thermoneutralité et d'activité physique modérée les besoins énergétiques d'entretien (EM_e) varient entre 420 et 440 kJ EM/kg PV^{0,75} par jour. Des valeurs similaires sont suggérées qu'ils s'agissent de truies primipares ou multipares. À cet effet, les besoins énergétiques sont fixés à une valeur unique, quel que soit le stade de gestation ou le numéro de portée, soit 440 kJ EM/kg PV^{0,75} par jour incluant une moyenne de 240 min/j de temps passé debout. En utilisant un coefficient d'ajustement de 0,30 kJ kg PV^{-0,75} min⁻¹, cette valeur d'activité physique peut être adaptée

pour prendre en compte des situations différentes où la truie est plus active (Dourmad et al, 2005).

Comme mentionné précédemment, les dépenses énergétiques au cours de la gestation sont grandement influencées par la température ambiante et l'activité de la truie (position debout ou autres), mais également par les conditions de logement (individuel ou en groupe). Par exemple, pour les truies en logement individuel, au-dessous de la température critique inférieure (TCI), située à 20°C, la production de chaleur augmente de 15 à 18 kJ kg PV^{-0,75} °C⁻¹ alors que pour des truies logées en groupe, à une TCI inférieure à 14°C, la production de chaleur augmente de 8 à 10 kJ kg PV^{-0,75} °C⁻¹ (Dourmad et al, 2001 ; 2005).

➤ **Besoins énergétiques pour le gain maternel**

Pendant la gestation, les besoins pour le dépôt d'énergie dans les tissus maternels sont fonction de l'importance et de la composition chimique du gain de poids envisagé (Noblet et Étienne, 1987). En raison de la mobilisation habituelle des réserves corporelles au cours de l'allaitement précédent et l'atteinte progressive du poids adulte, en plus de la croissance fœtale, la prise de poids maternelle doit augmenter pendant la gestation (Noblet et al, 1997). Au cours de cette phase, les apports alimentaires doivent donc permettre l'accrétion de protéines et de lipides dans les tissus maternels afin de compenser les pertes associées à la lactation précédente et de constituer des réserves corporelles pour la lactation suivante (Dourmad et al, 2005). Cependant, il faut veiller à ce que ces réserves ne soient pas excessives afin d'éviter des problèmes lors de mises bas des truies trop grasses ou de nuire à la prise alimentaire après la mise-bas. Durant la lactation, les réserves corporelles doivent être adaptées pour optimiser les performances reproductives de la truie. Il est donc recommandé de bien adapter les apports alimentaires aux besoins nutritionnels afin de maximiser la production laitière et la croissance des porcelets, et de minimiser les problèmes de reproduction des truies après le sevrage (Dourmad et al, 2008). À travers la méthode factorielle, les besoins énergétiques de la truie pour le gain maternel (B_M) peuvent être déterminés en fonction d'un objectif de gain de poids vif et d'épaisseur dorsal. Noblet et al (1990) ont proposé la méthode de calcul des besoins énergétiques journaliers pour le gain maternel par l'équation suivante :

$$B_M = [TE_{\text{mise-bas}} - TE_{\text{saillie}} / (\text{durée de gestation} \times 0.77)].$$

$TE_{\text{mise-bas}}$: Contenu énergétique corporel à la mise bas

TE_{saillie} : Contenu énergétique corporel à la saillie

0,77 : Efficacité de conversion de l'énergie métabolisable en énergie retenue.

En fait dans l'alimentation des truies en gestation, il est très important d'adapter le niveau d'apport énergétique à la quantité de réserves corporelles à constituer. Le gain de poids maternel atteint pendant la gestation dépend de la composition et de l'importance de la perte de poids au cours de la lactation précédente, et de la stratégie alimentaire utilisée pour atteindre les objectifs de poids vif et d'adiposité selon les parités successives (Dourmad et al 2008).

De nombreux travaux de recherches ont mis en évidence qu'il existait une relation étroite entre les apports énergétiques et le gain de poids chez la truie. Cependant, dans le cas des résultats d'expériences dans lesquelles l'apport énergétique augmentait jusqu'à 40 MJ ME/j l'existence de cette relation linéaire n'a pas été aussi bien démontrée chez les cochettes gestantes et des truies multipares (parité 4 en moyenne) proches du poids vif à maturité (Dourmad et al., 2008).

Pendant la gestation, il a été démontré dans les recherches le gain de poids est plus importants à deux moments : un mois après la saillie et lors de la deuxième moitié de la gestation. Une augmentation des apports énergétiques pendant ces périodes entraîne un accroissement de la masse corporelle de la truie par l'accumulation de protéines et d'énergie dans les tissus maternels (Étienne et al., 1991b). Noblet et al. (1997) indiquent que dans le cas d'une truie primipare, pour un gain maternel de gestation de 30 kg, on peut retenir une teneur en énergie moyenne de 16,5 à 18,5 MJ par kg de gain maternel.

Concernant l'épaisseur de gras dorsal, contrairement aux porcs en croissance/ finition, son augmentation est nécessaire pour les truies reproductrices. Un niveau optimal de gras dorsal peut être bénéfique pour la truie au début de la puberté ainsi que pour ses futures performances reproductives (Knecht et al., 2020). Une épaisseur de gras dorsal suffisante doit

être garantie à un âge et un poids optimal pour les cochettes modernes de génotype maigre, afin de maximiser leurs performances reproductrices de la truie tout au long de sa vie (Theil et al, 2022). Plus la truie doit reprendre du poids et de l'épaisseur de gras dorsal pour atteindre les objectifs d'état de chair à la mise bas, plus l'apport d'aliment devrait être élevé. La ration doit donc être augmentée quand la truie aura à constituer plus de réserve pendant la gestion, comme c'est le cas pour certaines truies après une lactation difficile. Dans ce cas, l'apport alimentaire sera principalement haussé en début de gestation afin de profiter de ce moment où la déposition dans ses tissus musculaires et adipeux est favorisée. Cette hausse permettra alors de rétablir plus efficacement l'état de chair et le poids de la truie. Cette augmentation doit toutefois être bien estimée afin de ne pas mener à un surengraissement de la truie. C'est pourquoi les apports alimentaires doivent être raisonnés de façon à se situer le plus près des besoins des animaux (Quiniou, 2014).

➤ **Besoin énergétique pour la croissance fœtale**

Les besoins énergétiques pour la croissance des fœtus dépendent essentiellement de la taille de la portée (Noblet et al, 1997). La croissance fœtale est non seulement fonction de la taille de la portée, mais aussi en fonction du stade de gestation. Durant le premier tiers de la gestation, la croissance des fœtus est très faible au bénéfice de l'accroissement de la masse corporelle de la truie. C'est pendant les 30 derniers jours de gestation que les 2/3 de la croissance fœtale ou du dépôt d'énergie dans l'utérus vont être réalisés (Dourmad et al, 2005 ; 2008). Les résultats des travaux de synthèse de Noblet et al (1985) ont montré que l'énergie totale et les protéines déposées dans l'utérus pendant la gestation (fœtus + placentas + fluides) correspondent en moyenne à un dépôt de 4,9 MJ d'énergie et 150 g de protéines par kilogramme de fœtus à la mise bas. L'efficacité marginale d'utilisation de l'énergie métabolisable a été estimée à 0,50 pour la croissance utérine/fœtale.

1.1.1.2. Besoins en acides aminés

Vu la variabilité de la répartition des besoins nutritionnels durant le cycle de reproduction chez la truie, l'apport alimentaire doit alors servir à répondre aux exigences nutritionnelles de la truie pour éviter qu'elle aille puiser dans ses réserves corporelles. En cas de déficit

alimentaire, la truie en maternité ne mobilise pas uniquement ses réserves de gras corporel, mais aussi mobilise dans ses tissus musculaires qui sont un fournisseur d'acides aminés et dans une moindre mesure d'énergie (Quiniou et al. 2005). La truie a donc des besoins spécifiques en acides aminés durant sa gestation. Il faut aussi noter que les truies d'aujourd'hui sont beaucoup plus musculaires et efficace, ce qui explique l'importance de bien connaître leur besoin en en acides aminés pour un apport suffisant. Les besoins maternels en acides aminés couvrent la croissance des tissus maigres ainsi que la croissance de l'utérus/fœtus (Walker et Young, 1992). Parmi les acides aminés, il en existe une dizaine dit, acides aminés essentiels ou indispensables, que le porc n'est pas capable de synthétiser. Dans la ration alimentaire des truies en maternité, les acides aminés essentiels ne doivent pas être limitants. Il est toujours important qu'ils soient présents en quantité suffisante pour ne pas réduire la synthèse et la déposition de nouvelles protéines (Lemoine et Calvar, 2016).

La lysine est le premier acide aminé limitant chez le porc nourries avec un aliment composé de céréales et de tourteaux (Lemoine et Calvar, 2016). Quand les besoins en lysine des animaux sont connus, les besoins en autres acides aminés essentiels peuvent être calculés sur la base du principe de « la protéine idéale » ou du ratio idéal. Aujourd'hui, les calculs modernes basés pour la plupart sur des modèles montrent que les besoins en acides aminés changent non seulement en fonction de la phase de gestation, mais aussi en fonction de la parité de la truie. En théorie, plus la taille de la portée est grande, plus les besoins en acides aminés pendant la gestation seront élevés (Dourmad et al, 2018). Au-delà des besoins en lysine pour la croissance, Feyera et al. (2017) ont présenté la répartition de l'utilisation de la lysine digestible durant les 12 derniers jours de gestation comme suit : oxydation/transamination (29,5 %), croissance fœtale (22,7 %), croissance mammaire (16,8 %), production de colostrum (16,1 %), l'entretien (10,4%) et le développement des composantes utérines (4,5 %). Selon Dourmad et al. (2018), pour la gestation, les besoins totaux en lysine digestible (g/j) se calculent par cette équation :

$$\text{Lys DIG} = 0,036 \times \text{PV}^{-0,75} + (6,25 \text{ NR} \times 0,065) / 0,65.$$

NR : Azote total retenu par la truie

Le tableau suivant présente une évaluation des besoins en lysine des truies selon la parité, qui a été proposé par Dourmad et al. (2008). Ses calculs sont basés sur un troupeau ayant une productivité moyenne de 25 porcelets sevrés par truie et par an, avec des truies de 270 kg.

Tableau 1: Variation des besoins en lysine des truies en gestation en fonction de la parité

Parité	1	2	3	4	5	6
Besoin en lysine digestible, g/j	13.5	12.9	12.2	11.8	11.6	11.4
Besoin en lysine digestible, g/kg d'aliment (régime contenant 12,7 MJ ME/kg)	5.14	4.41	4.16	4.11	4.06	4.03

Adapté de Dourmad et al. (2008) pour des truies avec 25 porcelets sevrés par truie par an

➤ **Besoins en lysine pour l'entretien**

La quantité de lysine requise pour l'entretien est plutôt faible par rapport à celle requise pour la croissance des tissus reproducteurs (Feyera et al, 2017). L'étude de ces derniers auteurs a démontré que durant les deux dernières semaines de gestation, les besoins en lysine pour l'entretien représentaient 10,4 % des besoins totaux en lysine chez la truie. Dans le travail de Gaillard et al. (2019), les besoins d'entretien en acides aminés ont été calculés comme la somme de la desquamation (peau et soies), du renouvellement minimum en protéines corporelles, et des pertes intestinales endogènes basales.

➤ **Besoins en lysine pour gain maternel**

Les besoins en lysine chez les truies gestantes ont été clarifiés par plusieurs études en quantifiant la rétention d'azote à l'aide du bilan azoté (Theil et al 2022). Dans le travail de Dourmad et al. (2008), la quantité d'énergie déposée sous forme de protéines dans les tissus maternels se calcule à partir de la rétention d'azote (RN). Il a été démontré que lorsque l'apport alimentaire en acides aminés est inférieur à l'exigence de rétention maximale, la rétention azotée augmente linéairement avec l'apport en acides aminés jusqu'à ce qu'il atteigne la rétention maximale, qui dépend du stade de gestation, de l'apport énergétique, de

la taille de la portée et du nombre de parités. Dourmad et Étienne (2002) ont mesuré la réponse de la rétention de lysine à l'apport en lysine digestible durant cette phase et ont trouvé une efficacité d'utilisation allant de 65 à 67 % de la lysine digestible ingérée.

Le taux de croissance des cochettes gestantes est grandement influencé par l'apport en protéines et en lysine. Cia et al. (1998) ont observé une diminution du taux de croissance des cochettes avec la réduction de l'apport quotidien en protéine brute et en lysine. Il a été constaté qu'en diluant un régime alimentaire pour obtenir un rapport lysine/énergie inférieur à un rapport recommandé, on observait une augmentation de l'épaisseur de gras dorsal et une diminution drastique du gain moyen quotidien, probablement associée à une réduction de l'accrétion protéique.

➤ **Besoin en lysine pour la croissance fœtale**

Chez les truies en reproduction, les besoins en lysine augmentent avec la progression de la gestation dû à l'évolution de la croissance fœtale (Theil, 2022). L'étude de Gaillard et al (2019) a montré que, pendant la gestation les besoins en acides aminés augmentent au cours des 6 premières semaines, puis plafonnent jusqu'à la semaine 10. Par la suite, ils augmentent de nouveau plus fortement jusqu'à la fin de la période de gestation. Ils ont rapporté que jusqu'à la 10^e semaine de gestation, entre 2,2 et 3,0 g de lysine digestible par kg d'aliment répondaient aux besoins de 75 % des truies, et 50 % des besoins en acides aminés des truies sont satisfaits entre 2,0 et 2,7 g/kg. Entre la semaine 10 et la fin de la période de gestation la lysine digestive nécessaire pour répondre aux besoins de 75 % des truies passe de 3,0 à 5,4 g lysine digestible par kg d'aliment. Un autre travail de recherche mené par Ramirez-Camba et al. (2020) a révélé que l'efficacité maximale d'utilisation de lysine était atteinte chez les cochettes gravides à 7,2, 9,1 et 13,5 g de lysine digestible/jour en début, milieu et fin de gestation, respectivement. Une rétention maximale de lysine était aussi obtenue avec un apport de lysine plus élevé, à savoir à 8,5, 10,5 et 20,9 g de lysine digestible/jour au début, au milieu et à la fin de la gestation, respectivement. Enfin, Shi et al. (2015) ont signalé des besoins lysine digestible de 14 g/jour, du jour 0 à 80 de gestation et de 21 g/jour de 81 jours

de la gestation jusqu'à la mise bas en raison de l'augmentation de la croissance mammaire et fœtale en fin de gestation.

Il faut aussi mentionner que les besoins quotidiens en acides aminés augmentent pendant la gestation et que cette hausse varie avec la parité. Gaillard et al. (2019) ont montré une augmentation moyenne de +4,69, +5,18, +5,66 g de lysine digestive/j pour la parité 1, 2 et 3+, respectivement, lors du passage de 30 à 110 j de gestation. Dourmad et al. (2005) indiquent également que pendant la gestation, les besoins en acides aminés par kg d'aliment sont plus élevés pour les truies de première et de deuxième parité. Cela s'explique principalement par une consommation alimentaire plus faible et une croissance maternelle plus élevée chez ces dernières.

En somme, nous venons de voir précédemment, tout comme les besoins en énergie pendant la gestation, que les besoins en acides aminés ne sont pas constants chez la truie. Ils augmentent au fur et à mesure que la gestation avance. Cette augmentation de la demande en fin de gestation est due à un changement dans les besoins pour la croissance des tissus maigres maternels en début de gestation, à la croissance fœtale et la croissance mammaire en fin de gestation (McPherson et al, 2004). Bien que l'apport en aliment soit haussé en fin de gestation dans certaines pratiques de gestion des truies en gestation, la variation des besoins en lysine pendant la gestation montre donc l'importance d'un ajustement de la teneur en acides aminés de la ration, en utilisant au moins un aliment différent dans le dernier tiers de cette gestation, au lieu d'un seul aliment pendant toute la période de gestation.

1.1.1.3. Besoins en minéraux

En matière de besoins nutritionnels chez la truie, les recherches se sont concentrées particulièrement sur les besoins en acides aminés et énergie. Rares sont celles qui se concentrent sur l'étude des besoins en minéraux (Quiniou et al, 2019). Or, les minéraux, principalement le calcium et le phosphore, jouent des rôles importants chez l'animal étant impliqués dans de nombreuses fonctions métaboliques et physiologiques essentielles. Ils sont indispensables au développement et à l'entretien du squelette et influencent les performances

reproductives de la truie (Pointillart, 1984 ; Bikker et Block, 2017). Les besoins en minéraux chez la truie varient durant le cycle de reproduction, étant plus élevés en fin de gestation et en lactation qu'au début de la gestation. Les minéraux servent à la formation du conceptus, à la production laitière, à la croissance et à l'entretien. Des apports en minéraux insuffisants peuvent prolonger la durée de la parturition, augmenter le nombre de mortinatalités et entraîner des problèmes squelettiques (Mahan, 1990).

Les apports en minéraux jouent un rôle important, notamment dans la prévention de la boiterie qui est l'un des indicateurs de santé retenus récemment dans l'outil pratique d'évaluation du bien-être en élevage des porcs (Courboulay et al, 2019). Chez la truie, les problèmes de boiterie pénalisent la longévité et augmentent le taux de pertes des porcelets en maternité (Riet et al, 2013). Ainsi, en guise de prévention aux différents problèmes liés aux carences minérales, la couverture des besoins en minéraux doit être prise en charge dans l'élevage porcin, spécifiquement les truies en maternité.

➤ **Le phosphore et le calcium dans l'alimentation des truies**

Une alimentation adéquate en minéraux doit permettre de couvrir les besoins en calcium et phosphore durant toute la vie de la truie. Bien que ces besoins augmentent avec les performances, il faut optimiser les apports pour prendre en compte les aspects économiques (coût élevé des sources minérales dans l'aliment) et environnementaux (raréfaction des réserves naturelles en phosphore ; impacts des rejets en minéraux dans l'environnement) (Quiniou et al, 2021).

Chez le porc, 99 % du calcium et 75 % du phosphore de l'organisme sont stockés dans l'os (Quiniou et al, 2021). En matière de réserve et de mobilisation du calcium, si le niveau de réserve est adéquat, 15 à 20 % du calcium osseux peut être mobilisés en situation de carence pendant la lactation. Si la mobilisation est insuffisante, on aboutira à une diminution de la production laitière (Nimmo et al, 1981 ; Jondreville et Dourmad, 2005). Dans un travail mené sur la modélisation du besoin en calcium de la truie reproductrice et de la variation du rapport phosphocalcique des aliments selon le niveau de performances, Quiniou et al (2021) ont proposé des modèles de calculs factoriels des besoins nutritionnels chez les truies. Dans le

cas du phosphore et du calcium, ils ont considéré des flux exprimés en éléments digestifs, dont : i) les dépenses d'entretien ; ii) les dépenses de production, à savoir, selon le stade physiologique, le développement des contenus utérins et la production de lait ; et iii) les dépenses associées à la constitution de réserves corporelles. Dourmad et al (2021b) ont aussi indiqué que la détermination factorielle des besoins en minéraux des truies est généralement basée sur leur rétention corporelle, à laquelle s'ajoutent les besoins d'entretien, les besoins de croissance utérine/fœtale et les besoins de la production laitière. Gaillard et al. (2019) ont montré que la détermination des besoins en phosphore total digestible et en calcium s'obtient par l'addition des besoins pour l'entretien, la croissance du conceptus (fœtus et placenta) et les réserves corporelles maternelles. Ainsi :

- Les besoins d'entretien s'élèvent à 7 et 10 mg/kg de poids corporel pour le phosphore et le calcium, respectivement (Bikker et Blok, 2017) ;
- Pour le fœtus, la rétention du phosphore dans le placenta serait proportionnelle à la rétention des protéines en considérant un rapport phosphore/protéine de 0,96 (Jondreville et Dourmad, 2005 ;
- Pour les réserves corporelles maternelles, les besoins en phosphore se déterminent en fonction du gain de poids et de sa teneur en phosphore. Une efficacité de 98 % de phosphore total digestible est utilisée pour la rétention du phosphore (Bikker et Blok, 2017) ;
- Et dans les tissus maternels et du conceptus, la rétention de calcium se calcule en fonction de la rétention de phosphore basée sur un rapport calcium/phosphore de 1,76 et 1,65 respectivement (Bikker et Blok, 2017).

En résumé, les besoins en calcium et phosphore sont ainsi présentés au tableau suivant (tableau 2).

Tableau 2: Présentation des besoins quotidiens en calcium et phosphore chez la truie en maternité pendant la gestation

Type de besoin	Prédiction
Besoin d'entretien (g/j)	Phosphore : 6 mg/kg poids corporel par jour Calcium: 8 mg/kg poids corporel

	Correspond aux pertes fécales et urinaires
Dépôt maternel	5,5 g de phosphore par kg de gain de poids de la truie avec un ratio calcium/phosphore de 1,75
Dépôt placentaire	16 mg de phosphore par g de protéines placentaires et un ratio calcium/phosphore de 0,80
Dépôt fœtal	Phosphore: 6,2 g/kg/j Calcium: 11,0 g/kg/j

(Adapté des données de Jongbloed et al. (2003) ; Guéguen et Pérez (1981) ; Bikker et Blok, (2017) ; Quiniou et al. (2021)

Parlant du phosphore et du calcium dans l'alimentation des porcs, une chose importante à toujours prendre en compte est l'interaction qui existe entre ces minéraux. Pour qu'ils soient absorbés, l'équilibre dans leurs apports est déterminant (Meijer, 1991 ; Létourneau Montminy et al., 2014). Par exemple, l'excès de calcium dans le tube digestif entraîne la formation de complexes chélatés avec les phosphates et/ou les phytates (ou phosphore phytique). De même, un excès de phosphore dans le tube digestif emmène à la formation de complexes phosphocalciques (Quiniou et al, 2021). L'équilibre phosphocalcique est aussi déterminant pour l'accrétion osseuse. Lorsque l'on réduit les apports en calcium pour favoriser la digestibilité du phosphore et la réduction des rejets, cela peut s'avérer insuffisant pour la minéralisation osseuse et la déposition du phosphore.

➤ Les besoins en oligo-éléments

Comme tous les autres minéraux, les oligo-éléments tels que le zinc, le cuivre et le manganèse, par exemple sont cruciaux pour une grande variété de processus physiologiques et biochimiques chez toutes les espèces animales. Ils sont des cofacteurs essentiels pour des centaines d'enzymes cellulaires et de facteurs de transcription (Underwood et Suttle, 1999). On peut parler de leur contribution au développement et à la réponse immune, le développement et l'intégrité des tissus et des os, la protection contre le stress oxydatif, ainsi qu'à la croissance et la division cellulaires. Les carences en ces nutriments peuvent entraîner différents troubles physiologiques chez l'animal, ainsi que des réductions des performances de croissance (Richards et al, 2010). Chez le porc, ils sont présents à l'état de trace dans les tissus, pourtant ils remplissent des fonctions essentielles dans leur vie et leur croissance. C'est

pourquoi ces éléments nécessaires en petites quantités, soit en milligrammes (mg) ou en microgrammes (μg) par jour, jouent un rôle important dans leur alimentation.

Dix (10) oligo-éléments sont reconnus en nutrition animale : fer (Fe), manganèse (Mn), cuivre (Cu), zinc (Zn), sélénium (Se), cobalt (Co), iode (I), chrome (Cr), molybdène (Mo) et nickel (Ni) (Richards et al., 2010). Ferrando (1972) indique que les oligo-éléments agissent de deux façons chez les animaux : d'une part ils jouent un rôle dans la structure des cellules et des tissus d'autre part, ils interviennent au niveau du métabolisme en s'intégrant dans la molécule, en jouant le rôle d'activateurs des réactions enzymatiques, et comme constituant de coenzyme, voir comme coenzyme même. Dans le cas des truies, le Zn, Cu et Mn jouent un rôle incontournable dans l'intégrité des tissus tels que la formation osseuse et le maintien de l'intégrité du squelette. Ils ont aussi une fonction immunitaire et les aident à lutter contre le stress oxydatif (Barea et al, 2019). Barea et al. (2019) dans une étude menée sur l'utilisation de oligo-éléments dans l'alimentation des truies ont conclu que la supplémentation en ces nutriments chélatés a augmenté la performance de reproduction (nés totaux et vivants) des truies et amélioré le taux de rétention, diminuer le taux de réforme pour problèmes d'aplombs.

1.2. Les stratégies d'alimentation des truies gestantes

En élevage porcin, tous les éleveurs ne disposent pas des mêmes moyens pour mettre en place les mêmes stratégies alimentaires (distributeur automatisé, doseur et système de distribution). Souvent en gestation, les truies sont alimentées avec un aliment unique avec une composition nutritionnelle fixe. Bien que les quantités d'aliment servies puissent être ajustées pendant la gestation ou selon l'état de chair de la truie, ces adaptations n'arrivent pas à prendre en compte toutes les variations de leurs besoins nutritionnels en fonction de leurs caractéristiques individuelles. Cela crée souvent une inadéquation entre les apports et les besoins nutritionnels chez les truies gestantes avec des conséquences possibles directes sur leurs performances (Dourmad et al., 1994 ; Ball et al., 2008). Comme expliquent certaines études, les besoins nutritionnels des truies varient avec leur âge, leur stade de gestation ainsi qu'en fonction de leurs caractéristiques individuelles (Levesque et al., 2011 ; NRC, 2012). D'où l'importance de l'application des stratégies alimentaires plus personnalisées en reproduction porcine.

Ainsi, ces dernières années, de nouvelles technologies ont été développées pour nourrir les truies en gestation logées en groupe, par exemple, avec des stations d'alimentation automatiques qui sont parfois conçues pour fournir plusieurs aliments. Plus généralement, le développement de la méthode d'AP offre de nouvelles opportunités pour mieux prendre en compte, en temps réel, les facteurs influençant les besoins nutritionnels (Brossard et al, 2016 ; Buis et al., 2016 ; Gaillard et al, 2020a). C'est dans ce contexte que des méthodes d'application d'AP ou des stratégies comme le BF sont envisagées avec pour perspective de contribuer à l'amélioration des stratégies d'alimentation des truies pour de meilleures performances et plus de durabilité.

1.2.1. Alimentation de précision

1.2.1.1. Objectif et principe

L'AP, par définition consiste en un « mélange en proportion variable de deux aliments, l'un riche et l'autre pauvre en nutriments. Elle permet de mieux alimenter les truies selon leurs caractéristiques propres ». Elle constitue donc un moyen qui permet de mieux tenir compte de la variabilité individuelle des besoins en nutriments au sein d'un groupe. Il s'agit de l'utilisation d'une nouvelle technologie pour fournir la bonne quantité d'aliments, avec la bonne composition et au bon moment, à un groupe d'animaux ou à des individus. L'AP consiste donc à mieux adapter les apports aux besoins des animaux dans le temps et prendre en compte la variabilité entre les animaux. En élevage porcin, elle permet une alimentation adaptée individuellement aux porcs en temps réel en fonction de leur profil de consommation et de croissance (Gaillard et al. 2020a). Elle permet donc de réduire le gaspillage, d'optimiser l'efficacité alimentaire et donc de limiter les rejets en vue d'améliorer la compétitivité des élevages tout en réduisant leur empreinte environnementale (Dourmad et al, 2021a ; Pomar et al, 2011).

Des études récentes menées sur l'AP chez la truie gestante ont permis de développer les connaissances afin de pouvoir appliquer des modes d'alimentation des truies individualisées ou à l'échelle d'un groupe particulier, comme par exemple les cochettes et les truies primipares (Huber et al., 2019 ; Dourmad et al., 2018 ; Gaillard et al. 2020b ; Cloutier et al. 2019 ; Galiot et al. 2023).

1.2.1.2. Description du modèle et application

Généralement, le développement de l'AP offre de nouvelles opportunités permettant de mieux prendre en compte les facteurs qui influencent les besoins nutritionnels des porcs en temps réel (Brossard et al., 2016). Elle est mise en œuvre à travers des modèles et des systèmes d'aide à la décision qui ont été développés pour être intégrés dans des mangeoires automatiques pour des porcs en croissance et plus récemment pour les truies (Gaillard et al. 2019). Ces systèmes sont basés sur des modèles nutritionnels qui prédisent les besoins nutritionnels individuels quotidiens, en tenant compte des caractéristiques des animaux, du stade physiologique et des conditions de logement.

Gaillard et al. (2020a) dans leur travail de recherche mené sur ce concept décrivent une approche générale de mise en application de l'AP à travers un modèle et un système d'aide à la décision. Ce modèle technologique mis en œuvre envoie quotidiennement au distributeur automatique des instructions sur la quantité journalière de chaque aliment à délivrer à chaque truie pour constituer sa ration. En fonction des instructions du modèle, deux régimes avec des teneurs en nutriments différents et mélangés dans la mangeoire sont disponibles. Les décisions s'appuient sur une base de données contenant des règles sur la stratégie nutritionnelle générale à la ferme, l'état initial des animaux, telles que l'âge, la parité, le poids corporel et l'épaisseur du gras dorsal à l'insémination, et des données mesurées en temps réel à la ferme. La stratégie d'élevage se définit à l'aide des caractéristiques moyennes des truies et de leurs portées en tenant compte de la parité des objectifs de gain de poids et de l'épaisseur de gras dorsal à la mise bas. Au delà, des données sur les truies, comme le poids vif, l'activité physique et la consommation d'aliments) et sur l'environnement, sont recueillies en temps réel par des capteurs. La disponibilité de ces informations peut être variée en fonction de l'équipement disponible dans la ferme et du type de données collectées. Ainsi, le modèle calcule les besoins journaliers en énergie métabolisable (ME), lysine digestible standardisée et minéraux qui permettent de construire une décision basée sur les données recueillies. Par la suite, la ration journalière est déterminée par les besoins énergétiques calculés et la teneur en ME alimentaire, tandis que la qualité du mélange alimentaire à fournir dépend des besoins en acides aminés les plus limitants, c'est-à-dire la lysine.

Gaillard et al. (2019) indiquent qu'il s'agit d'une approche de modélisation basée sur une combinaison des connaissances actuelles sur l'utilisation des nutriments des truies gestantes avec le flux de données produites à la ferme. L'approche tient compte de la variabilité individuelle des besoins nutritionnels des truies en fonction de leur stade de gestation, leurs caractéristiques individuelles à l'accouplement, comme l'âge, la parité et l'état corporel. Elle tient compte également de leurs performances de reproduction. Cette approche permet de calculer des recommandations nutritionnelles spécifiques à la ferme en fonction de leur propre flux de données.

1.2.1.3. Aspect économique et environnemental de l'alimentation de précision

Il faut toujours se rappeler que, dans l'élevage porcin, le coût des aliments constitue le premier poste de charges. En production porcine intensive, les coûts d'alimentation représentent plus de 60 % des coûts de production (Pomar et al, 2009). Ces coûts d'alimentations élevés associés souvent des apports différents des besoins s'accompagnent de niveaux élevés d'excrétion d'éléments néfastes à l'environnement. Chercher à réduire les coûts d'alimentation, l'excrétion des nutriments excédentaires tels que l'azote et le phosphore et l'utilisation de ressources non renouvelables sont donc essentiels au développement de systèmes de production porcine durables (Pomar et al. 2009). L'AP est proposée comme une approche essentielle, adaptée pour améliorer l'utilisation des nutriments et ainsi réduire les coûts d'alimentation et l'excrétion des nutriments (Pomar et al. 2011). Cette approche est un concept agricole qui prend en compte les variations entre les animaux par l'utilisation de techniques d'alimentation adaptée individuellement qui contribue à la rationalisation de l'utilisation des ressources. Cette méthode d'application constitue donc un outil de demain pour diminuer les coûts alimentaires dans l'élevage porcin. Elle permet non seulement de réduire le gaspillage, d'optimiser l'efficacité alimentaire, mais également de limiter les rejets en vue d'une amélioration de la compétitivité des élevages tout en réduisant leur empreinte environnementale (Pomar et al. 2021). Quand on alimente de façon précise les animaux, on arrive à réduire les apports en excès, avec moins de protéines et moins de minéraux, d'où on aura un coût alimentaire moins élevé ce qui rejoint l'aspect économique. Ceci conduit aussi proportionnellement à des rejets moins importants d'azote, d'émission d'ammoniac, de protoxyde d'azote et de phosphore. D'une manière générale, cela signifie que l'adaptation

plus précise de l'alimentation des animaux permet de réduire le coût et permet d'améliorer l'efficacité d'utilisation des nutriments et de réduire les rejets (Pomar et al. 2009). Les premières estimations concernant l'utilisation de cette démarche nutritionnelle d'AP montrent une réduction de 4,6 % des coûts alimentaires accompagnée d'une diminution de l'ordre de 38 % de l'excrétion d'azote et de phosphore chez le porc en croissance (Pomar et al. 2009). De plus, l'intégration de techniques d'AP dans les systèmes d'élevage intensif pourrait impliquer des stratégies de production et de transformation optimale pouvant améliorer la durabilité environnementale de la production porcine, le bien-être animal et la qualité de la viande. Ainsi, dans les porcheries d'engraissement, l'AP peut être un puissant outil de réduction de coûts d'alimentation et d'amélioration de l'efficacité alimentaire en réduisant les excès des nutriments les plus nuisibles sur les plans économique et environnemental sans compromettre les performances des animaux (Pomar et al. 2009).

En outre, dans le cadre d'une évaluation d'un système d'aide à la décision pour l'alimentation de précision des truies gestantes, une étude a été réalisée par le CDPQ en collaboration avec l'INRAe (Gagnon et al. 2017) où une stratégie d'AP en fonction de la parité des truies et du stade de gestation a été développée. À travers cette étude, une AP en utilisant un mélange quotidien de 2 régimes avec une teneur en lysine différente (élevée et faible) a été appliquée à des truies en gestation en comparaison à une alimentation conventionnelle basée sur un seul régime. Les résultats de cette étude indiquent que l'AP permet de réduire le coût d'alimentation tout en réduisant par le fait même les rejets dans l'environnement. Par rapport à l'alimentation conventionnelle, la stratégie AP a permis une réduction de 3,6 % du coût d'alimentation simulé par truie pendant la gestation, et une réduction de l'apport d'azote et de phosphore (de 11,0 % et 13,8 %, respectivement) et de l'excrétion (de 16,7 % et 15,4 %, respectivement).

1.2.2. Stratégie « bump feeding », description et méthode

Comme mentionné précédemment, les besoins nutritionnels de la truie ne sont pas linéaires durant tout son cycle de reproduction (Lemoine et Calvar, 2016). Plusieurs études ont montré qu'en plus des variations liées à leurs caractéristiques individuelles telles que leur poids, leur état de chair et la génétique (Pettigrew et Yang, 1997 ; Pomar et al., 2003), les besoins

nutritionnels des truies varient en fonction de leur stade de gestation (Levesque et al. 2011, NRC, 2012). Durant les derniers jours de la gestation, la croissance fœtale et le développement de la mamelle sont très rapides (Quinou et al. 2018). Ceci conduit à une augmentation significative des besoins comparativement au début de la gestation. C'est pourquoi depuis plusieurs années, la stratégie du BF est grandement utilisée dans l'élevage porcin commercial en vue répondre à cette augmentation de besoin en fin de gestation chez les truies.

En effet, Goodband et al. (2013) définissent la stratégie de BF comme une « Augmentation des apports en quantité d'aliments à la fin de la gestation afin de pallier l'augmentation des besoins nutritionnels à ce stade ». Au cours des dernières années, cette stratégie a été beaucoup étudiée, aboutissant à des résultats différents entre les travaux de recherche. Gonçalves et al. (2016) ont observé des effets positifs de la stratégie de BF sur le poids de la portée à la naissance des porcelets. Selon Quiniou et al. (2005), le déroulement de la mise bas et la vitalité des porcelets sont positivement influencés par cette stratégie. Toutefois, d'autres études (Miller et al. 2000 ; Mallmann et al. 2019 ; Oliveira Araujo et al. 2020 ; Ferreira et al. 2021) ont montré que cette stratégie alimentaire en gestation n'a pas influencé les performances à la mise bas et au sevrage des portées. En ce sens, il faut considérer que la stratégie BF peut être appliquée de deux façons : (i) soit une augmentation globale de l'ingestion d'énergie durant la gestation, par un apport en quantité plus élevée durant les trois dernières semaines (Shelton et al. 2009 ; Liu et al. 2020) (ii) ou une redistribution de l'énergie pendant la gestation sans aucune augmentation globale de la consommation d'énergie et des coûts d'alimentation (Quiniou, 2005). La figure 1 représente l'évolution de la consommation journalière pour les trois stratégies de FF, BF et BF+ où la quantité d'aliment distribuée est haussée en fin de gestation.

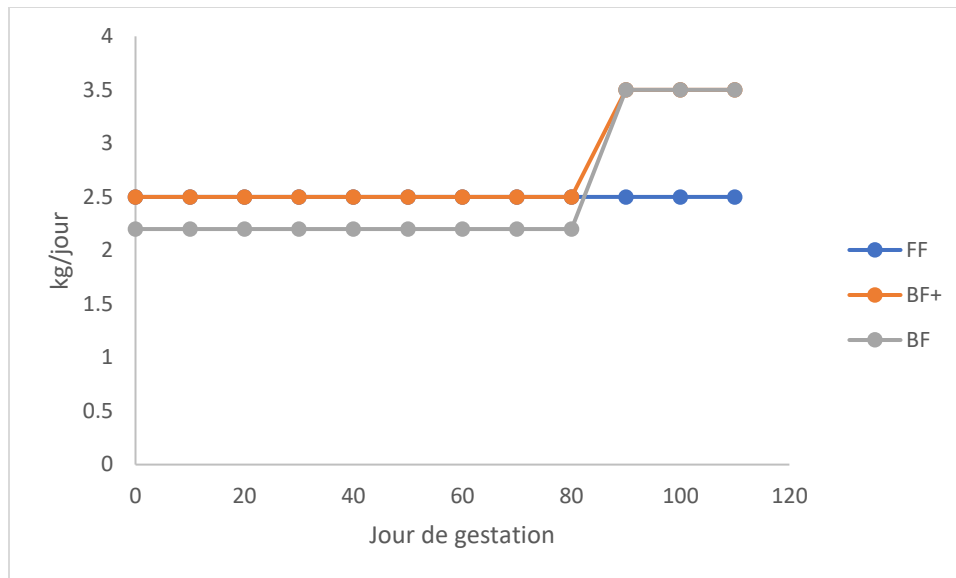


Figure 1 : Évolution de la consommation journalière pour les trois stratégies de FF, BF et BF+ où la quantité d'aliment distribuée est haussée en fin de gestation

1.3. Impact de l'alimentation maternelle sur les performances zootechniques des porcelets

Mis à part les répercussions sur les performances des truies, les stratégies alimentaires appliquées au cours de la gestation sont susceptibles d'influencer le développement des porcelets de plusieurs façons : soit directement au niveau de la portée *in utero*, soit indirectement sur la croissance postnatale des porcelets à travers l'allaitement, voir même les effets qui pourraient persister après le sevrage du porcelet jusqu'au stade ultérieur du développement de l'animal (Étienne, 1979).

1.3.1. Alimentation de la truie gestante et le développement fœtal

Entre la croissance ou le développement fœtal et l'alimentation de la truie gravide, il existe un lien de dépendance très étroit. Un déficit ou un excédent alimentaire au cours de la période de gestation pourrait influencer le développement des porcelets en agissant sur le développement du placenta, le développement et la croissance fœtale ainsi que le métabolisme des porcelets (Zhang et al. 2019).

1.3.1.1. Impact sur le développement placentaire et embryonnaire

Les pertes embryonnaires préimplantatoires sont toujours considérées comme la plus grande proportion des pertes prénatales chez le porc (Foxcroft, 1997). Bien que les cochettes ou les truies modernes hyperprolififiques ovulent de 20 à 30 ovocytes, elles n'arrivent qu'à mettre au monde que 9 à 15 porcelets à terme (Town et al. 2005). La période péri-implantatoire est le premier pic de mortalité embryonnaire survenant entre le 12^e et le 15^e jour de gestation et plus de 75 % des pertes prénatales surviennent au cours des 25 ou 30 premiers jours de gestation. On assiste à une autre période subséquente de mortalité fœtale allant du 30^e au 40^e jour de gestation, suivie de pertes avant la période de mise bas se situant du 55^e au 75^e jour de gestation. Après 30 jours de gestation, les pertes fœtales résultent d'une capacité utérine insuffisante, qui est l'un des limitations marquantes dans la reproduction porcine à prendre en compte (Ford et al., 2002).

Ainsi, chez les truies, la plus grande contrainte qui affecte la taille de la portée est le développement et la fonction placentaire en début de gestation et une capacité utérine inadéquate à tous les stades de gestation (Bazer et al. 1988). Selon Noblet et al (1985), un apport nutritionnel réduit tout au long de la gestation provoque un déficit de développement du placenta qui ne peut être rattrapé en fin de gestation par des apports nutritionnels plus élevés (Quiniou et Quesnel, 2008). Or la réduction de la taille du placenta, bien que n'affectant pas immédiatement le développement embryonnaire après l'implantation, a des impacts potentiels sur le développement du fœtus (Vonnahme et al. 2002). Une réduction de la surface placentaire pourrait affecter négativement le développement fœtal en réduisant l'apport en nutriments vers le fœtus en agissant sur le poids à la naissance et le nombre de fibres musculaires secondaires chez les porcelets (Dwyer et al, 1992). Après la saillie, le niveau d'alimentation peut influencer la survie des embryons pendant les trente premiers jours de gestation.

1.3.1.2. Impact sur la croissance fœtale

Dans la littérature, de nombreuses preuves montrent que la malnutrition maternelle immédiatement avant la reproduction ou pendant la période périconceptuelle affecte

négalement la qualité des ovocytes, le développement embryonnaire, la croissance fœtale et la survie à la naissance des porcelets (Ashworth, 2009). Pour la croissance fœtale proprement dite, Anderson (1975) indique que le jeûne de la truie à partir de 10 jours avant la saillie entraîne une réduction de la longueur des fœtus, du poids et du contenu azoté des fœtus et de leurs annexes à 30 jours de gestation, sans que la mortalité embryonnaire soit affectée. Toutefois si ces conditions extrêmes se poursuivent, au-delà de 34 jours de gestation, l'incidence des avortements augmente. Il faut noter qu'une malnutrition au début de la gestation a un plus grand effet néfaste sur le développement des organes fœtaux qu'au milieu ou à la fin de la gestation (Wu et al. 2012).

La croissance fœtale porcine peut être influencée négativement par un déséquilibre protéine-énergie maternelle pendant la gestation. Lorsque l'apport alimentaire en eau, vitamines et minéraux est suffisant, c'est l'apport énergétique et en protéines/acides aminés qui sont les principaux facteurs nutritionnels affectant la croissance fœtale (Ji et al. 2017). Une diminution importante de l'apport d'énergie dans l'alimentation des truies gestantes provoque une réduction pondérale de différents organes du fœtus (le poids du foie, des reins, du pancréas, des surrénales, du muscle gastrocnémien) (Étienne, 1979). Cependant, il faut aussi signaler des effets néfastes de la suralimentation chez les truies reproductives. Un apport accru d'énergie, de protéines ou des deux, avant la reproduction ou pendant la gestation augmente la mortalité embryonnaire et réduit la croissance embryonnaire chez les porcs (Ji et al. 2017).

1.3.1.3. Impact sur le développement musculaire

Considérant l'importance du développement musculaire chez le porc pour la production de viande, il faut savoir que le nombre de fibres musculaires du porc est fixé à la naissance. Le développement des fibres musculaires fœtales commence à se différencier vers le 35^e jour de gestation chez le porc (Wigmore et Stickland 1983). En effet, c'est pendant la gestation que les fibres musculaires se multiplient (hyperplasie) et, suivant la naissance, le gain de masse musculaire se fait par hypertrophie de ces fibres, soit par l'augmentation de leur taille. L'effet de la nutrition maternelle a été identifié entre le 25^e et le jour 50^e de gestation, période qui précède immédiatement l'hyperplasie secondaire des fibres musculaires (Dwyer et al. 1994).

Pendant la gestation, des restrictions en énergie (Dwyer et al. 1994 ; Bee, 2004) ou en protéines (Rehfeldt et al. 2012 ; Rehfeldt et al. 2011 ; Liu et al. 2015) ont eu des impacts négatifs sur les performances des porcelets issus de ces gestations par l'intermédiaire d'une réduction du nombre et du développement des fibres musculaires. Une corrélation positive entre le nombre total de fibres musculaires et le potentiel de croissance postnatal a été aussi établie par Dwyer et al. (1993).

Quant au traitement excédentaire, bien qu'il ait eu moins d'impacts négatifs sur la croissance extra-utérine des porcelets, il a tout de même occasionné un retard de croissance intra-utérin, tout comme le traitement restrictif (Rehfeldt et al. 2012). D'autres études impliquant des restrictions moins importantes ont également observé des effets négatifs, mais de moindres amplitudes ou ayant moins d'effets à long terme sur la croissance des porcelets (Kalbe et al. 2017). En ce qui concerne les apports restrictifs ou excédentaires en énergie, Dwyer et ses collaborateurs ont comparé un traitement à 200 % des besoins du jour 25 à 50 de la gestation et ces derniers ont observé une augmentation du nombre de fibres musculaires des porcelets issus de ces gestations (Dwyer et al. 1994). Quoique ces traitements soient moins applicables considérant leur apport extrême en énergie et en protéines, ces études montrent qu'il semble possible d'influencer le développement musculaire des fœtus par l'alimentation des truies.

1.3.1.4. Impact sur le poids à la naissance des porcelets

Le poids à la naissance des porcelets représente l'expression de leur développement prénatal. C'est un facteur majeur de la capacité du porcelet à lutter contre l'hypothermie à la naissance (Kammersgaard et al. 2011) et à améliorer sa survie durant la période naissance-sevrage (Quiniou et al. 2002 ; Baxter et al. 2008). Chez le porc, le faible poids à la naissance qui est souvent lié au concept de « retard de croissance intra-utérin (RCIU) », se définit comme une altération de la croissance et du développement de l'embryon ou du fœtus ou de ses organes pendant la gestation (Wu et al. 2006). Les études de Ji et al. (2017) présentent le RCIU comme un poids fœtal ou un poids à la naissance inférieur à deux écarts du poids corporel moyen. Pour les truies croisées ([Yorkshire × Landrace] × [Duroc × Hampshire]), un poids moyen à la naissance de 1,4 kg donnera des porcelets de type RCIU avec un poids à la naissance inférieur à 1,1 kg.

Le faible poids de naissance des porcelets reste un problème majeur dans la production porcine, car il entraîne des taux élevés de morbidité et de mortalité avant le sevrage ainsi qu'un retard permanent de croissance et de développement (Wang et al. 2017). Des données de la littérature indiquent que la sélection génétique pour les truies hyperprolififiques s'accompagne d'une augmentation de la proportion de porcelets à faible poids de naissance, et que 15 à 25 % des nouveau-nés chez les porcs croisés à haute prolificité ont un poids de naissance inférieur à 1,1 kg (Wu et al. 2006). Or la plus grande part des porcelets à faible poids à la naissance meurent avant sevrage. Les porcelets de moins de 1,1 kg représentent 76 % des décès avant le sevrage chez les porcs (Wu et al. 2010). En effet, la croissance et le développement du fœtus sont influencés par plusieurs facteurs biologiques complexes, comme : la génétique, l'épigénétique, la maturité maternelle, la nutrition maternelle, l'efficacité du placenta, la capacité utérine et d'autres facteurs environnementaux, ainsi que la maturité des ovocytes (Wang et al. 2017). De ces facteurs, la nutrition maternelle constitue l'élément moteur, transversal avec des influences multiples. De l'ensemble de ces facteurs, la nutrition maternelle a des effets considérables sur le poids de naissance des porcelets. La sous-alimentation ou la suralimentation de la truie pendant la gestation modifie la structure des organes, nuit à la croissance et au développement prénatal et néonatal et réduit l'efficacité alimentaire pour les gains de tissus maigres chez les porcs (Ji et al. 2017).

L'état nutritionnel des truies ou des cochettes peut affecter le développement fœtal dès le début de l'ovulation, ce qui en retour aura un impact sur l'état de maturation de l'ovocyte ainsi que le potentiel de développement des embryons (Xu, et al. 1997 ; Ferguson et al. 2003). La réduction de l'apport d'une ration complète de 50 % pendant 2 cycles œstraux avant l'accouplement diminue le poids fœtal à 30 jours de gestation chez les cochettes (Noblet et al. 1985). Une réduction des apports énergétiques ou azotés, ou même une carence en lysine diminuent le poids moyen des porcelets à la naissance. Cet effet est d'autant plus marqué que la restriction est plus sévère, ou appliquée de façon plus durable. Des effets cumulatifs apparaissant au fur et à mesure des cycles successifs (Étienne 1979). Cependant, l'utilisation d'un régime hyperprotéique durant toute la gestation entraîne généralement une réduction du poids moyen à la naissance ainsi qu'une diminution des réserves adipeuses des porcelets et de leur maturité musculaire à la naissance (Rehfeldt et al. 2011 ; 2012). Il a été aussi prouvé

que pendant toute la période de gestation, des apports élevés en protéine alimentaire diminuent le nombre de fibres musculaires à la naissance chez les porcs (Rehfeldt et al. 2004). Ainsi, la suralimentation durant le stade de gestation, tenant compte de ses effets néfastes, est donc une pratique à éviter dans l'élevage porcin.

1.3.2. Alimentation de la truie gestante, la survie et la croissance postnatale des porcelets

La mortalité et la morbidité des porcelets sous la mère ont un coût économique élevé pour la filière porcine et constituent un problème majeur de santé et de bien-être animal (Quesnel et al. 2015). Il est donc primordial de développer des stratégies alimentaires pour augmenter la survie néo-natale et la croissance des porcelets considérant que la qualité nutritionnelle de la truie pendant la gestation pourrait avoir des impacts sur la viabilité et la croissance des porcelets allaités (Étienne, 1979).

1.3.2.1. Impact sur la survie néonatale des porcelets

Pour les porcelets, la survie néonatale constitue un problème majeur surtout pendant les 3 premiers jours après la naissance. Pour survivre, les porcelets nouveau-nés nécessitent de couvrir des besoins énergétiques élevés à travers trois sources d'énergie différentes, dont le glycogène, le colostrum et le lait transitoire (Theil et al. 2014). L'ingestion de colostrum au cours des premières 24 h de naissance est connue pour être l'un des facteurs les plus cruciaux pour le développement des porcelets (Inoue et Tsukahara, 2021). Le colostrum des truies, comme celui de la plupart des mammifères, est défini comme la première sécrétion de la glande mammaire généralement libérée au cours des premières 24 h post parturition (Quesnel et al. 2012 ; Hurley, 2015). Comparativement au lait normal de la truie, le colostrum se caractérise par une plus forte concentration en protéines et une plus faible concentration en lactose et en matières grasses (Quesnel et al. 2012). Il est principalement constitué de protéines, de glucides, de lipides et, dans une moindre mesure, de minéraux, de vitamines, de leucocytes et de cellules somatiques (Zhang et al. 2018). C'est lui qui apporte aux porcelets l'énergie nécessaire à la thermorégulation et à la croissance corporelle et agit comme un facteur de croissance essentiel pour la stimulation du développement des organes (Xu et al. 2002). Devillers et al. (2011) à travers les résultats de leurs travaux de recherche

montrent que la consommation de colostrum est un facteur déterminant de la survie des porcelets grâce à l'apport d'énergie et la protection immunitaire, en plus d'avoir des effets potentiels à long terme sur la croissance et l'immunité des porcelets. Il a été aussi démontré dans les recherches qu'avec une consommation de colostrum inférieure à 200-220 g par jour, soit moins de 160 g par kg de poids vif, on assiste à une augmentation considérable du risque de mortalité. Ainsi, seulement 5 à 7 % des porcelets consommant plus de 200 g de colostrum par jour meurent avant le sevrage alors que parmi les porcelets qui consomment moins de 200 g, le taux de mortalité atteint 23 % à l'âge de trois jours et varie de 27 à 43 % au sevrage (Devillers et al. 2011 ; Decaluwé et al, 2014 ; Quesnel et al. 2015). Le travail de Devillers et al. (2011) a démontré d'autres effets sur le long terme de l'ingestion de colostrum sur la croissance des porcelets en constatant que les porcelets qui ingèrent moins de 290 g de colostrum au cours des premières 24 heures présentaient une réduction de 15 % du poids corporel au sevrage. Tout ceci explique donc que la survie néonatale dépend grandement de la consommation du colostrum par le nouveau-né tant en qualité qu'en quantité. C'est pourquoi il est très important d'appliquer des stratégies alimentaires pour augmenter la quantité et la qualité du colostrum ingéré par les porcelets (Quesnel et al. 2015). Les changements dans la composition des aliments, la stratégie nutritionnelle ou la gestion des truies peuvent augmenter le rendement en colostrum ce qui augmentera la survie à court terme des porcelets (Theil et al. 2014).

L'effet de l'alimentation de la truie en fin de gestation sur la composition du colostrum a été beaucoup étudié. L'alimentation maternelle agit sur le contenu du colostrum en lipides et en immunoglobulines. Par exemple en supplémentant l'alimentation des truies en lipides, on augmente la teneur du colostrum en lipides (Farmer et Quesnel, 2009). De même que la nature des acides gras (n-3 ou n-6) du régime maternel influence les profils en acides gras du colostrum (Rooke et al. 1998). Loisel et al. (2013) ont indiqué qu'une supplémentation de l'aliment en fibres alimentaires en fin de gestation permet d'augmenter la teneur lipidique du colostrum.

Le colostrum est connu de grande importance non seulement en termes d'énergie et de nutriments spécifiques pour le nouveau-né, mais aussi en termes de molécules bioactives. De

ces derniers, les plus remarquables sont les immunoglobulines maternelles, qui sont transférées aux nouveau-nés et fournissent une immunité passive, réduisant ainsi le risque de maladies tout en augmentant la survie des porcelets. Les immunoglobulines dérivées du colostrum jouent un rôle central dans la protection contre les infections bactériennes et virales. De nombreuses études montrent aussi que divers ingrédients modulant l'immunité, comme le pré ou probiotiques ou certains acides gras, augmentent les teneurs en IgG et IgA du colostrum, ce qui peut favoriser l'immunité passive des porcelets (Quesnel et al, 2015).

Le faible poids et la maturité physiologique à la naissance sont deux facteurs clés de la survie et sont souvent considérés comme le reflet d'une sous-nutrition du fœtus (Quesnel et al. 2015). C'est pourquoi de nombreuses études ont tenté d'augmenter la survie des porcelets en améliorant la disponibilité des nutriments aux fœtus par la modulation du régime alimentaire de la truie en gestation. La plupart des études s'accordent sur le fait qu'une suralimentation n'améliore pas la survie des porcelets, bien qu'elle augmente le gain de poids et l'épaisseur de gras dorsal chez la truie gestante (Gatford et al. 2003).

En effet, en matière d'énergie, immédiatement après la naissance des porcelets, l'expression des gènes impliqués dans le catabolisme du glycogène est élevée, exigeant un apport énergétique rapide à des fins de thermorégulation (Theil et al. 2014). Les dépôts de glycogène sont donc d'une grande importance en fin de gestation en raison du rôle vital de l'énergie pour la survie néonatale. Une augmentation d'apports en énergie a été aussi identifiée sans effet sur le poids à la naissance ou la survie des porcelets (Fainberg et al. 2014). Toutefois, un bénéfice sur la vitalité à la naissance a été rapporté en modulant la nature des acides gras des suppléments lipidiques, notamment avec des huiles de poisson. À travers une étude menée sur des porcelets issus de truies nourries à partir du 84^e jour de gestation avec un régime riche en acides gras à chaînes courte et moyenne (C8:0 et C12:0) comparativement à un régime riche en soja (C18:2 n-6), Jean et Chiang (1999) ont observé une augmentation des réserves en glycogène dans les foies et les muscles des porcelets avec des effets positifs sur la survie à trois jours pour les plus petits (inférieurs à 1,1 kg). Dans une autre étude, des truies qui ont reçu de l'énergie supplémentaire sous forme d'huile de maïs ont été comparées à celles qui la reçoivent sous forme d'amidon de maïs à partir du 109^e jour de gestation à la

parturition. Les résultats ont montré que les truies alimentées en énergie sous forme d'huile de maïs avaient une augmentation du taux de survie des porcelets de moins de 1 kg de poids à la naissance jusqu'à 3^e semaine plus tard bien que l'amélioration des dépôts de glycogène des porcelets n'ait pas été observée dans cette étude (Seerley et al., 1974).

Plusieurs autres études n'ont pas montré de modification du poids de naissance ou de la survie entre la naissance et le sevrage des porcelets en modifiant la source d'énergie (céréales vs lipides) ou la nature des acides gras du régime maternel (Theil et al. 2014). Il faut toutefois mentionner que la vitalité et la consommation d'énergie sont les deux facteurs postnataux les plus importants. Outre l'écrasement des porcelets par la truie, il a été démontré que les porcelets à faible poids de naissance sont moins compétitifs pour la consommation du colostrum qui est vitale pour leur survie. Et même avec une disponibilité d'aliments complémentaires, les porcelets dépendent de leur mère pour satisfaire leurs besoins en nutriments et en énergie avant le sevrage (Fix et al. 2010). En ce qui a trait aux protéines, Étienne (1979) avance que la réduction de la quantité de protéines ingérées par la truie en gestation provoque souvent une diminution de la viabilité des porcelets jusqu'au sevrage, même pour des apports assurant des performances à la mise bas normales. La vitesse de croissance des porcelets tend aussi à diminuer. Wu et al. (2010) émettent l'idée que l'augmentation de l'apport alimentaire d'arginine au-delà de celui d'un régime typique à base de maïs et de soja peut être un moyen efficace pour améliorer les résultats de la gestation chez les porcs. Avec d'autres acides aminés (la glutamine, la leucine et la proline), l'arginine peut améliorer les performances de reproduction des porcs tout en réduisant la variation du poids à la naissance des porcelets nécessaire à leur survie néonatale. Dans leurs travaux de recherches, il a été observé qu'une supplémentation alimentaire en arginine plus glutamine a augmenté i) le nombre de porcelets nés vivants de 1,4 par portée ; ii) le poids à la naissance de la portée pour tous les porcelets nés de 10 % ou les porcelets nés vivants de 15 %, et iii) la proportion de porcelets ayant un poids à la naissance de 1,3 à 1,49 kg de 37 % pour tous les porcelets nés et de 30 % pour les porcelets nés vivants. Aucune différence n'a été observée pour la proportion de porcelets ayant un poids de naissance plus élevé (1,5 à 1,69 kg ou 1,7 à 2,09 kg). D'autres études menées sur le potentiel d'acides aminés spécifiques ont toutefois observé que l'apport d'un supplément de protéines contenant plus d'acides aminés digestibles

pendant le premier mois de gestation n'a pas eu d'effet sur le poids de naissance ou la survie des porcelets (Hoving et al. 2011a).

Il a été aussi prouvé que la nutrition protéique maternelle pendant la gestation peut affecter la croissance musculaire postnatale et la teneur en gras intramusculaire chez les porcs (Rehfeldt et al. 2004). Vu que la quantité de fibres musculaires est fixée à la naissance du porcelet, leur développement prénatal affecte la croissance postnatale du muscle squelettique (Nissen et al. 2003). D'autres résultats venant des études protéomiques indiquent que les porcelets nouveau-nés avec un retard de croissance intra-utérine ont une plus grande exigence pour la synthèse des protéines, dans le muscle squelettique par rapport aux porcelets ayant un poids de naissance normal.

1.3.2.2. Impact sur la production laitière et la croissance postnatale des porcelets

Un ensemble de facteurs liés à la nutrition maternelle pendant la gestation pourrait influencer les différences de viabilité et de croissance des porcelets allaités. Généralement, la vitesse de croissance des porcelets s'élève avec le niveau de consommation de la truie en gestation (Étienne, 1979). Ce dernier affecte considérablement le développement mammaire et la production du colostrum qui sont primordiaux à la croissance postnatale des porcelets.

En effet, le facteur déterminant du potentiel laitier des truies est le nombre de cellules mammaires présentes en début de lactation. Il est donc nécessaire d'alimenter les truies de façon à stimuler leur développement mammaire durant les périodes appropriées qui sont l'âge de 90 jours à la puberté et le dernier tiers de la gestation (Quesnel et al. 2015). Crenshaw et al. (1989) ont rapporté que des périodes de restriction alimentaire suivies de périodes d'alimentation compensatoire pendant la croissance, la période prépubère et la gestation augmentaient la production de lait et modulaient l'expression de la caséine β dans le tissu mammaire. La nutrition maternelle pendant la lactation peut également influencer le développement mammaire (Farmer, 2018). Les résultats de recherche de Kim et al. (1999b) qui ont nourri des truies primipares en lactation avec 4 régimes combinant 2 niveaux de protéines (32 ou 65 g de lysine/j) et d'énergie (50,2 ou 73,2 MJ ME/j), ont montré que la

maximisation du développement mammaire chez les truies s'obtient avec une consommation moyenne de 69,0 MJ de ME et 950 g de protéines par jour, soit un équivalent de 52,3 g de lysine par jour. De plus, pour tenir compte de la croissance des glandes mammaires, chez les truies ayant plus de 6 porcelets dans une portée, un supplément de 0,96 g de lysine/j par porcelet supplémentaire est nécessaire (Kim et al. 1999a). Donc, pendant la gestation, l'augmentation des apports énergétiques et protéiques des truies permet d'optimiser leur développement mammaire.

De même qu'une autre étude abordant l'effet du niveau d'alimentation sur la production de colostrum a montré que des truies suralimentées en dernière semaine de gestation avec une consommation de 4,5 kg d'aliment par jour, produisent plus de colostrum, soit 4 kg par jour et un colostrum plus riche en lactose que les truies rationnées qui ont consommées 1,5 kg/j et produisent 3,5 kg de colostrum par jour (Decaluwé et al. 2014). Hansen et al. (2012) et Theil et al. (2014) ont mené une étude de comparaison de cinq aliments contenant 3 % de lipides d'origine animale et 8 % de lipides d'origines diverses qui apportent des proportions variées d'acides gras à moyenne ou longue chaîne qui ont été distribués du 108^e jour de gestation jusqu'au terme. Les résultats de ce travail ont montré que les aliments enrichis en huile de noix de coco ou de tournesol tendaient à avoir un effet bénéfique sur la croissance précoce des porcelets (133 et 125 g/24 h) par rapport à l'aliment standard ou enrichi en huile de poisson (76 et 80 g/24 h respectivement)(Hansen et al. 2012).

Outre le colostrum, l'augmentation de la production du lait transitoire chez la truie peut être un autre facteur de l'amélioration de la survie néonatale et la croissance des porcelets. Guillemet et al. (2007) ont nourri 42 truies avec un régime contenant soit 3,2 % ou 12,4 % de cellulose brute du jour 28 de gestation jusqu'à la parturition. Au cours de la première semaine de lactation, de meilleurs gains de poids ont été obtenus pour les porcelets issus des truies nourries avec des régimes riches en fibres par rapport à ceux du groupe témoin à faible teneur en fibres. Ce qui sous-entend que la teneur en fibre brute peut avoir augmenté le rendement en lait transitoire. Enfin, Oliviero et al. (2009) ont aussi montré que maintenir les truies avec un aliment gestation en phase péri partum réduisait la constipation des truies et augmentait de 16 % le gain de poids des porcelets dans les cinq premiers jours de lactation.

Dans ces études, la mortalité en début de lactation n'a pas été affectée ce qui pourrait laisser croire que le rendement en lait transitoire est plus important pour la croissance des porcelets que pour leur survie.

1.3.3. Alimentation de la truie gestante et le développement des porcelets sevrés

Une évaluation des impacts d'une alimentation multiphase en gestation a été menée par Bruhn et al. (2020) où l'apport en lysine/énergie a été modifié au cours du cycle afin de mieux satisfaire les besoins nutritionnels des truies en fonction du stade de gestation et de la parité. Les résultats, quoiqu'ils soient non significatifs, ont montré que les porcelets issus des truies sous les traitements multiphases auraient des performances différentes, dont entre autres, un gain de 4 kg de poids vif de plus à l'âge de 139 jours, ce qui se répercuterait en une réduction de la durée d'élevage. A l'université de Guelph, un autre travail de recherche a été mené sur l'AP chez des cochettes afin de valider son impact sur les performances des truies jusqu'au deuxième rang de portée ainsi que les performances de leur progéniture. À travers cette étude, il a été constaté qu'en pouponnière, les porcelets issus des truies de la méthode d'alimentation conventionnelle ont un gain de poids et une efficacité alimentaire significativement plus faibles par rapport à ceux qui sont issus des cochettes en AP. (Hansen et al. 2020).

1.4. Effets de la parité sur les performances de reproduction des truies et le développement des porcelets

Les performances de reproduction des truies et le développement des porcelets sont influencés par un ensemble de facteurs, dont parmi les plus importants figure la parité des truies (Nevrkla et al. 2021). Certaines études indiquent que la parité des truies est étroitement liée à l'asphyxie pendant la parturition, à la vitalité néonatale et aux performances des jeunes porcelets (Santiago et al. 2019). Plusieurs auteurs rapportent que les performances optimales de reproduction des truies ainsi que de croissance des porcelets se situent entre la troisième et la cinquième parité. Selon eux, ces parités devraient donc représenter la plus grande partie d'un troupeau (Arango et al. 2005 ; Hoving et al. 2011b).

1.4.1. Effets de la parité et performances de reproduction des truies

Le rang de portée est associé à la physiologie, principalement à la croissance de l'organisme, induisant en particulier le développement du système reproducteur. Engblom et al. (2007) avancent que l'augmentation du nombre de parité chez la truie constitue un facteur clé dans l'exploitation porcine, car c'est à partir de la troisième parité qu'elle génère une rentabilité financière. Les observations de Scholman et Dijkhuizen (1989) ont montré qu'il était économiquement viable de garder les truies au moins jusqu'à la cinquième parité. Plusieurs autres vont dans le même sens en indiquant qu'en général, les performances de reproduction s'accroissent avec l'augmentation du nombre de parité, atteignant le niveau le plus élevé des parités 3 à 5. Mahan et Peters (2004) ont constaté que le nombre total de porcelets nés avait tendance à augmenter à mesure que la parité augmentait. Les résultats du travail de Lemoine et Calvar (2016) ont montré que les truies de rang 4 ont 3 porcelets de plus à la naissance ($17,3 \pm 1,9$) que les truies de rang inférieur. Dans une étude menée par Nevrkla et al. (2021) qui regardaient l'effet combiné de la parité des truies et du verrat terminal sur les pertes de porcelets et l'intensité de croissance des porcelets avant le sevrage, il a été constaté que la parité a eu un effet significatif sur la taille de la portée, le nombre de mort-nés et les pertes de porcelets avant le sevrage. La meilleure taille de portée a été identifiée chez les truies de troisième parité avec une moyenne de 16,88 porcelets, contre des valeurs plus basses de 13,64 porcelets qui ont été enregistrées dans les premières parités. Cependant, les truies de première parité avaient les valeurs les plus basses en mort-nés (0,94) contre les valeurs les plus élevées chez les truies de troisième parité (2,4). Les pertes de porcelets avant sevrage étaient plus faibles chez les truies de troisième (0,4) parité que celles des truies de quatrième parité (1,36).

La relation entre le rang de portée et le taux de mortalité des porcelets a été aussi étudiée. Il a été démontré dans les recherches que le risque de mortinatalité augmente avec le rang de portée. Par exemple, Li et al. (2012) ont indiqué que la mortalité des porcelets augmentait avec la parité. Selon Canario et al. (2007), le risque de mortinatalité est 1,6 fois supérieur pour les portées à partir du rang 5 que chez les primipares. D'après un suivi réalisé en station expérimentale, Cariolet et al. (2004) ont constaté que les truies sans mort-né avaient un rang moyen de portée de 2,40 contre 3,04 pour celles avec des mort-nés. Ces faits pourraient être

expliqués par la baisse du tonus musculaire chez les truies âgées et la modification du tractus génital à la suite des mises bas (Le Cozler et al. 2001). D'autres études ont rapporté que cette augmentation de la mortalité des porcelets à la mise bas dans les dernières parités pourrait être associée à des portées plus grandes, à une mise-bas prolongée et à une diminution de la qualité de l'utérus (Knol et al., 2002 ; Damgaard et al. 2003).

La production laitière qui est l'un des paramètres de reproduction importants chez la truie est grandement influencée par la parité. Le travail de Ngo et al. (2012) qui cherchaient à préciser l'effet du rang et de la taille de la portée sur la production laitière des truies a observé que la production de lait était plus faible à la première portée (10 kg/j) et augmentait pour être maximale aux portées 2 à 4 (11 kg/j). Au-delà, la production diminue à nouveau en observant les valeurs les plus basses aux portées 7 et 8 (9,7 kg/j). Il a été aussi constaté que la quantité de lait disponible par porcelet était plus faible à la première portée (925 g/j) et plus élevée aux portées 2 à 5 (1 015 g/j).

1.4.2. Effets de la parité et performances des porcelets

La qualité des performances zootechniques des porcelets représente un facteur fondamental dans la production porcine. L'attention de l'éleveur doit être portée non seulement sur le nombre de porcelets nés vivants et sevrés par portée, mais également sur le poids à la naissance et la croissance appropriée des porcelets.

Dans l'étude de Nevrkla et al. (2021), l'analyse du poids à la naissance individuel des porcelets a montré des valeurs plus élevées (1,42 kg) chez les truies de quatrième parité que celles de troisième parité (1,33 kg). L'étude de Lemoine et Calvar 2016 a aussi révélé que les truies de rangs 2 et 3 ont des poids de porcelets à la naissance plus élevés, respectivement + 0,22 kg et + 0,20 kg que les truies de rang 1. Un effet quadratique de la parité sur le poids moyen à la naissance des porcelets a été constaté par da Silva et al. (2013) où le poids de naissance de la portée plus élevé a été atteint par les truies de 4^e parité, avec des différences respectives de 1,16 % et 5,24 % par rapport aux truies de 5^e et 3^e parité. Le meilleur poids à la naissance des porcelets des truies de 5^e parité par rapport aux truies de 3^e parité était dû au nombre total de porcelets nés, qui était de 9,15 % plus élevé pour les truies de 3^e.

En effet, plusieurs études montrent qu'en matière de poids à naissance des porcelets, de faibles résultats sont souvent obtenus avec les truies de premières et/ou de deuxième parité. Il a été mentionné par Lucbert et Gatel (1988) qu'à un nombre de porcelets égal, le poids moyen des porcelets est plus faible pour les truies de parité 1 que pour ceux de truies de parité 2 avec une différence de 160 g en moyenne. Ces faibles performances chez les jeunes truies semblent être dues à un développement insuffisant de la truie jusqu'au début de la 1^e lactation ou à une perte de poids au cours de cette 1^e lactation (Holving, 2011b).

En ce qui concerne la croissance postnatale des porcelets, ce paramètre a aussi été étudié dans plusieurs recherches qui montrent l'influence de la parité sur l'intensité de croissance des porcelets. Il a été observé un gain de poids plus élevé de la naissance à 24 h après la naissance chez les porcelets nés de truies de premières parités par rapport à des truies de parités élevées (Vasdal et Andersen, 2012). L'étude Nevrkra et al. (2021) a montré que la parité des truies a influencé le gain de poids des porcelets de la naissance jusqu'à l'âge de 14 jours, la différence n'était plus significative au 21^{ème} jour. Il a été observé un poids moins élevé à 7 jours pour les porcelets issus des truies primipares ($2,48 \pm 0,42$ kg) et supérieur de 0,53 kg pour les autres rangs de portée (Lemoine et Calvar, 2016). D'autres études, comme celles de Knecht et al. (2015) et Huting et al. (2015), indiquent aussi que la parité influence le poids au sevrage des porcelets. Cependant, aucun effet significatif de la parité sur le poids au sevrage des porcelets n'a été trouvé dans l'étude de Klimas et al. (2020) qui regardait la croissance des porcelets en fonction de la parité chez les truies de trois races.

1.5. Les objectifs de la recherche

L'objectif général de notre travail de recherche était de valider l'impact de l'alimentation de précision (AP) et de la stratégie « bump feeding » (BF) en gestation chez des truies durant leurs parités 1 à 3 sur leurs performances ainsi que les performances de croissance en post-sevrage de leurs porcelets

Spécifiquement, cette étude visait à :

- Évaluer les effets des différents traitements alimentaires en gestation pour les trois premiers cycles de production des truies sur l'évolution de leur état corporel et de leurs performances en maternité
- Analyser comment la stratégie alimentaire en gestation et le rang de portée affectent les performances en post-sevrage des porcelets.

1.6. Hypothèse

L'alimentation de précision et la stratégie de « bump feeding » améliorent les performances des truies à la mise bas et au sevrage ainsi que les performances de leurs progénitures après le sevrage par rapport à une alimentation de type « flat feeding » pendant leurs trois premiers cycles de production.

CHAPITRE 2 : MATÉRIELS ET MÉTHODE

L'expérience s'est déroulée sur deux sites expérimentaux différents, la maternité de recherche et de formation du Centre de développement du porc du Québec (CDPQ) et la pouponnière du Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD).

2.1. L'expérience à la maternité de recherche du CDPQ

2.1.1. Animaux au CDPQ

La maternité de recherche et de formation du CDPQ se situe à Armagh et compte 336 places dans le bloc de saillie, 405 places dans le bloc de gestation et 135 places dans le bloc de lactation. Lors du démarrage du projet, la maternité était également en démarrage de production, impliquant que l'ensemble des truies d'une bande étaient des nullipares (Yorkshire × Landrace, Olymel, Qc, Canada). La maternité est divisée en 5 bandes qui sont gérées aux 4 semaines. Chacune des bandes comprenait au départ 135 truies par bande. Pour cette étude, une bande de 135 truies a été suivie de leur première parité jusqu'à leur troisième parité, ce qui représentait le suivi de 3 cycles de saillie-gestation-lactation. L'essai a débuté en février 2021 et a pris fin en juin 2022. Les stades du cycle de production incluaient la saillie-début gestation, la gestation en groupe et la lactation et correspondaient aux installations où sont gardées les truies :

- Étape 1 : ***Cage individuelle en bloc de saillie*** qui sont disposés en deux rangées de cages de 61 × 213 cm pour les cochettes et quatre rangées de 71 × 224 cm pour les multipares. C'est l'endroit où les truies ont été gardées pour une période maximale de 35 jours, incluant en moyenne du jour -7 à 28 jours de gestation. Les truies ont été alimentées à l'aide d'un système d'alimentation individualisée qui permettait de mélanger deux aliments différents. Le mélange était distribué une fois par jour à 7 h.
- Étape 2 : ***Parcs de gestation en groupe*** qui permettaient de garder les truies d'une même bande en 2 grands groupes. Il y avait 67 truies par groupe en gestion statique avec une densité de 2,03 m² par truie pour le reste de leur gestation, soit du 28^e au 110^e jour de gestation. Pour les parités 2 et 3, des truies hors du projet ont été utilisées pour maintenir le groupe à 67 truies par groupe. Les truies ont été alimentées à l'aide

des systèmes d'alimentation avec cage autobloquante (Gestal 3G, Jyga Technologie, Qc, Canada). Pour identifier les truies, chacune d'elles avait un transpondeur électronique à l'oreille. Les systèmes d'alimentation étaient disponibles toute la journée, une nouvelle journée d'alimentation débutant à minuit.

- Étape 3 : **Cages de mise bas**, la dimension des logettes était de $-1,83 \times 2,74$ m. Les truies y ont été transférées entre 4 et 6 jours avant la mise bas et y ont été gardées pour toute la durée de la lactation qui était de 19,4 jours en moyenne. Les cages étaient équipées d'une mangeoire, d'un bol économiseur d'eau ainsi que d'une niche à porcelets. En lactation, les truies ont été alimentées à l'aide de systèmes d'alimentation automatisés (Gestal Quattro, Jyga Technologie, Qc, Canada) avec un aliment unique (Aliment-Lactation commercial, Avantis, Qc, Canada) afin de maximiser la consommation des truies. Les truies d'une même bande ont été gardées dans une même grande chambre.

À chacune des parités, les truies transférées dans le bloc saillie ont été inséminées au moment approprié de l'œstrus avec une ou deux doses de semence. Celle-ci était composée de bouteilles de 70 ml avec une concentration de 1,9 milliard spermatozoïdes par dose. L'œstrus était évalué deux fois par jour en présence d'un verrat mature. Les truies qui ont eu un retour en œstrus après l'insémination ont été exclues du projet et retournées vers le troupeau dans une autre bande. Le nombre de truies ayant mis bas pour chacune des parités était donc de 124 pour la parité 1, 84 pour la parité 2 et 59 pour la parité 3.

Avant le transfert en groupe au jour 28 de gestation, un test de gestation a été effectué (SU2 Sonoptek, Chine) afin de valider le statut gestant de la truie. À la suite du transfert en groupe, les truies ont été maintenues dans deux grands enclos qui comprenaient 4 stations d'alimentations automatisées et 8 bols d'eau, soit quatre par parc et des espaces de repos sur une surface en béton plein. Environ 6 jours avant la mise bas, les truies ont été transférées en cage de lactation.. La mise bas des truies n'a pas été induite et les truies étaient assistées seulement au besoin par l'injection d'ocytocine ou par une intervention manuelle. Dans les 24 h suivant la naissance, les porcelets surnuméraires ont été adoptés aux truies du même traitement ayant moins de porcelets que leur nombre de tétines fonctionnelles. Les

traitements usuels et soins aux porcelets, tels, la coupe de la queue, l'injection de fer et de l'analgésique, la castration des mâles, ont été effectués selon la gestion normale de l'élevage. L'aliment en lactation était distribué avec le système d'alimentation afin de maximiser la consommation en lactation.

2.1.2. Traitements expérimentaux au CDPQ

L'expérience a été menée sur une base de comparaison de quatre traitements isoénergétiques, dont deux traitements conventionnels et deux traitements d'AP. L'application des traitements a été possible par l'utilisation de deux aliments, l'un riche (0,53% Lys digestible) et l'autre pauvre (0,35% Lys digestible) en protéines, qui ont été mélangés en des proportions variables selon les différents traitements. Les aliments des traitements Témoin avaient une teneur en lysine digestible standardisée (Lys DIS) constante (0,53 % Lys DIS) pendant toute la gestation : l'un des traitements ayant un apport en quantité d'aliments constant pendant toute la gestation (FF pour *flat feeding*) et l'autre un apport moindre avant 90 jours de gestation puis plus élevé ensuite (BF pour *bump feeding*; l'apport moyen étant identique à FF sur l'ensemble de la gestation). Les deux stratégies d'AP étaient basées sur le modèle InraPorc (Dourmad *et al.*, 2013 ; Gagnon *et al.*, 2017) prenant en compte le poids moyen par rang de portée (APP) dans le calcul des rations ou le poids individuel de chaque truie à la saillie (API ; Figure 1).

2.1.2.1 Apport en aliment

Deux stratégies d'apport en aliment ont été comparées : un apport constant pendant la gestation (traitement FF) ou impliquant un apport moindre jusqu'à 90 jours, puis une augmentation jusqu'à la mise bas (traitement BF, APP et API) (Tableau 3).

Selon l'état de chair des truies à la saillie et au transfert en gestation en groupe, des apports supplémentaires étaient octroyés aux truies (tableau 4 et 5). Au-delà du 50^e jour de gestation, aucun ajustement en fonction de l'état de chair des truies n'était poursuivi.

Tableau 3: Quantité quotidienne d'aliments distribuée aux truies selon le rang de portée et le stade de gestation

TRT	Rang portée	Quantité d'aliment, kg		
		0-28 j	29-89 j	90-110 j
FF	1	2,25	2,43	2,43
	2	2,55	2,55	2,55
	3	2,55	2,55	2,55
BF, APP, API	1	2,25	2,25	3,00
	2	2,43	2,43	3,05
	3	2,43	2,43	3,05

Tableau 4: Quantité supplémentaire d'aliments distribuée par jour, selon l'état de chair aux truies de parité 1 de la saillie au jour 28 de gestation pour les truies de tous les traitements

Parité	Poids saillie kg	Épaisseur de gras, mm	Apport supplémentaire, kg
1	>150	>10	0
		<10	+ 0,40
	140-149	>12	0
		<12	+ 0,40
	135-139	> 17	0
		12-16,9	+ 0,40
		<12	+ 0,70
	<134		+ 0,70
2 et 3	N.A.	< 12	+ 0,68
		12-14,9	+ 0,38
		15-17,9	0
		18-19,9	- 0,19
		> 20	- 0,39

Tableau 5: Quantité supplémentaire d'aliments distribuée selon l'état de chair, par jour aux truies du jour 28 au jour 50 de gestation pour les truies de tous les traitements

Parité	Épaisseur de gras	Aliment dans le bloc-Groupe/Gestation, kg
1	N.A.	0
	< 12 mm	+ 0.68
2 et +	12-14,9 mm	+ 0.38
	15 et +	0

2.1.2.2 Apport en nutriments

Comme précédemment mentionné, les aliments des traitements conventionnels (FF et BF) avaient une teneur en lysine digestible standardisée (Lys DIS) constante (0,53 % Lys DIS) pendant toute la gestation (FF et BF, figure 2). Les traitements d'AP étaient quant à eux variables en fonction de la parité et du jour de gestation, basées sur le modèle InraPorc (Dourmad et al. 2013 ; Gagnon et al. 2017). Pour le traitement APP, les apports en Lys DIS étaient basés sur des paramètres cibles de performances par parité, avec un apport fixe pour les 28 premiers jours de gestation à 0,43 % Lys DIS correspondant aux besoins nutritionnels d'une nullipare à ce stade de gestation. Cette période fixe a été mise en place afin de simuler l'absence de système d'alimentation de précision ne permettant pas de réaliser l'AP à ce stade. Pour le traitement API, les mêmes paramètres cibles de performance ont été utilisés que pour le traitement APP pour établir la teneur en Lys DIS, à l'exception du poids individuel à la saillie où le poids réel de chaque truie a été considéré (API ; Figure 3).

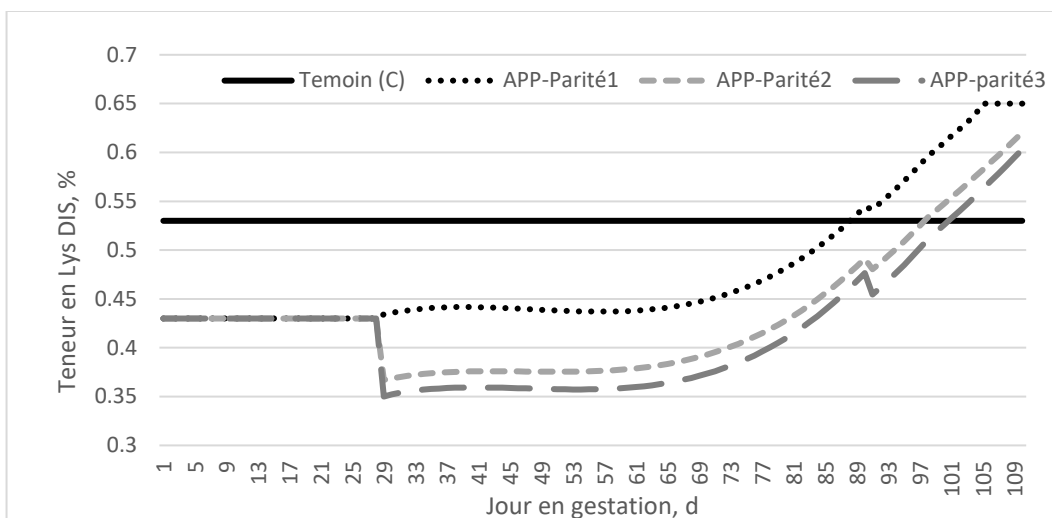


Figure 2 : Teneur en Lys digestible iléale standardisé (DIS) des aliments distribués en fonction du traitement alimentaire (TEM : FF, BF pour toutes les parités, Alimentation de précision parité 1, 2 et 3), du jour en gestation et de la parité de la truie.

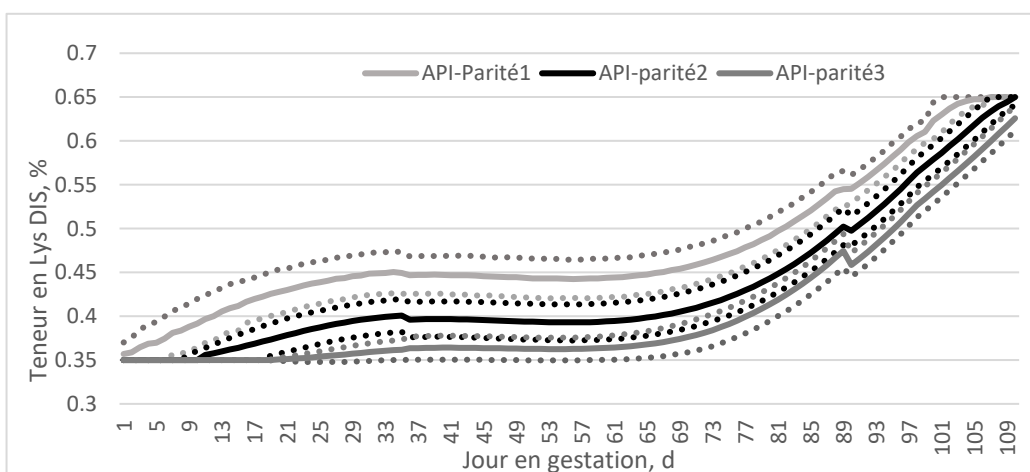


Figure 3: Teneur en Lys digestible iléale standardisé (DIS) des aliments distribués en fonction, du jour en gestation et de la parité de la truie pour le traitement Alimentation de précision individuelle (API).

Pour les différents aliments, la concentration des autres acides aminés était ajustée selon les ratios en acides aminés : Lys digestible établie par le NRC (2012). La concentration en phosphore dans les aliments a été établie dans les aliments afin de répondre aux besoins selon Bikker et Block (2017). La concentration des autres nutriments était établie de manière à répondre aux besoins des truies en gestation (NRC, 2012).

Au début de l'étude, les traitements alimentaires ont été attribués aux cochettes selon une distribution en blocs en utilisant le poids de la cochette à la saillie comme critère de blocage. Les truies conservaient leur traitement alimentaire pour les 3 cycles de gestation. Il y avait donc au départ un total de 33 cochettes par traitement pour un grand total de 132 cochettes. À la première mise-bas, 124 truies ont mis bas alors que 84 et 59 truies ont mis bas à la deuxième et troisième parité, respectivement. Cette réduction du nombre d'unités du cycle 1 au cycle 3 est dû à l'exclusion de truies reformées et celles qui n'étaient pas gestante après la première insémination à la suite du sevrage.

2.1.3. Composition des aliments

L'expérience a été menée sur l'utilisation d'un mélange de deux aliments dont la composition en ingrédients a été fixée pour toute la durée de l'essai (tableau 6). Pour adapter les proportions d'aliments selon les traitements et le temps en gestation ainsi qu'en fonction de chacune des truies, les deux aliments ont été mélangés dans des proportions différentes afin d'obtenir la concentration en lysine digestible prévue selon les différents traitements.

2.1.4. Collecte des données au CDPQ

À la mise bas, les nombres de porcelets totaux, nés vivants, mort-nés et momifiés ont été comptabilisés. Les porcelets nés vivants et mort-nés ont été pesés individuellement 24 heures après la mise bas. Les porcelets surnuméraires ont été transférés après leur pesée aux truies du même traitement avec des tétines libres. Le poids de ces porcelets transférés a aussi été noté afin d'assurer un suivi du poids de chaque portée. Pendant la lactation, le poids, le moment et la cause de mortalité des porcelets morts ont été notés. Au sevrage, le poids des porcelets a aussi été évalué.

Le poids et l'épaisseur de gras dorsal au site P2 (Ultra Scan 50, Alliance Medical inc. Limerick Irlande) des truies ont été mesurés à la saillie, au transfert en groupe, à 90 jours de gestation, au transfert en cages de lactation/mise bas et au sevrage. La distribution journalière des aliments a été enregistrée en continu par les systèmes d'alimentation pendant les différentes phases d'élevage.

Tableau 6: Formulation et composition nutritionnelle des aliments expérimentaux utilisés en gestation

Ingrédient, g/kg	Aliment A	Aliment B
Maïs	577,6	423,7
Tourteau de Soja - 47 %		39,1
Remoulage de blé	300,0	300,0
Drêche de maïs (Varenes)		139,2
Écale d'avoine	100,8	37,2
Tourteau de Canola		25,0
Gras animal et végétal		
Pierre à Chaux	11,6	22,4
Phosphate monocalcique		1,92
Sel	4,93	4,49
Lysine HCL	0,95	2,50
Thréonine	0,29	1,12
Chlorure de Choline	0,72	0,72
QUANTUM B 5000 L	0,04	0,15
Microprémélange Truie 2,5 kg SP	2,50	2,50
Composition nutritionnelle calculée		
Énergie nette truie, kcal/kg	2220	2219
Protéine Brute, %	10,0	15,4
Protéine Brute analysé, %	10,2	16,2
Lys tot, %	0,45	0,81
Lysine DIS %	0,35	0,65
Lys tot analysé, %	0,44	0,80
Méthionine + Cystéine SID, %	0,31	0,50
Thréonine SID, %	0,28	0,52
Tryptophane SID, %	0,08	0,13
Isoleucine, %	0,26	0,43
Valine, %	0,37	0,56
Leucine, %	0,71	1,11
Arginine, %	0,50	0,75
Gras brute, %	3,3	4,1
Fibre brute, %	7,1	6,1
Calcium, %	0,52	1,00
Phosphore, %	0,47	0,64
Phosphore disponible, %	0,20	0,40
Sodium, %	0,2	0,2
Vitamine A, UI	10,00	10,00
Vitamine D, UI	1,50	1,50
Vitamine E, UI	0,06	0,06

2.2. L'expérience à la pouponnière du CRSAD

2.2.1. Animaux au CRSAD

Au sevrage des porcelets, cinq portées par traitement par bande, par parité ont été sélectionnées, ce qui totalise 20 portées par bande par parité. Parmi les porcelets de chacune des portées sélectionnées, cinq porcelets représentatifs ont été choisis pour être transférés à la pouponnière du Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD). Ainsi, 5 porcelets de taille moyenne de 5 portées par traitement, en excluant les extrêmes des porcelets de ces portées, ont été choisis. L'ensemble des 20 portées sélectionnées devait être né à plus ou moins un jour de différence et devait être représentatif des autres portées des mêmes traitements.

À l'arrivée, les 5 porcelets d'une même portée ont été rassemblés dans un même parc mesurant $1,21 \times 1,52$ m, totalisant ainsi 20 parcs. À la fin de l'expérience, un total de 300 porcelets repartis en 60 unités expérimentales, soit 15 unités expérimentales/traitement a été suivi.

2.2.2. Traitements alimentaires au CRSAD

Les porcelets au CRSAD ont été nourris selon le programme alimentaire conventionnel à trois phases avec trois aliments commerciaux d'Agri Marché (St-Isidore, Qc, Canada) : Sevrage hâtif (Protéine brute : 19,4 % ; Matière grasse : 6,3 % ; Fibre brute : 2,0 % ; Calcium : 0,80 % ; Phosphore : 0,75 % ; Sodium : 0,50 %), Junior poupon (Protéine brute : 20,4 % ; Matière grasse : 4,9 % ; Fibre brute : 3,0 % ; Calcium : 0,80 % ; Phosphore : 0,65 % ; Sodium : 0,35 %) et Super début (Protéine brute : 16,1 % ; Matière grasse : 4,5 % ; Fibre brute : 3,0 % ; Calcium : 0,65 % ; Phosphore : 0,50 % ; Sodium : 0,25 %). Les phases 1, 2 et 3 correspondaient aux jours 0-14, 14-28 et 28-42 après le sevrage.

2.2.3. Prélèvements et collectes de données au CRSAD

Pour chaque bande/parité, les 100 porcelets ont reçu les aliments des phases 1, 2 et 3 selon les trois phases prévues et la consommation alimentaire a été journalièrement notée pour chaque parc. Les prises de poids par porcelet ont été faites à l'arrivée et aux jours 14, 28 et 42. Ces données ont donc permis d'évaluer le gain moyen quotidien (GMQ), la

consommation journalière (CJ) et la conversion alimentaire (CA) des porcelets pour chacun des parcs pour les phases 1, 2 et 3 et pour toute la durée totale des trois phases.

De plus, un porcelet par parc a été scanné avec un ostéodensitomètre (absorptiométrie à rayons X à double intensité [DXA], DPX-L; Lunar Corp., Madison, WI, USA) à 2 reprises, soit entre la première et la deuxième phase d'alimentation (jour 14) et à la fin de la période expérimentale (jour 42) afin d'évaluer les contenus minéral osseux, en maigre et en gras de chaque porcelet. Pour procéder au scan du porcelet vivant, ce dernier a été anesthésié préalablement à l'aide de gaz anesthésiants (préanesthésie avec le sévoflurane [Sevorane; Abbott Laboratories, North Chicago, IL, USA] suivi de l'isoflurane [IsoFlo; Abbott Laboratories] pour maintenir l'anesthésie) en utilisant des masques adaptés selon la taille du porcelet. Une fois le porcelet anesthésié, il a été déposé sur la table du scan et la numérisation a été réalisée et les contenus en maigre, en minéral osseux et en gras ont été estimés à partir des données du scan. Après la première numérisation, les porcelets ont été réveillés dans une pièce calme puis retournés dans leurs enclos.

Après la deuxième numérisation, le porcelet a été euthanasié sous anesthésie générale pour prélever un échantillon de muscles (*Longissimus dorsi*) à des fins d'analyses métabolomiques. L'euthanasie a été effectuée avec un percuteur perforant afin d'assurer une mort rapide des porcelets. Une fois euthanasié, un prélèvement d'échantillons de muscles a été fait en positionnant la carcasse de l'animal sur le ventre pour faire une incision au niveau de la partie centrale de la longe à une profondeur de 2 cm afin d'extraire un carré de 2 cm de côté. De cet échantillon prélevé, le gras a été séparé du muscle, pour être coupé en morceaux, congelé immédiatement sous glace sèche et conservé à -80°C avant les analyses de métabolomique.

2.3. Travaux de laboratoires

2.3.1. Préparation des échantillons pour l'analyse métabolomique

La préparation des échantillons de muscle a été faite en se basant sur le travail de Wang et al. (2021). Brièvement, 80 mg de muscle ont été pesés et mis dans un tube de 15 ml (Screw cap Tube Conical Base/15 ml PP GWB). À cet échantillon, 200 μ L d'eau distillée ultrapure

ont été ajoutés, puis le mélange a été homogénéisé à l'aide d'un homogénéisateur (Tissue mixer modèle Fisher Scientific, USA) et mélangé à l'aide d'un vortex (vortex mixer modèle Fisher Scientific, USA). Par la suite, 800 µL d'une solution de méthanol + acétonitrile (1 :1) préalablement préparée a été ajoutée et le mélange a été homogénéisé à nouveau à l'aide du vortex. Par la suite, l'échantillon a été soniqué (Symphony – VWR) en ajoutant de la glace dans l'appareil pour maintenir la température à 4°C. La sonication a duré 4 périodes de 15 minutes. À la suite, l'échantillon a été incubé pendant une heure à -20°C pour laisser précipiter les protéines. Après l'heure d'incubation au -20°C, l'échantillon a été centrifugé (Thermo Scientific modèle Sorvall Legend XTR centrifuge) à 14 000 × g pendant 20 min à 4°C. À la sortie de la centrifugeuse, le surnageant a été récolté et transféré dans un tube de 1,5 mL, puis conservé à -80°C avant d'être envoyés au laboratoire pour analyses

2.3.2. Analyse de métabolomique des échantillons musculaires

L'analyse des métabolites du muscle a été réalisée en se basant sur les métabolites mis en évidence par Ramsay et al. (2018) pour des porcelets de croissance normale ou faible au moment du sevrage. Trente métabolites ont été mis en évidence par Ramsay et al. (2018) et 24 ont pu être détectés à la suite de l'analyse réalisée. L'analyse du métabolome musculaire a été réalisée avec un ABSciex TripleTOF 6600 (ABSciex, Foster City, CA, USA) équipé d'une interface électrospray avec un capillaire iD de 100 µm couplé à un Nexera XR (Shimadzu, Kyoto, Japon). Le logiciel Analyst TF 1.8 a été utilisé pour contrôler l'instrument ainsi que pour le traitement et l'acquisition des données. L'acquisition a été réalisée en mode SWATH. La tension de la source a été fixée à 5,5 kV et maintenue à 500°C ; le gaz rideau a été réglé à 50 psi, le gaz source d'ions un à 50 psi et le gaz source d'ions deux à 40 psi. Les phases mobiles étaient constituées des solvants suivants A (H₂O + 10 mM NH₄ pH 3,8) et solvant B (ACN : H₂O (95:5) + 10 mM NH₄ pH 3,8) à un débit de 400 µL/min pour une durée totale de 25 minutes. À la suite des analyses chromatographiques, les échantillons ont été analysés à l'aide de MS-Dial à l'aide de la bibliothèque MS Bank (métabolites positifs). Les données ont été normalisées à l'aide du chromatogramme ionique total (TIC).

2.4. Analyses statistiques

Les données en maternité et en post-sevrage ont été analysées à l'aide du logiciel Minitab Statistical Software (version 21). Pour les analyses en post-sevrage, l'enclos de 5 porcelets d'une même portée a été considéré comme l'unité expérimentale alors que pour les données en maternité, la truie ou sa portée était l'unité expérimentale. Autant pour les données en maternité et en post-sevrage, la fonction procédure MIXE a été utilisée sauf pour les pourcentages de mort-nés et la mortalité naissance-sevrage où la distribution de Poisson a été utilisée. Pour les données en maternité, le modèle statistique incluait l'effet fixe du traitement (FF, BF, APP ou API) reçu par la truie et la parité/bande de la truie alors que le bloc constitué du poids de la cochette au début de l'expérience a été considéré comme un effet aléatoire. Pour les données en post-sevrage, le modèle statistique incluait toujours l'effet fixe du traitement (FF, BF, APP ou API) reçu par la truie et la parité/bande de la truie alors que le bloc du poids des porcelets au sevrage a été considéré comme un effet aléatoire. Les effets fixes du modèle statistique étaient considérés significatifs à $P \leq 0,05$, et les tendances à $0,05 < P \leq 0,10$.

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

3.1.1. Résultats associés aux truies

3.1.1.1. État corporel (poids, épaisseur de gras dorsal et profondeur du muscle) des truies selon leur parité et les traitements alimentaires

Les tableaux 7 et 8 présentent l'évolution de l'état corporel des truies et leurs performances en gestation et en lactation au cours des 3 cycles de production. Selon les résultats obtenus, il a été observé que le poids et l'épaisseur de gras dorsal des truies étaient significativement affectés par le rang de portée au cours du cycle de production, mais ces effets variaient selon les traitements alimentaires. Le poids des truies à la saillie n'a pas été influencé par les traitements, mais augmentait avec le rang de portée ($P < 0,001$, tableau 7). Les poids au transfert en groupe, à 90 jours de gestation et avant la mise-bas étaient plus élevés à la parité 3, mais les différences entre les parités étaient plus importantes pour le traitement FF par rapport aux autres traitements (Interaction, Parité \times Traitement, $P < 0,05$, tableau 8). Au sevrage, le poids augmentait avec le rang de portée ($P < 0,001$), mais n'a pas été affecté par les traitements alimentaires. Le gain de poids en gestation augmentait du rang de portée 1 à 3 et il était plus élevé pour le APP comparativement à BF avec des valeurs intermédiaires pour les traitements FF et API ($P < 0,036$). La perte de poids de la mise bas au sevrage augmentait du rang de portée 1 à 3 ($P < 0,001$), mais n'a pas été affectée par le traitement alimentaire.

L'épaisseur de gras dorsal à la saillie était plus élevée au premier rang de portée comparativement au rang de portées deux et trois ($P < 0,001$), mais n'a pas été modifiée par les traitements. Au transfert en groupe, l'épaisseur de gras dorsal a diminué avec le rang de portée, mais à ce moment le traitement BF a haussé l'épaisseur de gras dorsal au premier rang de portée alors que le traitement APP a diminué cette épaisseur des truies à leur deuxième rang de portée (Interaction, Parité \times Traitement, $P < 0,032$). À la mise bas, l'épaisseur de gras dorsal diminuait aussi avec le rang de portée, mais dans ce cas le traitement API a augmenté l'épaisseur de gras dorsal, mais seulement à la deuxième parité (Interaction, Parité \times Traitement, $P < 0,045$). Au sevrage, seulement l'augmentation du rang

de portée d'un à trois a réduit l'épaisseur de gras dorsal ($P < 0,001$). Le gain d'épaisseur de gras dorsal en gestation a varié selon les traitements et le rang de portée des truies. Pour le premier rang de portée, l'épaisseur de gras dorsal n'a pas été affectée par les traitements ($P=0,2$) alors qu'au deuxième rang de portée le gain était plus faible pour le FF et le BF comparativement aux traitements APP et API. Au troisième rang de portée, le traitement APP a montré un gain plus élevé que le BF et le traitement API avec une valeur intermédiaire pour le FF (Interaction Parité \times Traitement, $P < 0,026$). Finalement, la perte d'épaisseur de gras dorsal était plus élevée pour le rang de portée un comparativement au rang de portées deux et trois ($P < 0,001$), mais n'a pas été affectée par les traitements. La profondeur du muscle à la saillie a augmenté avec la parité des truies ($P < 0,001$). Au transfert en groupe, l'épaisseur de muscle était plus élevée à la parité deux comparativement aux parités un et trois ($P < 0,001$). À la mise bas, l'inverse a été observé avec une valeur de profondeur de muscle plus élevée pour les parités un et trois comparativement à la parité deux ($P < 0,001$). La variation de la profondeur de muscle entre la saillie et la mise bas a montré un gain pour les truies en parité un alors que des pertes ont été notées pour les parités deux et trois ($P < 0,001$). Au sevrage, l'épaisseur de muscle était plus élevée à la parité deux comparativement à la parité un avec une valeur intermédiaire pour les truies de parité trois ($P < 0,001$). La variation de la profondeur de muscle de la mise bas au sevrage a montré une perte pour la parité un alors qu'un gain a été noté pour les truies de parité deux et trois ($P < 0,001$). Les traitements alimentaires en gestation n'ont eu aucun effet sur la profondeur et la variation de la profondeur de muscle pendant la gestation.

Tableau 7: État corporel (poids, épaisseur de gras dorsal et profondeur du muscle) des truies selon leur parité et les traitements alimentaires

Variables et unités	Traitement						Parité				Interaction	
	FF	BF	APP	API	SEM	P-value	1	2	3	SEM	P-value	P-value
Poids à la saillie, kg	187,02	186,4	183,44	188,58	1,99	0,357	154,30 ^c	189,70 ^b	215,06 ^a	1,2	0,000	0,087
Poids au transfert en groupe, kg	200,11	196,42	195,012	196,67	1,68	0,173	173,93 ^c	198,54 ^b	218,701 ^a	1,01	0,000	0,000
Poids à 90 jours de gestation, kg	226,53	222,83	221,79	223,5	1,7	0,224	202,74 ^c	226,78 ^b	241,46 ^a	1,04	0,000	0,000
Poids à 110 jours de gestation (mise bas), kg	239,74	238,85	240,12	240,82	1,83	0,894	220,26 ^c	243,16 ^b	256,27 ^a	1,44	0,000	0,035
Poids au sevrage, kg	212,67	212,50	210,59	214,36	2,81	0,748	188,72 ^c	214,34 ^b	234,54 ^a	1,34	0,000	0,455
Variation de poids pendant la gestation, kg	52,83 ^{ab}	51,94 ^b	56,94 ^a	52,60 ^{ab}	1,37	0,036	65,95 ^a	53,42 ^b	41,37 ^c	1,23	0,000	0,294
Variation de poids pendant la lactation, kg	-26,72	-25,83	-29,95	-26,39	1,67	0,346	-31,55 ^c	-28,48 ^b	-21,64 ^a	1,1	0,000	0,325
Épaisseur de gras à la saillie, mm	13,97	14,60	13,08	13,74	0,48	0,236	14,66 ^a	13,79 ^b	13,10 ^b	0,3	0,000	0,713
Épaisseur de gras dorsal au transfert en groupe, mm	14,195	14,323	13,593	14,361	0,47	0,670	15,736 ^a	13,95 ^a	12,668 ^c	0,26	0,000	0,032
Épaisseur de gras à la mise bas, mm	15,64	15,83	15,23	15,94	0,58	0,853	17,23 ^a	15,32 ^b	14,44 ^c	0,33	0,000	0,045
Épaisseur de gras au sevrage, mm	12,75	13,21	12,21	13,05	0,53	0,496	13,43 ^a	12,97 ^b	12,02 ^c	0,26	0,000	0,580
Variation de gras pendant la gestation, mm	1,86	1,35	2,32	1,98	0,3	0,202	2,65 ^a	1,65 ^b	1,35 ^b	0,22	0,000	0,026
Variation de gras pendant la lactation, mm	-2,81	-2,70	-3,16	-2,88	0,29	0,763	-3,76 ^b	-2,39 ^a	-2,51 ^a	0,2	0,000	0,239
Profondeur du muscle à la saillie, mm	64,98	63,49	63,54	65,03	0,89	0,435	61,17 ^c	64,860 ^c	66,75 ^c	0,59	0,000	0,096
Profondeur muscle au transfert groupe, mm	65,89 ^a	63,05 ^b	65,74 ^{ab}	66,53 ^a	0,93	0,052	64,45 ^b	67,46 ^a	63,991 ^c	0,59	0,000	0,109
Profondeur du muscle à la mise bas, mm	63,81	62,15	63,1	63,14	0,90	0,629	64,72 ^a	60,95 ^b	63,477 ^a	0,57	0,000	0,943
Profondeur du muscle au sevrage, mm	65,64	65,12	64,7	66,36	1,02	0,700	64,41 ^b	66,34 ^a	65,614 ^{ab}	0,62	0,005	0,971
Variation de muscles pendant la gestation, mm	-1,25	-1,14	-0,16	-1,43	0,72	0,645	3,48 ^a	-3,66 ^b	-2,81 ^b	0,57	0,000	0,378
Variation de muscles pendant la lactation, mm	2,06	2,90	1,22	3,13	0,7	0,241	-0,28 ^c	5,40 ^a	1,86 ^b	0,6	0,000	0,991

Nombre de truies : Parité 1 : 124, Parité 2 : 84, Parité 3 : 59 ; FF (flat feeding) : 73, BF (bump feeding) : 64, APP (alimentation de précision par parité) : 57 ; API (alimentation de précision individuelle) : 70 ; Interaction : Parité × Traitement

Tableau 8: État corporel (poids et épaisseur de gras dorsal) des truies en maternité en fonction de l'interaction parité × traitements

Traitement	Rang de portée	Poids à la saillie (kg)	Poids transfert (kg)	Poids G90 (kg)	Poids MB	Gras dorsal transfert (mm)	Gras dorsal MB (mm)	Gain de gras gestation (mm)
FF	1	154	174	201	217	15,57	17,02	2,80
	2	189	201	229	243	14,08	14,75	0,94
	3	218	225	248	258	12,94	15,17	1,85
BF	1	155	174	203	221	16,39	17,82	2,52
	2	191	200	225	242	14,42	15,36	1,11
	3	212	215	239	253	12,15	14,31	0,43
APP	1	154	174	203	222	15,39	16,75	2,38
	2	185	193	223	241	12,91	14,88	2,30
	3	211	217	238	256	12,48	14,10	2,30
API	1	155	173	202	220	15,60	17,35	2,89
	2	193	199	228	245	12,15	16,29	2,24
	3	218	218	239	256	13,10	14,20	0,82
Valeur P interaction		0,082	0,001	0,001	0,035	0,032	0,045	0,026

Nombre de truies : Parité 1 : 124, Parité 2 : 84, Parité 3 : 59 ; FF (flat feeding) : 73, BF (bump feeding) : 64, APP (alimentation de précision par parité) : 57 ; API (alimentation de précision individuelle): 70

3.1.1.2. La consommation des truies selon leur parité et les traitements alimentaires

Le tableau 9 présente le niveau de consommation des truies en fonction de la parité et des traitements alimentaires reçus. Les résultats montrent qu'entre la saillie et la mise en groupe, la consommation moyenne quotidienne (CMQ) a augmentée avec la parité de la truie et tendait à être plus importante lorsque les truies recevaient le traitement FF comparativement au BF avec des profils intermédiaires pour les traitements APP et API (Interaction Parité × Traitement, $P < 0,072$). Le même effet a été observé pour la parité pendant la période en groupe, mais la CMQ pendant cette phase était supérieure chez les truies qui recevaient l'alimentation de précision (APP et API) (Interaction, Parité × Traitement, $P < 0,001$). Toutefois, la CMQ pour la gestation complète n'a pas été affectée par les traitements alimentaires en gestation, mais était plus faible pour les truies de parité 1 comparativement à celle de parité 3 avec une valeur intermédiaire pour la parité 2 ($P < 0,001$). Ces différences s'expliquent par les quantités d'aliment distribuées aux truies qui étaient établies selon la

parité, l'état de chair et le moment de la gestation. En lactation, la CMQ a augmenté avec la parité des truies ($P < 0,001$) avec aucun effet des traitements alimentaires.

Tableau 9 : Prise alimentaire des truies en gestation et lactation selon le traitement reçu (FF (flat feeding), BF (bump feeding), APP (alimentation de précision par parité), API (alimentation de précision individuelle)) et la parité

TRT	J1-J28 (kg/j)	J29-J110 (kg/j)	G1-G110 (kg/j)	Lactation (kg/j)
<i>Traitements</i>				
FF	2,73 ^a	2,60 ^b	2,64	6,24
BF	2,55 ^b	2,62 ^{ab}	2,60	6,55
APP	2,66 ^{ab}	2,63 ^a	2,65	6,30
API	2,65 ^{ab}	2,63 ^a	2,64	6,31
SEM	0,035	0,007	0,015	0,12
Valeur <i>P</i>	0,006	0,001	0,148	0,307
<i>Parité</i>				
1	2,40 ^c	2,49 ^c	2,46 ^a	5,40 ^b
2	2,72 ^b	2,67 ^b	2,68 ^{ab}	6,84 ^a
3	2,82 ^a	2,71 ^a	2,75 ^b	6,80 ^a
SEM	0,025	0,005	0,015	0,079
Valeur <i>P</i>	0,001	0,004	0,001	0,000
<i>P</i> × <i>T</i>	0,072	0,001	0,610	0,708

Nombre de truies : Parité 1 : 124, Parité 2 : 84, Parité 3 : 59 ; FF (flat feeding) : 73, BF (bump feeding) : 64, APP (alimentation de précision par parité) : 57 ; API (alimentation de précision individuelle) : 70

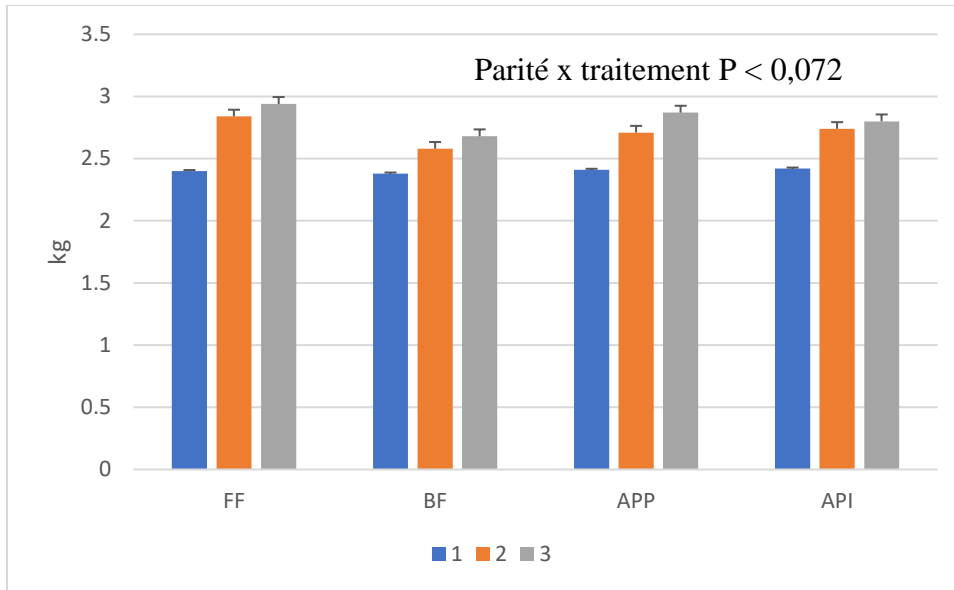


Figure 4: Consommation alimentaire de la saillie au jour 28 de gestation pour les truies des parités 1 à 3 pour tous les traitements flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)

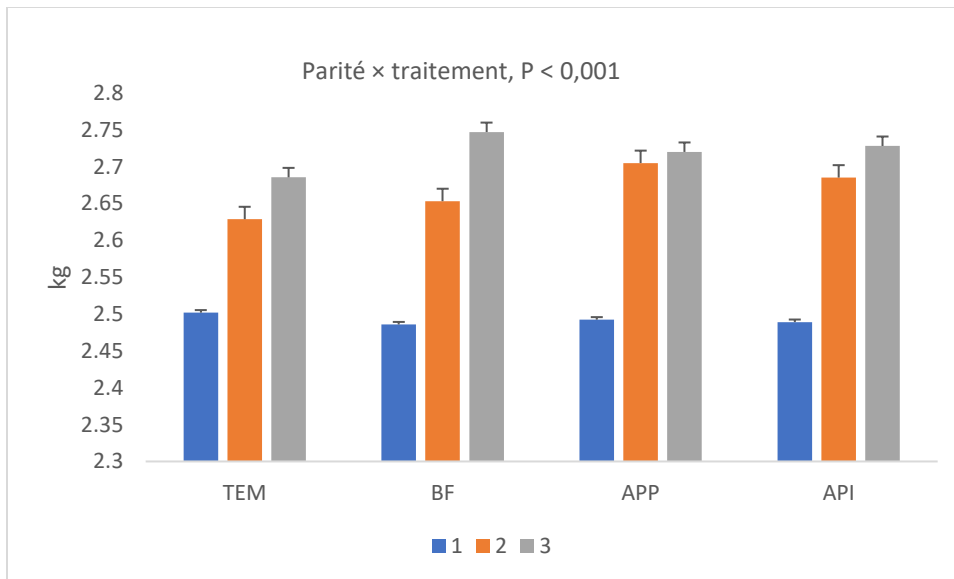


Figure 5: Consommation alimentaire du jour 28 au jour 110 de gestation pour les truies des parités 1 à 3 pour tous les traitements flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)

3.1.1.3. Les performances de mise bas et croissance des portées des truies selon leur parité et les traitements alimentaires

Les performances à la mise bas ont montré que les nombres de nés totaux et de nés vivants étaient plus élevés au rang de portée trois comparativement au rang de portée deux avec des valeurs intermédiaires au rang de portée un ($P < 0,010$, Tableau 10), mais n'ont pas été affectés par les traitements alimentaires. Le même résultat pour la parité ($P < 0,027$) et les traitements alimentaires a été observé pour le nombre de vivants à 24 h avant les adoptions. Le nombre de mort-nés était plus élevé au rang de portée trois comparativement au rang de portées un et deux ($P < 0,003$; Tableau 11). Le pourcentage de mort-nés était aussi plus élevé pour les truies de parité trois, mais la différence n'a pas été observée pour celles recevant le traitement BF (Interaction, Parité \times Traitement, $P < 0,004$; Figure 6.a). Le nombre et le pourcentage de morts naissance-24 h a été affecté par le traitement alimentaire, mais l'effet variait selon la parité (Interaction, Parité \times Traitement, $P < 0,004$; Figure 6.b). Globalement, les truies du traitement APP avaient des valeurs plus faibles de pourcentage et de nombre de morts naissance-24 h, mais avec des effets variables selon la parité de la truie. Au rang de portée un, le nombre et le pourcentage de morts naissance-24 h était plus élevé pour le traitement BF avec un niveau plus faible pour le traitement FF. Au rang de portée trois, le nombre plus élevé a été observé avec le traitement FF alors que les valeurs plus faibles ont été obtenues pour le traitement APP. Au rang de portée deux, les valeurs plus faibles ont été observées avec les traitements BF et APP. Après les adoptions à 24 h, le nombre de porcelets était plus élevé pour les rangs de portée un et trois comparativement au rang de portée deux ($P < 0,001$), mais n'a pas été affecté par les traitements alimentaires. Durant le reste de la lactation de 24 h au sevrage, le nombre de morts n'a pas été affecté par la parité ou le traitement alimentaire en gestation. Toutefois, le pourcentage de morts 24 h-sevrage étaient globalement plus faible pour le traitement APP et plus élevé pour le traitement API alors que pour les traitements FF et BF un pourcentage élevé était seulement observé en parité trois (Interaction, Parité \times Traitement, $P < 0,002$; Figure 6.c). Finalement, le nombre de porcelets sevrés était plus élevé pour les rangs de portée trois et un comparativement au rang de portée deux ($P < 0,005$), mais n'a pas été influencé par les traitements alimentaires.

Les poids de la portée à la mise bas et durant la lactation et la croissance des porcelets n'ont pas été affectés par les traitements alimentaires. Les données de croissance de la portée pendant la lactation ont montré que le poids de la portée à la naissance était plus élevé pour les rangs de portée deux et trois comparativement au rang un ($P < 0,001$, Tableau 11). À 24 h avant les adoptions, le poids de la portée était plus élevé pour le rang de portée trois en comparaison au rang de portée un et 2 ($P < 0,001$). Après les adoptions et au sevrage, le poids de la portée était plus élevé pour les rangs de portée deux et trois comparativement au rang un ($P < 0,001$). Le gain de poids de la portée de 24 h au sevrage était également plus élevé pour les rangs deux et trois comparativement au rang un ($P < 0,001$). L'analyse du poids moyen des porcelets a montré que les poids moyens des porcelets à la mise bas ainsi qu'à 24 h avant et après l'adoption étaient plus élevés pour les truies des rangs de portée deux et trois comparativement au rang de portée 1 ($P < 0,001$). Au sevrage, le poids des porcelets était plus élevé pour le rang de portée deux suivi du rang trois et du rang un où le poids des porcelets était le plus faible ($P < 0,001$). Finalement, le gain des porcelets de 24 h au sevrage était plus élevé pour les rangs de portée deux et trois comparativement au rang 1 ($P < 0,001$).

Tableau 10: Performances de mise bas et de portée des truies selon leur parité et les traitements alimentaires (*flat feeding (FF)*, *bump feeding (BF)*, *alimentation de précision par parité (APP)* et *alimentation de précision individuelle (API)*)

Variables et unités	Traitement						Parité			Interaction		
	FF	BF	APP	API	SEM	P-value	1	2	3	SEM	P-value	P-value
Nombre (Nb) de nés totaux (NT)/portée	15,03	15,02	14,83	14,67	0,47	0,940	14,76 ^{ab}	14,10 ^b	15,82 ^a	0,35	0,005	0,407
Nb de nés vivants (NV)/portée	14,10	14,44	13,88	13,95	0,43	0,820	14,19 ^{ab}	13,43 ^b	14,67 ^a	0,33	0,031	0,337
Nombre de porcelets vivants 24h avant adoption/portée, porcelet	13,45	13,89	13,58	13,39	0,42	0,851	13,68 ^{ab}	12,89 ^b	14,17 ^a	0,33	0,027	0,304
Nombre de porcelets vivants 24h après adoption/portée, porcelet	13,14	13,51	13,48	13,38	0,15	0,292	13,39 ^a	12,93 ^b	13,82 ^a	0,12	0,000	0,111
Nb porcelets sevrés/portée	12,30	12,60	12,72	12,20	0,16	0,118	12,61 ^a	12,10 ^b	12,68 ^a	0,13	0,005	0,288
Poids total portée naissance, kg/portée	21,12	20,41	20,44	19,25	0,57	0,120	18,68 ^c	20,23 ^b	22 ^a	0,41	0,000	0,361
Poids portée vivant naissance, kg	20,1	19,61	19,34	18,56	0,51	0,171	18,12 ^b	19,4 ^a	20,68 ^a	0,38	0,000	0,510
Poids portée à 24h avant adoption, kg	19,48	19,26	19,10	18,12	0,52	0,241	17,76 ^b	18,89 ^b	20,31 ^a	0,40	0,000	0,842
Poids portée 24h après adoption, kg	19,25	18,61	19,12	18,36	0,45	0,457	17,44 ^b	19,12 ^a	19,95 ^a	0,32	0,000	0,521
Poids portée au sevrage, kg/portée	75,34	74,07	75,57	72,86	1,69	0,648	65,8 ^b	78,17 ^a	79,42 ^a	1,54	0,000	0,434
Gain de poids portée 24h-sevrage, kg/porté	58,89	58,05	58,29	56,69	1,54	0,767	50,77 ^b	61,38 ^a	61,80 ^a	1,05	0,000	0,713
Poids moyen porcelet à la naissance, kg/porcelet	1,42	1,38	1,43	1,33	0,03	0,146	1,29 ^c	1,48 ^a	1,41 ^b	0,02	0,000	0,404
Poids porcelet vivant 24h avant adoption, kg	1,46	1,40	1,45	1,37	0,03	0,137	1,31 ^b	1,50 ^a	1,45 ^a	0,02	0,000	0,179
Poids porcelet 24h après adoption, kg	1,46	1,38	1,43	1,37	0,03	0,192	1,30 ^b	1,48 ^a	1,44 ^a	0,02	0,000	0,253
Poids moyen porcelet au sevrage, kg	6,08	5,89	5,97	6,01	0,10	0,616	5,24 ^c	6,48 ^a	6,24 ^b	0,07	0,000	0,249
Gain de poids porcelet 24h-sevrage, kg	4,75	4,61	4,61	4,68	0,10	0,751	4,05 ^b	5,07 ^a	4,87 ^a	0,07	0,000	0,300

Nombre de truies : Parité 1 : 124, Parité 2 : 84, Parité 3 : 59 ; FF (flat feeding) : 73, BF (bump feeding) : 64, APP (alimentation de précision par parité) : 57; API (alimentation de précision individuelle): 70

Interaction : Parité × Traitement

Tableau 11: Mort-nés et mortalité de la naissance au sevrage des porcelets en fonction du traitement alimentaire (*flat feeding (FF)*, *bump feeding (BF)*), *alimentation de précision par parité (APP)* et *alimentation de précision individuelle (API)*) reçue et du rang de portée

	Mort-nés	Mort-nés, %	Mort- Naissance-24h	Mort Nais- 24h, %	Mort 24h- Sevrage	Mort 24h- Sevrage, %
Traitement						
FF	0,9 [0,5-1,378]	5,51 [4,63-6,55]	0,63 [0,380-1,051]	4,18 [3,42-5,09]	0,84 [0,540-1,310]	6,35 [5,41-7,47]
BF	0,56 [0,319-1,021]	3,64 [2,89-4,59]	0,61 [0,364-1,075]	4,38 [3,61-5,36]	0,91 [0,571-1,459]	6,55 [5,50-7,81]
APP	0,95 [0,585-1,559]	5,70 [4,67-6,97]	0,30 [0,147-0,732]	2,04 [1,52-2,79]	0,77 [0,450-1,322]	5,39 [4,41-6,61]
API	0,72 [0,444-1,171]	4,42 [3,64-5,38]	0,56 [0,327-0,982]	3,86 [3,14-4,77]	1,18 [0,801-1,727]	8,55 [7,41-9,86]
<i>P-Value</i>	<i>0,734</i>	<i>0,026</i>	<i>0,002</i>	<i>0,001</i>	<i>0,227</i>	<i>0,001</i>
Parité						
Parité 1	0,56 [0,354-0,902]	3,46 [2,87-4,18]	0,51 [0,320-0,834]	3,70 [3,10-4,42]	0,78 [0,528-1,166]	5,71 [4,92-6,61]
Parité 2	0,65 [0,382-1,105]	4,13 [3,35-5,10]	0,55 [0,315-0,980]	3,63 [2,91-4,53]	0,84 [0,530-1,343]	6,29 [5,31-7,46]
Parité 3	1,14 [0,715-1,839]	6,87 [5,66-8,34]	0,52 [0,277-1,066]	3,51 [2,74-4,56]	1,15 [0,713-1,855]	8,13 [6,81-9,73]
<i>P-Value</i>	<i>0,003</i>	<i>0,001</i>	<i>0,110</i>	<i>0,201</i>	<i>0,126</i>	<i>0,001</i>
<i>P × T</i>	<i>0,136</i>	<i>0,001</i>	<i>0,004</i>	<i>0,001</i>	<i>0,721</i>	<i>0,002</i>

Nombre de truies : Parité 1 : 124, Parité 2 : 84, Parité 3 : 59 ; FF (*flat feeding*) : 73, BF (*bump feeding*) : 64, APP (*alimentation de précision par parité*) : 57 ; API (*alimentation de précision individuelle*) : 70

Interaction : Parité × Traitement

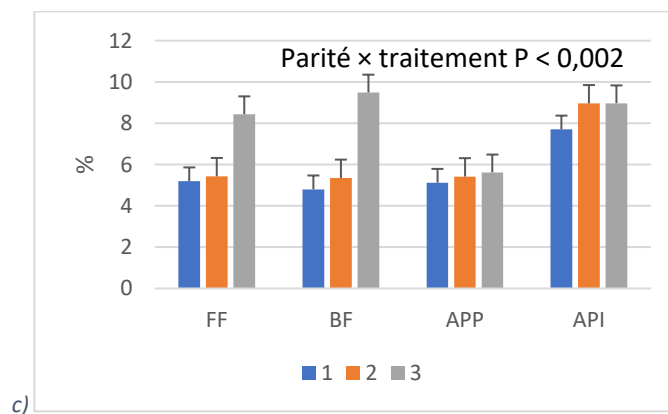
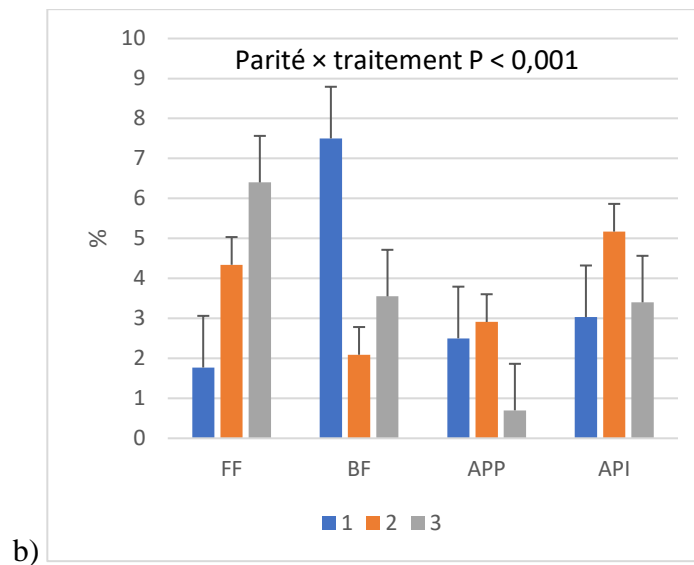
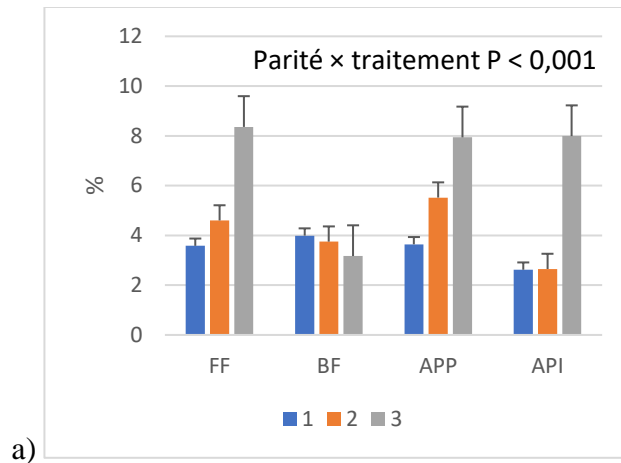


Figure 6: Présentation du a) pourcentage de mort nés ; b) pourcentage de mortalité naissance 24 h et c) 24 hau sevrage chez les truies en fonction de la parité (1, 2 et 3) et du traitement alimentaire (flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)).

3.1.2. Résultats liés aux porcelets

Trois cents porcelets ont été suivis en tenant compte du rang de portée dont ils sont issus et du traitement de la truie. Leurs performances zootechniques post-sevrage ont été donc mesurés et sont présentés ici.

3.1.2.1. La consommation et croissance post-sevrage des porcelets

Parmi les porcelets sélectionnés, le poids au sevrage était plus faible pour ceux provenant des truies de traitement APP, suivi de ceux du BF et API et finalement du traitement FF, respectivement ($P < 0,001$). Toutefois, l'effet de ces traitements sur le poids au sevrage variait selon le rang de portée de la truie (Interaction, Parité \times Traitement, $P < 0,001$). Le traitement FF a donné un poids au sevrage plus élevé pour les porcelets du 1^{er} rang de portée alors que cet effet n'a pas été observé pour les truies de parités deux et trois. Les performances de croissance pendant la phase 1 n'ont montré aucun effet des traitements en gestation sur le gain moyen quotidien (GMQ), la consommation moyenne journalière (CMJ) et la conversion alimentaire. Toutefois, les porcelets des truies de rang de portée trois ont eu un GMQ plus faible comparativement aux porcelets des truies de rangs de portée un et deux ($P < 0,001$). Ces porcelets avaient également une CMJ et une conversion plus élevée que les porcelets des rangs de portée un et deux ($P < 0,001$). Pendant la phase 2, le GMQ était plus élevé pour les porcelets des truies du traitement FF comparativement à ceux du BF avec des valeurs intermédiaires pour les traitements APP et API ($P < 0,047$). L'inverse a été observé pour la conversion alimentaire pendant cette phase ($P < 0,042$). Pendant cette phase 2, le GMQ et la CMJ étaient plus élevés pour les porcelets venant des parités deux et trois comparativement aux porcelets de la parité un ($P < 0,001$). L'inverse a aussi été observé pour la conversion alimentaire ($P < 0,001$). Pendant la phase 3, le GMQ était plus élevé pour les porcelets des traitements FF et APP comparativement au traitement API avec une valeur intermédiaire pour le traitement BF ($P < 0,044$). La CMJ était aussi plus élevée pour les porcelets du traitement FF comparativement aux porcelets des traitements BF et API avec une valeur intermédiaire pour les porcelets du traitement APP ($P < 0,049$). Pendant cette phase, le GMQ et la CMJ étaient aussi plus élevés pour les porcelets des truies du rang de portée deux

comparativement aux porcelets des rangs de portée un et deux ($P < 0,001$). L'inverse a été observé pour la conversion alimentaire pendant cette phase 3 ($P < 0,001$).

À la fin de l'expérience, le traitement en gestation a aussi eu un impact sur le poids et le GMQ global des porcelets à 42 jours avec une valeur plus élevée pour les porcelets du traitement FF comparativement au traitement BF avec des valeurs intermédiaires pour les traitements APP et API ($P < 0,023$; $P < 0,042$). La CMJ et les conversions globales n'ont pas été modifiées par les traitements alimentaires. Le poids final à 42 jours était plus élevé pour les porcelets des truies de parité deux comparativement à ceux des truies de rangs de portée un et trois ($P < 0,001$). Le GMQ et la CMJ globaux étaient donc plus élevés pour les porcelets de la parité deux comparativement aux porcelets des parités un et trois ($P < 0,001$).

Tableau 12: Évolution de la consommation moyenne journalière (CMJ), conversion alimentaire et du gain moyen quotidien (GMQ) en post sevrage des porcelets en fonction de la parité et des traitements reçus (*flat feeding (FF)*, *bump feeding (BF)*, *alimentation de précision par parité (APP)* et *alimentation de précision individuelle (API)*) de leur mère

	Traitement				SEM	P-Value	Parité			SEM	P-Value	Interaction P × T
	FF	BF	APP	API			1	2	3			
<i>Phase 1 (0-14 jours)</i>												
GMQ (g/j)	332	312	321	323	11,7	0,704	369 ^a	334 ^b	262 ^c	10,1	0,001	0,674
CMJ (g/j)	388	374	372	379	9,9	0,644	369 ^b	368 ^b	397 ^a	8,5	0,029	0,574
IC	1,21	1,24	1,18	1,22	0,02	0,442	1,004 ^c	1,108 ^b	1,526 ^a	0,02	0,001	0,814
<i>Phase 2 (14-28 jours)</i>												
GMQ (g/j)	696 ^a	636 ^b	647 ^{ab}	657 ^{ab}	19,6	0,047	519 ^b	729 ^a	728 ^a	16,9	0,001	0,274
CMJ (g/j)	833	799	796	797	20,5	0,511	733 ^b	826 ^a	859 ^a	17,8	0,001	0,870
IC	1,21 ^b	1,27 ^a	1,23 ^{ab}	1,23 ^{ab}	0,018	0,042	1,34 ^a	1,134 ^b	1,177 ^b	0,015	0,001	0,320
<i>Phase 3 (28-42 jours)</i>												
GMQ (g/j)	791 ^a	748 ^{ab}	783 ^a	738 ^b	15,3	0,044	730 ^b	849 ^a	717 ^b	13,2	0,001	0,451
CMJ (g/j)	1327 ^a	1256 ^b	1261 ^{ab}	1255 ^b	23,2	0,049	1174 ^b	1511 ^a	1139 ^b	20,2	0,001	0,676
IC	1,67	1,68	1,61	1,69	0,03	0,301	1,609 ^b	1,786 ^a	1,597 ^b	0,028	0,001	0,828
Poids final	30,8 ^a	28,9 ^b	29,6 ^{ab}	29,2 ^{ab}	0,43	0,023	28,9 ^b	30,8 ^a	29,2 ^b	0,38	0,001	0,928
<i>Période totale (0-42 jours)</i>												
GMQ (g/j)	601 ^a	561 ^b	576 ^{ab}	567 ^b	10,6	0,042	549 ^b	615 ^a	565 ^b	9,2	0,001	0,893
CJ (g/j)	847	814	808	809	15,1	0,212	779 ^b	878 ^a	801 ^b	13,1	0,001	0,862
IC	1,41	1,45	1,40	1,42	0,02	0,284	1,42	1,43	1,42	0,02	0,883	0,625

Interaction : Parité × Traitement

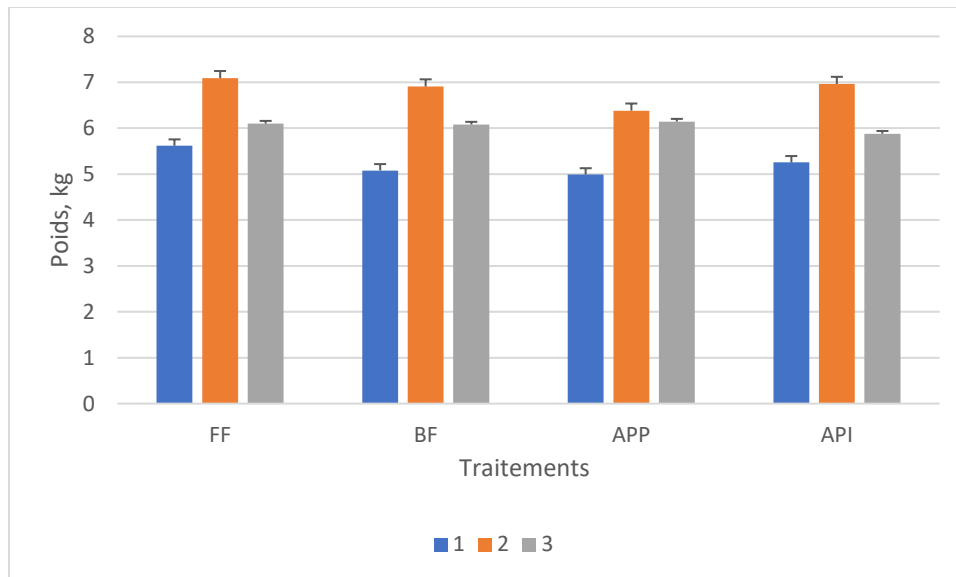


Figure 7: Interaction entre la parité de la truie et leur traitement alimentaire en gestation ((flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)) sur le poids au sevrage des porcelets ($P < 0,001$)

3.1.2.2. Déposition en contenus protéiques, lipidiques et minéral osseux des porcelets

Le tableau 14 présente les résultats des contenus en maigre, gras et minéral osseux qui sont déposés chez les porcelets au cours de la période allant du jour 14 au jour 42 après sevrage. Il a été observé que le traitement alimentaire des truies n'a pas d'influence sur le dépôt en gras chez les porcelets, mais les GMQ en maigre et en contenu minéral osseux étaient supérieurs pour les porcelets FF comparativement aux porcelets du traitement API avec des valeurs intermédiaires pour ceux des traitements BF et APP ($P < 0,05$). La parité des truies a aussi eu un effet significatif sur les GMQ en maigre, en lipides et en contenu minéral osseux chez les porcelets. Pour le contenu en minéral osseux, le meilleur gain a été observé chez les porcelets des truies de 1^e et 3^e parité avec la plus faible valeur chez ceux de truies de 2^e parité ($P < 0,001$). Cependant, le GMQ en maigre était plus élevé pour les porcelets des truies de rangs de portée deux et trois comparativement aux porcelets des truies de portée un ($P <$

0,001). Le GMQ en contenu minéral osseux était aussi plus élevé pour les porcelets des truies de parité deux comparativement aux porcelets de parité un avec une valeur intermédiaire pour les porcelets de parité trois ($P < 0,011$).

Tableau 13: Gain en maigre, en gras et minéral osseux chez les porcelets en fonction de la parité et des traitements (*flat feeding (FF)*, *bump feeding (BF)*, *alimentation de précision par parité (APP)* et *alimentation de précision individuelle (API)*) reçu de leur mère

	GMQ en minéral osseux (g)	GMQ en maigre (g)	GMQ en gras (g)
<i>Traitements</i>			
FF	7.93 ^a	554 ^a	103.6
BF	7.69 ^{ab}	537 ^a ^b	101.7
APP	7.37 ^{ab}	529 ^{ab}	99.3
API	6.98 ^b	500 ^b	94.4
<i>SEM</i>	0.2479	17.3	4.41
<i>P-Value</i>	0.046	0.021	0.505
<i>Parité</i>			
Parité 1	7.86 ^a	455 ^b	92.5 ^a
Parité 2	6.41 ^b	573 ^a	108.1 ^a
Parité 3	8.16 ^a	562 ^a	98.8 ^a ^b
<i>SEM</i>	0.2086	13.3	3.55
<i>P-Value</i>	0.001	0.001	0.011
<i>P × T</i>	0.201	0.508	0.306

Interaction : Parité × Traitement

3.1.2.3. Résultats métabolomiques chez les porcelets

A la fin de la période pouponnière, à l'aide des échantillons de muscles prélevés chez les porcelets, une analyse métabolomique a été réalisée. Les métabolomes ciblés couvraient le métabolisme carboné, et de la dégradation musculaire. Cette analyse permet de présenter successivement les résultats liés au (i) Métabolisme énergétique/groupement méthyl, (ii) métabolisme de la carnitine, (iii) muscle et collagène et (iv) métabolisme des purines et des nicotines.

(i) Métabolisme Énergétique/Groupement Méthyl

Les résultats n'ont pas révélé d'effet significatif des traitements alimentaires et d'interaction Parité × Traitement sur les métabolites du groupement méthyl/énergétique. Il a été observé que la parité des truies affectait presque tous les métabolites de ce groupement, sauf la phosphocholine. Les porcelets issus des truies de rang de portée un ont eu des concentrations relatives de choline plus élevées que les truies de parité deux et trois ($P < 0,001$, Tableau 14). Le glycéro-3-phosphocholine était plus élevé chez les porcelets des truies de parité un que ceux de la parité deux avec une valeur intermédiaire pour ceux de la parité trois ($P < 0,001$). La concentration en glucosamine-6-phosphate était plus élevée pour les porcelets des truies de 2^e parité comparativement à ceux des parités un et trois ($P < 0,005$). Les porcelets des truies de 3^e parité ont eu des concentrations relatives de glycérol 3-phosphate et S-adénosyl-L-méthionine plus élevées que ceux des truies de parité un et deux ($P < 0,003$). La concentration de D-mannose-6-phosphate était aussi plus élevée chez les porcelets des truies de parité trois comparativement à ceux de parité un avec une valeur intermédiaire pour ceux de parité deux ($P < 0,020$).

(ii) Métabolisme Carnitine

La concentration relative de carnitine chez les porcelets n'a pas été affectée par le traitement alimentaire et la parité de la truie. Toutefois, la concentration en acétyl-carnitine était plus élevée pour les porcelets des truies du traitement BF comparativement au traitement API avec des valeurs intermédiaires pour les traitements FF et APP ($P < 0,043$, Tableau 15).

Tableau 14: Métabolites du métabolisme des unités carbonées chez les porcelets selon la parité et le traitement reçu (*flat feeding* (FF), *bump feeding* (BF), *alimentation de précision par parité* (APP) et *alimentation de précision individuelle* (API)) de leur mère en gestation

Metabolite	Traitement (ratio*)					P-value	Parité (ratio*)					P × T
	FF	BF	APP	API	SEM		1	2	3	SEM	P-value	
<i>Choline</i>	0,348	0,341	0,304	0,319	0,0293	0,698	0,472 ^a	0,257 ^b	0,256 ^b	0,0219	0,001	0,589
<i>Glycerol 3-phosphate</i>	0,489	0,412	0,415	0,428	0,0488	0,656	0,316 ^b	0,412 ^b	0,579 ^a	0,0423	0,001	0,639
<i>Phosphocholine</i>	0,842	0,564	0,882	0,892	0,0982	0,096	0,845	0,706	0,834	0,0762	0,324	0,354
<i>Glycero-3-</i>												
<i>Phosphocholine</i>	0,310	0,296	0,317	0,305	0,0114	0,585	0,361 ^a	0,255 ^c	0,305 ^b	0,0098	0,001	0,277
<i>D-Mannose-6-phosphate</i>	0,286	0,269	0,289	0,279	0,0233	0,926	0,233 ^b	0,301 ^{ab}	0,308 ^a	0,0201	0,020	0,956
<i>S-Adenosyl-L-</i>												
<i>Methionine</i>	0,145	0,168	0,161	0,173	0,0227	0,840	0,133 ^b	0,141 ^b	0,211 ^a	0,0175	0,003	0,486
<i>Glucosamine-6-</i>												
<i>phosphate</i>	0,042	0,043	0,043	0,041	0,0040	0,989	0,034 ^b	0,052 ^a	0,042 ^a	0,0040	0,005	0,822

Interaction : Parité × Traitement

* : exprimé en quantité relative par quantité de métabolites totaux.

Tableau 15: Métabolite de la carnitine chez les porcelets selon la parité et le traitement reçu (*flat feeding (FF)*, *bump feeding (BF)*, *alimentation de précision par parité (APP)* et *alimentation de précision individuelle (API)*) de leur mère en gestation

Metabolite	Traitement (ratio*)					P-value	Parité (ratio*)				P-value	P × T
	FF	BF	APP	API	SEM		1	2	3	SEM		
<i>Carnitine</i>	0,579	0,597	0,579	0,577	0,0142	0,736	0,580	0,564	0,604	0,0123	0,085	0,066
<i>Acetylcarnitine</i>	0,674 ^{ab}	0,721 ^a	0,669 ^{ab}	0,643 ^b	0,0188	0,043	0,660	0,698	0,672	0,0163	0,244	0,619

Interaction : Parité × Traitement

* : exprimé en quantité relative par quantité de métabolites totaux.

(iii) Muscle et collagène

Pour les métabolites de muscle et de collagènes chez les porcelets, aucun d'entre eux n'est influencé par l'effet traitement (tableau 16). Comparativement aux porcelets des truies des parités un et deux, les porcelets issus des truies de 3^e parité présentent des concentrations relatives supérieures en proline, glutamate et glutamine ($P < 0,001$). Les porcelets de la parité deux avaient aussi des concentrations en proline, glutamate et glutamine plus élevées que ceux de parité un. Les porcelets des truies de parités deux et trois ont aussi eu une concentration plus élevée en ornithine que les porcelets de parité un ($P < 0,001$). La concentration de trans-4-hydroxyproline était plus élevée pour les porcelets des truies de 2^e parité comparativement aux porcelets de parité un avec une concentration intermédiaire pour les porcelets de parité deux ($P < 0,023$). La concentration de 3-méthyl-histidine était plus élevée pour les porcelets de parité un avec le traitement API alors que pour les porcelets des parités deux et trois les valeurs plus élevées ont été observées pour les traitements APP et TEM, respectivement (Interaction Parité \times Traitement, $P < 0,040$; figure 8). La concentration en créatine était aussi plus élevée pour les porcelets de parité un avec le traitement API alors que pour les porcelets des parités 2 et 3 les valeurs plus élevées ont été observées pour les traitements APP et BF, respectivement (Interaction, Parité \times Traitement, $P < 0,012$).

(iv) Métabolisme Purine et nicotinate

Les concentrations des métabolites purines et nicotinates n'ont pas été affectées par le traitement alimentaire et la parité de la truie (Tableau 17). Aucune interaction Parité \times Traitement n'a aussi été identifiée.

Tableau 16: Métabolites associés à la dégradation du collagène/protéine retrouvés chez les porcelets selon le traitement reçu (*flat feeding (FF)*, *bump feeding (BF)*, *alimentation de précision par parité (APP)* et *alimentation de précision individuelle (API)*) et la parité de leur mère

Metabolite	Traitement (ratio)						Parité (ratio)					P × T
	FF	BF	APP	API	SEM	P-value	1	2	3	SEM	P-value	
<i>Trans-4-Hydroxyproline</i>	0,355	0,375	0,398	0,419	0,0349	0,610	0,340 ^b	0,429 ^a	0,391 ^{ab}	0,0248	0,023	0,065
<i>3-Méthylhistidine</i>	0,231	0,222	0,226	0,228	0,0088	0,911	0,229	0,225	0,224	0,0070	0,840	0,040
<i>Proline</i>	0,294	0,256	0,285	0,265	0,0152	0,279	0,163 ^c	0,308 ^b	0,354 ^a	0,0132	0,001	0,359
<i>Créatine</i>	0,393	0,402	0,408	0,408	0,0225	0,959	0,374	0,426	0,408	0,0186	0,139	0,012
<i>Créatinine</i>	0,448	0,447	0,429	0,436	0,0122	0,665	0,431	0,433	0,458	0,0106	0,146	0,159
<i>Glutamate</i>	0,409	0,384	0,398	0,401	0,0293	0,944	0,221 ^c	0,404 ^b	0,571 ^a	0,0254	0,001	0,070
<i>Ornithine</i>	0,304	0,348	0,258	0,256	0,0510	0,546	0,087 ^b	0,340 ^a	0,447 ^a	0,0044	0,001	0,839
<i>Citrulline</i>	0,303	0,303	0,338	0,296	0,0323	0,788	0,287	0,299	0,344	0,0271	0,295	0,506
<i>Glutamine</i>	0,166	0,144	0,159	0,153	0,0089	0,363	0,098 ^c	0,156 ^b	0,213 ^a	0,0077	0,001	0,320

Interaction : Parité × Traitement

* : exprimé en quantité relative par quantité de métabolites totaux.

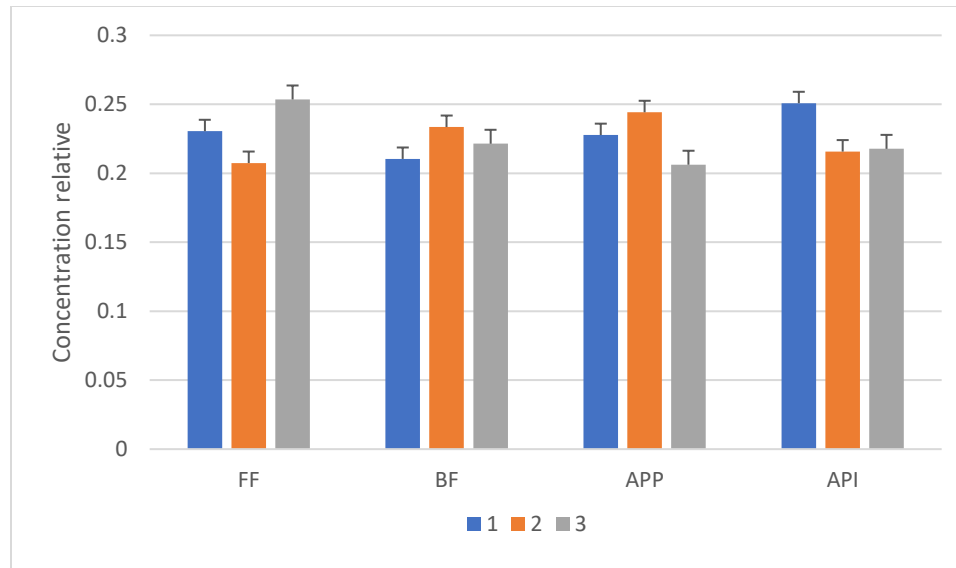


Figure 8: Interaction entre la parité de la truie et leur traitement alimentaire (flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)) en gestation sur le 3-Méthyl-histidine chez les porcelets à 42 jours post-sevrage ($P=0,040$)

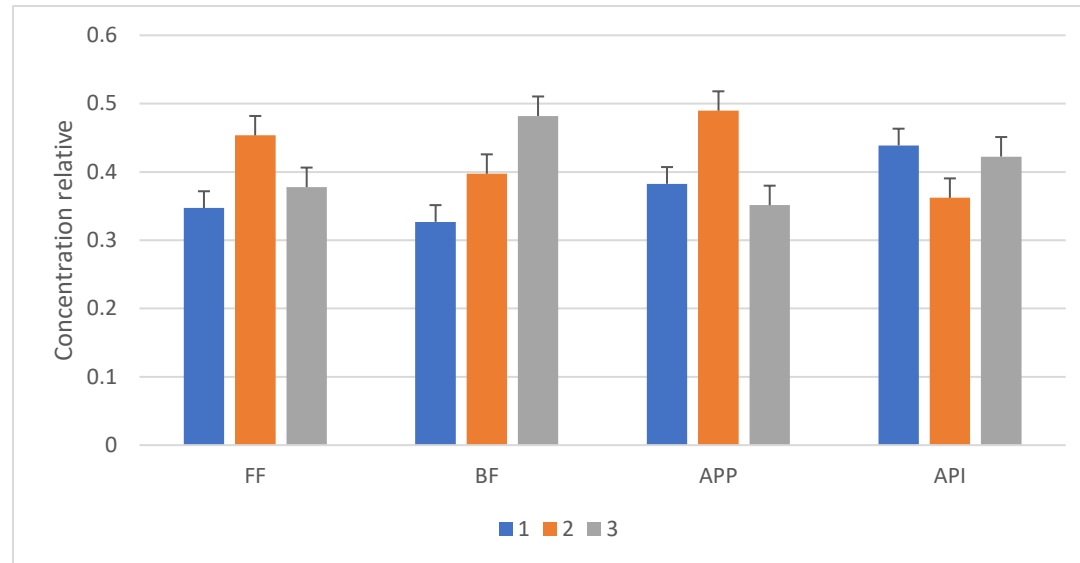


Figure 9: Interaction entre la parité de la truie et leur traitement alimentaire (flat feeding (FF), bump feeding (BF), alimentation de précision par parité (APP) et alimentation de précision individuelle (API)) en gestation sur la créatine chez les porcelets à 42 jours post-sevrage ($P=0,012$)

Tableau 17: Métabolites associés à la purine et nicotinate chez les porcelets selon traitement reçu (*flat feeding (FF)*, *bump feeding (BF)*, *alimentation de précision par parité (APP)* et *alimentation de précision individuelle (API)*) et la parité de leur mère

Metabolite	Traitement (ratio*)					P-value	Parité (ratio*)					P × T
	FF	BF	APP	API	SEM		1	2	3	SEM	P-value	
<i>Adénosine</i>	0,218	0,238	0,327	0,273	0,040	0,272	0,234	0,310	0,247	0,031	0,148	0,399
<i>Guanosine</i>	0,416	0,241	0,324	0,279	0,143	0,840	0,327	0,274	0,343	0,116	0,901	0,294
<i>Adenosine-2-Monophostate</i>	0,512	0,574	0,400	0,672	0,1640	0,700	0,426	0,656	0,535	0,1296	0,425	0,957
<i>Adenosine3'5' diphosphate</i>	0,329	0,353	0,363	0,343	0,031	0,878	0,313	0,360	0,368	0,025	0,236	0,319
<i>Nicotinamide adenine dinucleotide</i>	0,157	0,141	0,168	0,159	0,0179	0,759	0,136	0,156	0,177	0,0147	0,148	0,685
<i>Niacinamide</i>	0,457	0,488	0,477	0,505	0,0457	0,901	0,443	0,493	0,509	0,0386	0,456	0,791

Interaction : Parité × Traitement

* : exprimé en quantité relative par quantité de métabolites totaux.

3.2. Discussion

L'objectif de ce projet de recherche était de valider l'impact de l'AP et de la stratégie BF en gestation sur les performances des truies à la mise bas et au sevrage ainsi que les performances de croissance en post-sevrage des porcelets issus de ces truies des parités 1 à 3. En effet, les performances des truies à la mise bas et au sevrage pourraient être affectées par la méthode d'alimentation en gestation. La méthode d'alimentation en gestation constitue un facteur incontournable à prendre en compte dans la gestion des truies en gestation. En fait, la méthode d'alimentation en gestation non seulement, pourrait affecter directement la truie avec des effets marqués sur leur croissance corporelle et leurs performances reproductives, mais agirait aussi indirectement sur les performances zootechniques des porcelets dont leur survie et leur croissance jusqu'après le sevrage (Dourmad *et al.* 2021b). Outre l'alimentation, la parité des truies est aussi un facteur important exerçant également des influences considérables sur les truies ainsi que sur leur progéniture (Engblom *et al.* 2007). Dans cette étude, il a été montré que les stratégies alimentaires ainsi que la parité affectaient les truies en agissant sur leur consommation, l'évolution de leur état corporel et les performances de leur portée. L'alimentation en gestation et la parité des truies ont également eu des effets sur la survie, la croissance pré et postnatale et même les performances post-sevrages des porcelets.

3.2.1. Effet sur l'état de chair et l'évolution du poids corporel des truies

L'évolution de l'état corporel des truies au cours de leur cycle reproducteur joue un rôle prépondérant dans la productivité de l'élevage porcin. Martineau et Klopfenstein (1996) parlaient des syndromes corporels chez la truie (STC), parmi lesquels le syndrome de la truie trop grasse ou trop maigre pouvant entraîner des conséquences marquées sur la santé et les performances reproductives de l'animal. Banville *et al.* (2017) indiquent que la constitution des réserves corporelles chez la truie affecte ses performances à la mise bas et en lactation, et que toutes les variations excessives d'état corporel de la truie ont un impact sur la production de porcelets.

Ainsi, dans le cadre de notre étude, il a été observé qu'en gestation, les variations de poids, de gras et de muscles étaient toutes influencées par la parité des truies. On a remarqué que le

poids des truies augmentait du rang de portée 1 à 3, mais les gains en poids, en gras et en muscles à chacune des gestations allaient dans le sens contraire, et diminuaient des parités 1 à 3. Ces résultats s'expliquent par la courbe de croissance des truies qui montre une croissance plus importante lors de la première gestation suivie par mobilisation des réserves corporelles pendant la lactation jusqu'à l'atteinte du poids à maturité vers la 4^e ou 5^e parité (Solanes et Stern, 2001). En tenant compte de cette croissance, mais également de la parité et de l'épaisseur de gras de la truie à la saillie, nous avons établi la quantité d'aliments distribuée aux truies pour les 28 premiers jours de gestation ainsi que pour la totalité de la gestation. Cette quantité d'aliments distribuée aux truies a augmenté des parités 1 à 3 comme cela peut être estimé par le modèle INRA porc (Dourmad et al. 2008) qui montre que le besoin moyen en énergie métabolisable des truies nullipares est inférieur d'environ 11 % par rapport aux truies de parités 2 et 3. Cette réduction s'approche de la réduction de distribution d'aliment obtenu dans notre étude pour les truies de parité 1 pour les périodes 0-28 (13 et 17 % pour les parités 2 et 3) et 28-115 (7 et 9 % pour les parités 2 et 3) jours de gestation. Dourmand et al. (2008), à travers une simulation de la dynamique de l'utilisation des nutriments chez les truies nullipares ou multipares gestantes, ont également constaté que pour un même apport énergétique (30 MJ/j), les truies nullipares réalisent un gain de poids net beaucoup plus important que les truies multipares, principalement en raison d'un besoin en énergie métabolisable d'entretien inférieur. En fait, les besoins énergétiques d'entretien en fin de gestation représentent environ 60 % des besoins énergétiques des cochettes et 80 % des besoins énergétiques des truies (NRC, 2012). De plus, les truies nullipares ayant une épaisseur de gras dorsal plus élevée à la saillie que les truies des parités 2 et 3, la quantité d'aliments distribuée en début de gestation était donc prévue à la baisse considérant que l'objectif dans l'alimentation en gestation est de contrôler la condition corporelle des truies afin d'optimiser les performances en lactation (Kim et al. 2015 ; Thongkhuy et al. 2020).

Le traitement FF, comparé à la stratégie BF n'a pas montré d'effets sur le gain de poids en gestation des truies, mais différents gains d'épaisseur de gras dorsal ont été observés entre ces traitements principalement pour la 3^e parité où le traitement FF avait un gain d'épaisseur de gras plus élevé que le BF. Ces deux traitements avaient la même concentration nutritionnelle en lysine digestible qui était constante pendant toute la gestation. En troisième

parité, des jours de gestation 0 à 28, les truies des traitements FF tendaient à recevoir plus d'aliments que celles du traitement BF (2,94 kg versus 2,68 kg) alors que des jours 28 au 110, les truies du traitement BF ont consommé davantage que celles du traitement FF (2,74 versus 2,68 kg). Ce scénario a permis aux truies FF de parité 3 de hausser leur épaisseur de gras dorsal de la saillie à la mise bas de 1,85 mm comparé à 0,43 mm pour les truies BF de 3^e parité. Il est connu que la hausse de consommation d'énergie métabolisable en début de gestation (30 premiers jours de gestation) est plus efficace pour rétablir le niveau d'engraissement et donc hausser l'épaisseur de gras dorsal à la mise bas (NRC 2012). Toutefois, l'apport supplémentaire en début de gestation du traitement FF n'était que de 3 kg pour les 28 jours ce qui reste faible pour expliquer les différences d'épaisseur de gras dorsal entre les deux traitements. Toutefois, l'apport supplémentaire d'aliment et d'énergie à partir de 90 jours de gestation du traitement BF sera plutôt dirigé vers les tissus reproducteurs et les glandes mammaires (Theil et al. 2022). À la mise bas de la 3^e parité, les truies du traitement FF ont également eu une épaisseur de gras plus élevée que les truies des autres traitements. Malgré une consommation quotidienne en gestation similaire pour les traitements FF et BF, les truies FF à la fin de leur 3^e gestation ont donc une condition corporelle (épaisseur de gras dorsal) plus élevée confirmant que la restriction en aliment en début de gestation peut réduire l'adiposité des truies à long terme.

Afin de comparer la stratégie BF aux stratégies d'alimentation de précision (APP, API) sur la croissance des truies gestantes, nous avons analysé le gain de poids et l'épaisseur de gras pendant la gestation. Globalement, le traitement APP a entraîné un gain de poids supérieur au traitement BF alors que les truies API avaient un gain en gestation intermédiaire. Ces résultats sont différents de ceux de Gaillard et Dourmad (2022) qui n'ont montré aucun effet de l'AP sur le gain de poids ou d'épaisseur de gras dorsal pendant la gestation chez les truies nullipares et multipares. Toutefois, Stewart et al. (2021) ont montré que l'AP haussait le gain corporel en mi-gestation, mais principalement chez les truies de 2^e et 3^e parité. Dans cette étude, l'épaisseur de gras en parités 2 et 3 était également haussée en gestation par l'AP probablement en raison d'un apport supplémentaire en nutriments. Dans notre étude, la distribution des aliments des truies APP, API et BF était similaire selon les parités pendant la période 0 à 28 jours. Cela s'explique par l'épaisseur de gras dorsal à la saillie qui était

similaire entre les truies des traitements BF, APP et API pour les trois cycles de reproduction. Toutefois au moment du transfert en groupe, les truies de 2^e parité des traitements APP et API (12,91 et 12,5 mm respectivement) avaient une épaisseur de gras dorsal inférieure à celles du traitement BF (14,42 mm). Ces résultats sont difficiles à expliquer puisque seulement la concentration en acides aminés (Lys digestible) des aliments servis entre 0 et 28 jours variait entre ces trois traitements, soit 0,53, 0,43 0,37 % pour les traitements BF, APP et API, la teneur en énergie métabolisable étant similaire entre les trois traitements. Cette baisse de l'épaisseur de gras dorsal au transfert pour les traitements APP est même contraire aux résultats obtenus par Kusina et al. (1999) qui notaient que la baisse de l'apport quotidien en lysine (protéine) de 16 à 4 g/jour (15 à 5 %) haussait le gain en gras dorsal pendant la totalité de la gestation. Toutefois de 28 à 110 jours, le gain de l'épaisseur de gras dorsal était plus important menant à un gain de l'épaisseur en gras dorsal en gestation plus élevé en 2^e parité pour les traitements APP et API comparativement au traitement BF. La plus faible valeur de l'épaisseur de gras dorsal pour les truies APP et API au transfert en groupe a en fait mené à une hausse de la distribution des aliments pour les traitements APP et API (2,71 et 2,74 kg/j) comparativement au traitement BF (2,58 kg/j). En plus de la hausse de consommation alimentaire, la baisse de la teneur en Lys dig ou en protéine a pu faciliter la déposition de gras dorsal ou de tissus adipeux chez la truie gestante au cours de la gestation. En fait, des jours 28 à 110 de gestation, les truies de 2^e parité des traitements APP et API ont reçu des aliments contenant en moyenne 0,39 et 0,41 % de Lys digestible du jour 28 à 90 comparativement à une teneur de 0,53 % pour le traitement BF. Pendant le 3^e cycle de reproduction, le gain de gras dorsal des truies du traitement BF était toujours inférieur à APP, mais les truies API ont obtenu une hausse intermédiaire de l'épaisseur du gras dorsal. La différence de réponse entre les cycles 2 et 3 pour les traitements API et APP pourrait s'expliquer par les différences de besoin en Lys dig pendant la gestation pour les truies de parités 2 et 3. Dourmad et al. (2008) ont noté que le besoin quotidien en Lys dig pendant la gestation était de 5 à 10 % inférieur chez les truies de parité 3 comparativement aux truies de parité 2 ce qui a pu modifier la réponse des truies du traitement API. Pour les truies du traitement API, le profil des concentrations en Lys dig pendant la gestation était ajusté en fonction du poids à la saillie qui tendait à être plus élevé au moment de la saillie pour les truies API à la parité 3 comparativement à celles du traitement APP.

Pendant la lactation, on a observé des pertes de poids et de l'épaisseur de gras dorsal qui étaient plus élevées pour le rang de portée 1 comparativement au rang de portées 2 et 3, mais qui n'ont pas été affectées par les traitements alimentaires en gestation. Il est connu que la consommation en lactation est réduite chez les truies de 1^{ère} parité. Par exemple, Strathe et al. (2017) ont observé une consommation en lactation de 5,4, 6,1 et 6,4 kg/j pour les truies de parités 1, 2 et 3, respectivement. Ces valeurs se rapprochent de celles observées dans la présente étude. En plus de l'effet spécifique de la parité, les truies nullipares sont arrivées à la première mise-bas avec une adiposité supérieure par rapport aux multipares. Quesnel (2005) suggère que l'appétit des truies en lactation est inversement lié à leur adiposité à la mise bas, donc le mieux étant de prioriser le dépôt protéique sans exagérer le dépôt lipidique. Donc, dans notre étude, le niveau d'adiposité supérieur chez les nullipares à la mise bas semble agir sur leur niveau de consommation à la lactation et les oblige à puiser beaucoup plus dans leurs réserves corporelles pour répondre à leurs dépenses de lactation. C'est dans ce sens que Pettigrew et Yang (1997) ont avancé qu'afin de maximiser la prise alimentaire des truies en lactation le programme d'alimentation devrait contrôler l'accrétion de graisse corporelle et optimiser l'accrétion de protéines corporelles jusqu'à la mise bas. Il faut toutefois noter que l'épaisseur de gras dorsal des truies reste faible et souvent sous les 18 mm pour les truies à toutes leurs parités.

3.2.2. Effets sur les performances de portée

Les performances de reproduction des truies sont une composante essentielle de la production porcine. Puisque la rentabilité économique des élevages porcins est largement dépendante des performances de reproduction qui conditionnent le nombre de porcs produits par truie et par an (Dourmad et al, 2021a). La parité et le mode d'alimentation des truies sont parmi les facteurs pouvant avoir des effets considérables sur les performances reproductives des truies (Nevrkla et al, 2021). Dans la présente étude, peu d'effets des stratégies alimentaires en gestation sur les performances à la mise bas et au sevrage des portées ont été observés. Pour la stratégie de BF, ces résultats sont en accord avec ceux publiés par de Oliveira Araujo et al. (2020) qui n'ont montré aucun effet du BF avec un apport supplémentaire d'aliment sur les performances à la mise bas comparativement à un apport constant en aliment. Ferreira et al. (2021) ont également observé des effets limités de la

stratégie BF sur les performances des truies à la mise bas et au sevrage. Gonçalves et al. (2016) ont résumé plusieurs études sur les effets du BF comparativement à une distribution constante d'aliment et ont conclu à un effet limité de cette stratégie sur les performances à la mise bas et au sevrage. Parmi les paramètres à la mise bas et pendant la lactation, les pourcentages de mort-nés et de naissance-24 h étaient affectés par le BF, mais les effets variaient selon la parité avec une réduction des pourcentages de mortalité pour les truies de parité 3. Toutefois à 24 h après la naissance, comme nous l'avons noté, le nombre de porcelets n'était pas affecté par le BF malgré un effet significatif sur le nombre de porcelets à 24 h. L'alimentation de précision (APP et API) a eu peu d'effet significatif sur les performances de reproduction à la mise bas et au sevrage. Ces résultats sont en accord avec ceux publiés par Gaillard et Dourmad (2022) et Stewart et al. (2021) qui ont noté aucun effet significatif sur les paramètres de production à la mise bas et au sevrage. Parmi les paramètres dans notre étude, seulement les pourcentages de mort-nés et de mortalité naissance-24 h et 24 h-sevrage ont été affectés par l'AP comparativement au traitement BF, ces différences variantes entre les rangs de portée. Dans l'actuel projet, ces différences de pourcentage de mort-nés et de mortalité en lactation des porcelets n'ont néanmoins pas mené à des modifications significatives du nombre de porcelets au sevrage.

Les résultats montrent que les performances de reproduction des truies sont significativement affectées par leur parité. Les meilleures performances de mise-bas dont le nombre de nés totaux, nés vivants 24 h avant et après adoption et nombre de sevrés par portée ont été identifiés chez les truies de 3^e parité. Ces résultats vont dans le même sens que plusieurs études qui indiquent que les performances optimales de reproduction des truies ainsi que de croissance des porcelets se situent entre la troisième et la cinquième parités (Arango et al, 2005 ; Hoving et al. 2011b ; Gonçalves et al. 2016). Nevrkra et al. (2021) ont identifié la meilleure taille de portée chez les truies de troisième parité avec une moyenne de 16,88 porcelets, contre des valeurs plus basses de 13,64 porcelets qui ont été enregistrées dans les premières parités. En revanche, la mortalité, le nombre de mort-nés, les morts naissance-24h ainsi que le nombre de morts 24h-sevrage étaient plus faibles chez les primipares comparativement au rang de portées 2 et 3. Ces résultats sont en accord avec d'autres études qui ont fait le lien entre le rang de portée et le taux de mortalité des porcelets en observant

que la mortalité des porcelets augmente avec la parité (Cariolet et al.2004 ; Li et al., 2012). Nevkra et al. (2021) ont constaté que les truies de première parité avaient les valeurs les plus basses en mort-nés de 0,94 contre des valeurs plus élevées chez les truies de 3^e parité soit 2,4. C'est aussi le cas de Canario et al. (2007) qui ont observé que le risque de mortinatalité était 1,6 fois supérieur pour les portées à partir du rang de portée 5 que chez les primipares. Cette situation pourrait être due par la baisse du tonus musculaire chez les truies âgées et la modification du tractus génital à la suite des mises bas (Le Cozler et al. 2001) augmentant la durée de la mise bas et donc la vitalité postnatale des porcelets. Mais d'autres études rapportent que cette augmentation de la mortalité des porcelets à la mise bas dans les dernières parités pourrait être associée à des portées plus grandes, à une mise-bas prolongée et à une diminution de la qualité de l'utérus (Knol et al. 2002 ; Damgaard et al. 2003). Il est important de noter que la mortalité à la mise bas et pendant les premiers jours de lactation est négativement associée avec le nombre de porcelets à la naissance. Ainsi des portées avec un grand nombre de porcelets à la naissance auront un risque plus élevé de mort-nés et de mortalité précoce.

Pour la croissance des portées et des porcelets, les performances en matière de poids moyen des porcelets à la naissance, le gain de poids des porcelets et le poids au sevrage, les plus faibles valeurs ont été obtenus chez les truies primipares, avec des performances plus élevées pour les truies des rangs de portée 2 et 3. Ces résultats sont en accord avec plusieurs travaux antérieurs qui ont étudié la relation entre la parité et les performances de croissance des portées et des porcelets. Knecht et al. (2015) rapportent que le poids à la naissance de la portée et des porcelets augmente avec le nombre de parité, atteignant le niveau le plus élevé aux parités 3 à 5. Leur recherche a montré que les plus faibles valeurs de poids à la naissance et au sevrage ont été notées en première parité. Peu importe la saison et la race, les cochettes ont eu des porcelets avec le poids de naissance le plus faible. L'étude de Lemoine et Calvar (2016) a montré que les truies de rang 2 et 3 ont des poids de porcelets à la naissance plus élevés, respectivement de + 0,22 kg et + 0,20 kg comparativement aux truies de rang de portée 1. Cariolet et al. (2004) ont également trouvé que les porcelets issus des truies primipares étaient plus légers à la naissance que les porcelets de truies en 2^e et 3^e portées. Dans la littérature, ces faibles performances chez les jeunes truies semblent être expliquées

par un développement insuffisant de la truie, s'expliquant souvent par une faible maturité maternelle, une efficacité placentaire réduite et une faible capacité utérine (Thaker et Bilkei, 2005 ; Holving, 2011a). Pour la croissance en lactation des porcelets, Ngo et al. (2012) expliquent la plus faible croissance associée aux truies primipares par une production laitière inférieure (925 g/j) comparativement aux truies multipares (1015 g/j). La croissance de la portée est initiée dès le début de la lactation et est dépendante de la production de colostrum (Quesnel et al. 2012). Dans le cadre de notre étude, nous pouvons aussi faire le lien avec la consommation alimentaire des truies en maternité qui est un facteur majeur influant les performances de croissance de portée. Il est observé que la consommation des truies en lactation est positivement associée au gain de poids de la portée et au poids au sevrage. Les plus faibles performances de croissance des porcelets sont observées chez les primipares qui avaient une plus faible consommation journalière en lactation. Ceci est en accord avec les travaux de Lemay et Guay (2020) et Craig et al. (2017) qui ont rapporté une relation positive quadratique mise en évidence entre la consommation alimentaire de la truie entre 1 et 17 jours de lactation et le gain de poids de la portée ou le poids au sevrage. Pour le poids au sevrage, il peut aussi être positivement influencé par le poids moyen de naissance ainsi que le gain de poids 0-24 h des porcelets. Ceci rejoint les résultats de Le Cozler et al. (2001) qui observaient que les porcelets de moins de 1 kg à la naissance pèsent en moyenne 6,1 kg au sevrage, contre plus de 8,0 kg pour ceux de plus de 1,3 kg à la naissance. Il faut noter que le poids des porcelets dans cette étude est plus élevé que le nôtre, car notre sevrage a eu lieu à 19 jours plutôt qu'à 28 jours. Fix et al. (2010) ont aussi montré que le poids des porcelets à la naissance était positivement associé à leur croissance en lactation et le poids au sevrage.

3.2.3. Croissance post-sevrage des porcelets

Les résultats des poids moyens des porcelets transférés au CRSAD étaient différents des résultats généraux obtenus à la maternité. En fait, nous n'avions pas eu d'effet des traitements pour le poids au sevrage dans les données à la maternité. Pour les porcelets suivis en post-sevrage, nous avons observé une interaction entre la parité et les traitements pour le poids au sevrage. Cette interaction s'explique principalement par un poids plus faible pour les porcelets provenant des truies de 2^e parité du traitement APP et un poids plus élevé pour les porcelets venant des truies de 1^e parité du traitement FF. Toutefois, cette interaction n'a pas

été observée pour les autres paramètres de croissance durant les 3 phases d'alimentation. Les performances globales ont toutefois montré un meilleur GMQ pour les porcelets provenant des truies FF comparativement aux traitements BF et API avec une valeur intermédiaire pour le traitement APP. Le GMQ en maigre et le poids final à 42 jours après le sevrage suivaient également cette même tendance. Les traitements BF, APP et API avaient des profils de distribution des aliments similaires et donc un apport énergétique équivalent pendant la gestation. Ces apports étaient inférieurs (entre 5 à 10 %) à ceux du traitement FF pendant les 90 premiers jours de gestation, puis supérieur de 25 % pendant le reste de la gestation. De plus, la concentration en nutriments était inférieure pour les traitements API et APP comparativement au traitement FF et BF en début et milieu de gestation. Ces réductions pourraient agir sur le développement musculaire précoce qui est responsable de la croissance musculaire après la naissance. Le développement des fibres musculaires fœtales commence à se différencier vers le 35^e jour de gestation chez le porc. Le nombre de fibres musculaires est fixé à la naissance (Wigmore et Stickland 1983). Une réduction des apports alimentaires pendant la mi-gestation (35 à 55 jours) pourrait entraîner une réduction de l'hyperplasie des fibres musculaires limitant ainsi leur nombre à la naissance. La nutrition maternelle entre 25 et 50 jours de gestation a été identifiée comme un moment pouvant agir sur le développement musculaire. En fait, cette période précède immédiatement l'hyperplasie secondaire des fibres musculaires chez le fœtus porcin (Dwyer et al. 1994). Le développement d'un nombre élevé de fibres pendant la gestation pourrait favoriser un meilleur potentiel de croissance du porcelet suivant sa naissance (Zhang et al. 2019).

En lien avec ces résultats, plusieurs études portant sur l'impact de l'alimentation des truies en gestation sur les performances des porcelets issus de ces gestations ont montré que des restrictions en énergie (Dwyer et al. 1994 ; Bee, 2004) ou en protéines (Rehfeldt et al., 2012 ; Rehfeldt et al., 2011 ; Liu et al., 2015) avaient des impacts négatifs sur les performances des porcelets issus de ces gestations. Dans le cas de l'étude de Rehfeldt et ses collaborateurs, 3 traitements étaient comparés, soit un aliment restreint, adéquat et excédentaire en protéines (50 %, 100 % et 250 % des besoins). Les résultats de l'étude ont montré des impacts négatifs du traitement restrictif sur le développement des tissus musculaires de la progéniture, y

compris une diminution du nombre de fibres musculaires totales et la diminution du poids de la carcasse à l'abattage (Rehfeldt et al. 2012).

Les résultats entre les porcelets BF et ceux provenant des traitements APP et API ont montré un effet limité de la variation des concentrations en nutriments alors que la quantité d'aliments distribuée était réduite pendant les 90 jours de gestation. Du début jusqu'au jour 90 de gestation, le traitement BF avait en moyenne une concentration en Lys dig supérieure de 15 à 30 % comparativement aux traitements API et APP sans agir sur la croissance post-sevrage. Bruhn et al. (2020) ont mené un travail de recherches sur l'AP en gestation et ont observé aucun effet significatif sur la croissance post-sevrage des porcelets issus de ces truies. Dans une autre étude, où l'AP en gestation a été validée sur des cochettes pendant deux cycles de gestation en suivant les performances des porcelets issus des portées de ces cochettes en pouponnière et engraissement, les résultats ont montré que les porcelets issus des cochettes sous une AP avaient un gain de poids et une efficacité alimentaire en période de pouponnière significativement supérieurs aux porcelets issus des cochettes alimentées conventionnellement. Toutefois, cet avantage ne s'est pas prolongé en période d'engraissement (Hansen et al. 2020).

Comme pour le GMQ global, le traitement alimentaire FF a mené à une hausse des GMQ en maigre et en contenu minéral osseux par rapport aux porcelets du traitement API avec des valeurs intermédiaires pour ceux des traitements BF et APP. Ces résultats tendent à mettre en évidence l'effet de l'apport énergétique en gestation sur la déposition de maigre et donc de muscle chez les porcelets. Le traitement BF, étant aussi un aliment riche en protéine/acides aminés, - la réduction de l'apport en aliment et donc en énergie pendant les 90 premiers jours de gestation mènerait à une réduction partielle des développements musculaire et osseux qui serait accentuée par la diminution de l'apport en nutriments, dont la lysine digestible et le phosphore digestible. Comme noté précédemment, les traitements APP et API ont une teneur en lysine digestible inférieure de 15 à 30 % comparativement aux traitements FF et BF. Étienne (1979) a noté qu'une restriction sévère en protéines ou en énergie de la truie gravide affecte le développement musculaire. Cet effet semble irréversible, sans doute parce qu'au contraire du rat, la différenciation des fibres musculaires est achevée avant la naissance. Pond

et al. (1969) ont aussi observé une réduction du développement musculaire chez les porcs de 90 kg issus de truies soumises à un régime réduit en en gestation.

Concernant la parité, le GMQ et la CMJ globaux étaient plus élevés pour les porcelets de la parité 2 comparativement aux porcelets des parités 1 et 3. Ces résultats peuvent s'expliquer par le poids moyen de naissance, le gain de poids en lactation des porcelets, ainsi que le poids au sevrage. Les publications de Le Cozler et al. (2004) indiquent que les porcelets les plus lourds à la naissance présentent une meilleure vitesse de croissance et fournissent des porcs abattus plus lourds et plus jeunes, sans que le taux de muscle ne soit influencé. Dans leurs recherches, ils ont observé qu'à l'abattage, la différence de poids vif et de poids de carcasse était respectivement, de +9,7 kg et +5,6 kg en faveur des porcs les plus lourds à la naissance par rapport aux plus légers. Smith et al. (2007) et Zotti et al. (2017) ont aussi observé une réduction du poids des porcelets des truies de 1^{re} parité 42 jours après sevrage comparativement aux porcelets venant de truies multipares. Cette réduction de la croissance en post-sevrage était clairement associée au poids inférieur au sevrage.

3.2.4. Effets sur les métabolomes chez les porcelets

Les métabolites étudiés dans cette étude sont basés sur ceux mis en évidence par Ramsay et al. (2018) qui ont caractérisé le métabolome du muscle longissimus de porcelets ayant une croissance normale ou réduite pendant la lactation. Comme Ramsay et al. (2018), nous avons repris les 4 catégories de métabolites, soit ceux associés aux métabolismes des unités carbonés, de la carnitine, de la dégradation musculaire/collagène et des bases purines/nicotinate. Ramsay et al. (2018) ont montré que les métabolites associés aux métabolismes des carbonés étaient plus élevés chez les porcelets ayant eu une croissance normale comparativement à ceux avec une croissance réduite. Dans notre étude, les concentrations relatives de glycérol 3-phosphate, D-Mannose 6-phosphate, glucosamine 6-phosphate et de S-Adénosyl L-méthionine étaient plus faibles chez les porcelets de truies 1^e parité. Les métabolites associés au métabolisme des unités carbonées sont responsables du transfert énergétique, de la synthèse de plusieurs composés, dont les bases purines, et de la glycolisation des protéines et des lipides (Bartman et al. 2021 ; de Falco et al. 2022). Le

muscle des porcelets venant de truies de 1^{re} parité aurait donc une activité énergétique et un transfert des unités carbonées plus faibles pouvant expliquer leur croissance réduite.

Pour les métabolites de dégradation du muscle et du collagène chez les porcelets, des niveaux plus faibles de trans-4-hydroxyproline et de proline ont été obtenus pour les porcelets venant des truies de 1^{re} parité. Pour le 5-méthyl-histidine, l'effet de la parité était variable et dépendait du traitement alimentaire en gestation. La 5-méthyl-histidine est répandue dans le muscle et est un marqueur de la dégradation ou du renouvellement des protéines musculaires (Rathmacher et al. 1996). La trans-4-hydroxyproline et la proline sont des composantes importantes dans le collagène et la matrice extracellulaire et sont libérées lors de la dégradation de ces protéines (Srivastava et al. 2016). Ramsay et al. (2018) ont noté que les concentrations de trans-4-hydroxyproline, 5-méthyl-histidine et la proline étaient plus élevées pour les porcelets avec une croissance réduite de la naissance au sevrage suggérant que la hausse de la dégradation des protéines musculaires et une réduction de la déposition protéique. Dans notre étude, les hausses de la trans-4-hydroxyproline et la proline sont plutôt associées avec une augmentation du GMQ en maigre chez les porcelets venant des truies de 2^e et 3^e parités. Il faut toutefois noter que la déposition en maigre dépend de la somme de la dégradation et de la synthèse protéique des tissus maigres et qu'il est possible que la hausse de dégradation des protéines des porcelets de truies multipares soit associée avec une hausse accrue de la synthèse protéique menant à une plus importante déposition protéique (Rudar et al. 2019). Comme pour les composés associés à la dégradation musculaire, les concentrations des métabolites associés au cycle de l'arginine soit le glutamate, la glutamine et l'ornithine étaient réduites chez les porcelets de truies de 1^{re} parité. Ces résultats sont l'opposé de ceux rapportés par Ramsay et al. (2018) qui ont observé une hausse de ces métabolites chez les porcelets avec une croissance réduite. Il faut noter que Ramsay et al. (2018) ont étudié les métabolites chez des porcelets sevrés alors que dans la présente étude les échantillons de muscle ont été prélevés 6 semaines après le sevrage. Il faut noter que le métabolisme de l'arginine change avec l'âge des porcs. Entre autres, la capacité de synthèse de l'arginine augmente avec l'âge (Wu et al. 2018) ce qui pourrait expliquer les réponses différentes observées entre notre étude et celle de Ramsay et al. (2018) pour les composés associés au métabolisme de l'arginine.

Contrairement à l'effet de la parité de la truie, le traitement alimentaire en gestation a eu un effet limité sur la concentration en métabolites du muscle *longissimus dorsi* des porcelets. En fait, seulement l'acétyl-carnitine était réduit pour le traitement API comparativement aux traitements BF. Le métabolisme de la carnitine, ainsi que l'intermédiaire associé à l'acétyl-carnitine, est étroitement lié au métabolisme des acides gras via l'absorption mitochondriale des acides gras par la carnitine (Stanley, 2004). En se basant sur l'étude de Ramsay et al. (2018), les concentrations plus élevées en carnitine et acétylcarnitine sont associées aux porcelets ayant une plus faible croissance. Chez ces porcelets, une faible croissance pourrait donc être expliquée par une modification du transfert des acides gras vers la membrane des mitochondries. Dans notre étude, le traitement API a eu un faible GMQ en maigre que l'on pourrait donc associer à cette concentration réduite en acétyl-carnitine. Ringseis et al. (2018) ont revu en détail l'effet de la carnitine et ont montré que la hausse de carnitine dans les tissus ou le plasma était associée à l'amélioration de la croissance des porcelets et des porcs en croissance.

CONCLUSION

En production porcine, l'efficacité alimentaire par sa contribution au coût de production et aux performances reproductives des truies constitue un élément clé de la rentabilité économique. L'une des contraintes couramment identifiées dans les élevages de nos jours est le manque d'appropriation des systèmes d'alimentation mise en œuvre. Dans les activités de reproduction, on assiste souvent à un manque d'adéquation entre les apports alimentaires et les besoins nutritionnels. Bien que les producteurs ajustent la quantité distribuée selon les stades et l'état de chair des truies, cette inadéquation s'explique par l'utilisation d'un seul aliment en gestation qui n'est pas capable de prendre en compte les variations de besoin de la truie au cours de la gestation.. Ceci influencerait négativement les performances corporelles et reproductives des truies avec des répercussions sur les performances zootechniques de leur progéniture. L'AP, étant l'une des stratégies alimentaires pouvant aider à pallier ce problème, il a été prévu dans le cadre de notre recherche de valider l'impact de l'AP et de la stratégie BF en gestation sur les performances en post-sevrage des porcelets issus de ces truies.

Dans notre présente étude menée sur 135 cochettes en maternité pendant 3 cycles de gestation et 300 porcelets en pouponnière, des résultats en accord comme en désaccord avec de précédents travaux similaires ont été observés. Ce travail de recherche a permis d'étudier les effets directs des traitements alimentaires sur trois cycles de production des parités 1 à 3 sur les performances corporelles des truies et de leur portée ainsi que leurs effets indirects sur les performances post-sevrages de porcelets issus de ces truies. À la suite de l'expérience et des analyses statistiques, les résultats ont montré peu de différences significatives entre les traitements sur la plus grande part des paramètres de reproduction et de croissance de la portée étudiés ne permettant pas de confirmer l'avantage de l'alimentation BF ou de l'AP en gestation par rapport à l'alimentation de type FF. La stratégie BF n'a pas eu d'effet significatif sur les performances reproductrices à la mise bas et au sevrage ainsi que des effets limités sur la croissance des porcelets en post-sevrage. Ce qui nous a permis de penser qu'il ne semblerait par recommandé de hausser l'apport en aliment en fin de gestation et donc en énergie en fin de gestation pour optimiser les performances des truies et de leur progéniture. Quant à la stratégie d'AP, tel que testé dans le cadre du projet, on suppose qu'elle pourrait

permettre de réduire les apports en azote et en phosphore sans affecter les performances des truies sur 3 cycles de production ce qui pourrait réduire les rejets en azote et en phosphore dans les lisiers. Cela reste toutefois à être démontré dans d'autres études sur le sujet. D'éventuelles études doivent également s'intéresser à l'impact de ces stratégies sur la longévité de la truie en continuant l'étude sur les rangs de portée supérieurs. Aussi, en tenant compte des effets que peuvent avoir les apports nutritionnels excédentaires ou déficitaires pendant la gestation sur le développement ultérieur des porcelets (Hansen et al. 2021), il paraît intéressant d'observer l'effet de ces stratégies sur la croissance et la qualité de la viande. Enfin, des études d'impacts agronomiques, environnementaux et économiques des différentes stratégies d'apport alimentaire et d'AP de la truie pendant la gestation sont aussi des pistes à ne pas écarter.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Anderson L. L., 1975. Embryonic and placental development during prolonged inanition in the pig. *Am. J. Physiol.* 229, 1687-1694.

Arango J., Misztal I., Tsuruta S., Culbertson M., Herring W. 2005. Threshold-linear estimation of genetic parameters for farrowing mortality, litter size and test performance of Large White sows. *J. Anim. Sci.* 83, 499–506

Ashworth C.J., Toma L.M., Hunter M.G. 2009. Nutritional effects on oocyte and embryo development in mammals: implications for reproductive efficiency and environmental sustainability. *Philos. Trans. R Soc. Lond. B Biol. Sci.* 364, 351–3361.

Ball R.O., Samuel R.S., Moehn S. 2008. Nutrient requirement of prolific sows. *Adv. Pork Prod.*, 19, 223-236.

Banville, M., Dourmad, J. Y., Sourdioux, M., Riquet, J., Flatres-Grall, L., Canario, L. 2017. Analyse génétique de la constitution de réserves corporelles par la truie et de la mobilisation des ressources pour la production de porcelets dans la lignée Tai Zumu. *Journées. Rech. Porcine* 49, 324-330. Barea, R., Bourdonnais, A., Yague, A. P. 2019. Utilisation d'oligo-éléments organiques dans l'alimentation des truies: effets sur la longévité et les performances des portées. *Journées Rech. Porcine*, 51, 167-168.

Bartman, C. R., TeSlaa, T., Rabinowitz, J. D. 2021. Quantitative flux analysis in mammals. *Nature metabolism* 3, 896-908.

Baxter E.M., Jarvis S., D'Eath R.B., Ross D.W., Robson S.K., Farish M., Nevison I.M., Lawrence A.B., Edwards S.A., 2008. Investigating the behavioural and physiological indicators of neonatal survival in pigs. *Theriogenology* 69, 773-783.

Bazer, F. W., Thatcher, W. W., Martinat-Botte, F., Terqui, M. 1988. Conceptus development in Large White and prolific Chinese Meishan pigs. *Reproduction* 84, 37-42.

Bee, G., 2004, Effect of early gestation feeding, birth weight, and gender of progeny on muscle fiber characteristics of pigs at slaughter, *J. Anim. Sci.* 82, 826 -836

Berard J., Kreuzer M., Bee G. 2009. Effect of dietary arginine supplementation to sows on litter size, fetal weight and myogenesis at d 75 of gestation. *J. Anim. Sci.* 87 (E. Suppl. 3), 30. (Abstr.).

Bikker P., Blok M.C. 2017. Phosphorus and calcium requirements of growing pigs and sows. CVB Documentation Report n°59, 74 pp.

Brossard, L, Dourmad, J. Y., Van Milgen, J., Marcon, M., Quiniou, N. 2016. Chapitre 10 – Elevage de précision en filière porcine : état des lieux et enjeux. Elevage de précision, Editions France Agricole, Paris, France; p.145–165.

Bruhn, T., Frobose, H., Levesque, C.L. 2020. Impact of altering Lys:energy ratio during gestation on offspring post-wean growth performance. J Anim Sci 98(Suppl3): 205-206)

Buis R.Q., 2016. Development and application of a precision feeding program using electronic sow feeders and effect on gestating primiparous sow performance. M.Sc. thesis. Department of Animal Biosciences. University of Guelph, Guelph, ON.

Calvar C., Badouard B., 2015. Resultats des elevages de porcs en Bretagne – 2014. Gestion Technique des Troupeaux de Truies. 70 pages.

Canario L., Foulley J.L., Cantoni E., Le Bihan E., Caritez J.C., Billon Y., Bidaniel J.P. 2007. Analyse des facteurs de variation de la mortinatalité des porcelets. Journées Rech. Porcine, 39, 273-280.

Cariolet, R., Le Diguierher, G., Julou, P., Rose, N., Ecobichon, P., Bougeard, S., Madec, F., 2004. Survie et croissance des porcelets au stade maternité dans l'unité EOPS de l'AFSSA Ploufragan. Journées Rech. Porcine 36, 435-442.

Cia, M. C., Edwards, S. A., Glasgow, V. L., Shanks, M., Fraser, H. (1998). Modification of body composition by altering the dietary lysine to energy ratio during rearing and the effect on reproductive performance of gilts. Anim. Sci., 66, 457-463.

Cloutier L., Dourmad J.Y., Pomar C., Morin-Doré L., Gagnon P. 2019. Effet d'une alimentation de précision sur les performances, la productivité et le coût d'alimentation pendant la gestation dans un contexte commercial de gestion des truies en groupe. Journées Rech. Porcine 51, 129-134.

Cloutier L, Sauvé B., Galiot L., Guay F., Dumas G., Gaillard C., Dourmad J-Y, Simongiovanni A., Gagnon P., 2024, Impact de l'alimentation de précision en gestation sur la carrière productive de truies suivies pendant trois cycles reproductifs. Journées Rech. Porcine 52 (Soumis)

Courboulay C., Meunier-Salaün M.C., Pol F., Stankowiak M., 2019. BEEP : un outil à disposition des éleveurs pour objectiver le bien-être de leurs animaux. Journées Rech. Porcine 51, 37-52.

Craig, A., Gordon, A. Magowan, E. 2017. Understanding the drivers of improved pig weaning weight by investigation of colostrum intake, sow lactation feed intake, or lactation diet specification. J. Anim. Sci. 95, 4499-4509.

Crenshaw, J. D., Park, C. S., Swantek, P. M., Keller, W. L., Zimprich, R. C. 1989. Lactation response of gilts to a phased feeding regimen designed to induce compensatory growth. J. Anim. Sci, 67(Suppl 2), 107-108.

da Silva A., Dalto D., Lozano A., de Oliveira E., Gavioli D., de Oliveira J., Romero N. 2013. Differences in muscle characteristics of piglets related to the sow parity. Can. J. Anim. Sci. 93, 471-475.

Damgaard, L. H., Rydhmer, L., Lovendahl, P. Grandinson, K. 2003. Genetic parameters for within-litter variation in piglet birth weight and change in within-litter variation during suckling. J. Anim. Sci.81, 604–610.

de Falco, B., Giannino, F., Carteni, F., Mazzoleni, S., Kim, D. H. 2022. Metabolic flux analysis: a comprehensive review on sample preparation, analytical techniques, data analysis, computational modelling, and main application areas. RSC Adv. 12, 25528-25548.

de Oliveira Araújo, V., de Oliveira, R. A., Vieira, M. D. F. A., Silveira, H., da Silva Fonseca, L., Alves, L. K. S., Silveira H., Eduarda Buck Bernardes Guimarães E. B. B., Schinckel A.P., Garbossa C. A. P. 2020. Bump feed for gestating sows is really necessary?. Livest, Sci., 240, 104184.

Decaluwé R., Maes D., Wuyts D., Cools A., Piepers S., Janssens G.P.J., 2014. Piglets' colostrum intake associates with daily weight gain and survival until weaning. Livest. Sci. 162, 185-192.

Devillers N., Le Dividich J., Prunier A., 2011. Influence of colostrum intake on piglet survival and immunity. Animal 5, 1605-1612.

Dourmad J.Y., Étienne M., 2002. Dietary lysine and threonine requirements of the pregnant sow estimated by nitrogen balance. J. Anim. Sci. 80, 2144-2150..

Dourmad J.Y., Étienne M., Prunier A., Noblet J., 1994. The effect of energy and protein intake of sows on their longevity: a review. *Livest. Prod. Sci.* 40, 87-97.

Dourmad, J. Y., Étienne, M., Noblet, J., Boudon, A. 2021b. Contenu corporel en minéraux des truies reproductrices. *Journées Rech. Porcine* 53, 203-204..

Dourmad, J. Y., Etienne, M., Valancogne, A., Dubois, S., van Milgen, J., Noblet, J. 2008. InraPorc: a model and decision support tool for the nutrition of sows. *Anim. Feed Sci. and Technology*, 143 (1-4), 372-386.

Dourmad, J. Y., Gagnon, P., Brossard, L., Pomar, C., Cloutier, L. 2018. Développement d'un outil d'aide à la décision pour l'alimentation de précision des truies en gestation. *Journées Rech. Porcine* 50, 101-106.

Dourmad, J. Y., Étienne, M., Noblet, J. (2001). Mesurer l'épaisseur de lard dorsal des truies pour définir leurs programmes alimentaires. *INRAE Prod. Anim.* 14, 41–50.

Dourmad, J., Étienne, M., Noblet, J., Valancogne, A., Dubois, S., Van Milgen, J. 2005. INRA Porc: un outil d'aide à la décision pour l'alimentation des truies reproductrices. *Journées Rech. Porcine France* 37, 299.

Dourmad, J.-Y., Gauthier, R., Gaillard, C., 2021a. Évolution des concepts nutritionnels et des méthodes d'alimentation des truies reproductrices : historique et perspectives. *INRAE Prod. Anim.* 34, 111–126.

Dwyer C.M., Fletcher J.M., Stickland N.C. 1993. Muscle cellularity and postnatal growth in the pig. *J. Anim. Sci.* 71, 3339-3343.

Dwyer C.M, Madgwick A.J.A, Crook A.R, Stickland N.C. 1992. The effect of maternal undernutrition on the growth and development of the guineapig placenta. *J. Dev. Physiol.* 18, 295-302.

Dwyer C.M., Stickland N.C., Fletcher J.M. 1994. The influence of maternal nutrition on muscle fiber number development in the porcine fetus and on subsequent postnatal growth. *J. Anim. Sci.* 72, 911 -917.

Engblom, L., Lundeheim, N., Dalin, A. M., Andersson, K. 2007. Sow removal in Swedish commercial herds, *Livest. Sci.*, 106, 76–86.

Étienne M. 1991a. Apport énergétique de gestation et accréation de protéines chez la truie nullipare. Journées Rech. Porcine, 23, 69-74.

Étienne, M., 1979. Influence de l'alimentation des truies gravides sur l'évolution des réserves corporelles maternelles et le développement de la portée. Annal. Bio. Anim. Biochim. Biophys. 19, 289-302.

Étienne, M., Dourmad, J. Y., Barrios A., Noblet, J. 1991b. La reconstitution des réserves corporelles chez la truie multipare en gestation : influence des apports d'énergie. Journées Rech. Porcine. 23, 75-84.

Fainberg H.P., Almond K.L., Li D., Rauch C., Bikker P., Symonds M.E., Mostyn A., 2014. Impact of maternal dietary fat supplementation during gestation upon skeletal muscle in neonatal pigs. BMC Physiol. 14, 6.

Farmer C., Quesnel H. 2009. Nutritional, hormonal and environmental effects on colostrum in sows. J. Anim. Sci. 87, 56-65.

Farmer, C. (2018). Nutritional impact on mammary development in pigs: a review. J. Anim. Sci. 96, 3748-3756.

Fédération des groupes conseils agricoles du Québec (FGCAQ), 2006. Coût de production du porc et du porcelet auprès d'entreprises spécialisées en production porcine pour l'année 2004. Fédération des producteurs de porcs du Québec.

Ferguson, E. M., Ashworth, C. J., Edwards, S. A., Hawkins, N., Hepburn, N., Hunter, M. G. 2003. Effect of different nutritional regimens before ovulation on plasma concentrations of metabolic and reproductive hormones and oocyte maturation in gilts. Reproduction, 126, 61-71.

Ferrando, R., 1972. Les besoins en oligo-éléments des animaux domestiques et les conséquences de leur carence. Annal. Nut. Alim. 26, 231-323.

Ferreira, S. V., Rodrigues, L. A., Ferreira, M. A., Alkmin, D. V., Dementshuk, J. M., Almeida, F. R. C. L., Fontes, D. O. 2021. Plane of nutrition during gestation affects reproductive performance and retention rate of hyperprolific sows under commercial conditions. Animal 15, 100153.

Feyera, T., Theil, P. K. 2017. Energy and lysine requirements and balances of sows during transition and lactation: A factorial approach. Livest. Sci., 201, 50-57.

Fix, J. S., Cassady, J. P., Holl, J. W., Herring, W. O., Culbertson, M. S., See, M. T. 2010. Effect of piglet birth weight on survival and quality of commercial market swine. *Livest. Sci.* 132, 98-106.

Ford, S. P., Vonnahme, K. A., Wilson, M. E. 2002. Uterine capacity in the pig reflects a combination of uterine environment and conceptus genotype effects. *J. Anim. Sci.* 80(E-suppl_1), E66-E73.

Foxcroft, G. R. (1997). Mechanisms mediating nutritional effects on embryonic survival in pigs. *J. Reprod. Fert.-Suppl.* 52, 47-62.

Gagnon P., Cloutier L., Rivest J., Dourmad J.Y., Pomar C., Bussi eres D., Lefebvre A., 2017.  valuation par simulation de l'impact nutritionnel et économique d'une alimentation de précision chez la truie en gestation. Ed. CDPQ inc., Qc. Canada, rapport 37 p.

Gaillard C., Quiniou N., Gauthier R., Cloutier L., Dourmad J.Y., 2020b. Evaluation of a decision support system for precision feeding of gestating sows. *J. Anim. Sci.*, 98(9), skaa255.

Gaillard, C, Gautier, 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.

Gaillard, C., Dourmad, J. Y. (2022). Application of a precision feeding strategy for gestating sows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 287, 115280.

Gaillard, C., Brossard, L., Dourmad, J. Y. (2020a). Improvement of feed and nutrient efficiency in pig production through precision feeding. *Anim. Feed Sci. Technol.* 268, 114611.

Galiot L., Cloutier L., Guay F., Dumas G., Gaillard C., Dourmad J.-Y., Simongiovanni A., Gagnon P., 2023. Impact de l'alimentation de précision et d'un surplus d'aliment en fin de gestation sur les performances et l'état corporel de truies suivies pendant leurs deux premiers cycles de gestation et lactation. *Journées Rech. Porcine* 55, 183-188.

Gatford K.L., Ekert J.E., Blackmore K., De Blasio M.J., Owens J.A., Campbell R.G., Owens P.C., 2003. Variable maternal nutrition and growth hormone treatment in the second quarter of pregnancy in pigs alter semitendinosus muscle in adolescent progeny. *Br. J. Nutr.* 90, 283-293.

Gonçalves, M. A., Dritz, S. S., Tokach, M. D., Piva, J. H., DeRouche, J. M., Woodworth, J. C., Goodband, R. D. 2016. Fact sheet--impact of increased feed intake during late gestation on reproductive performance of gilts and sows. *J. Swine Health Prod.* 24, 264-266.

Goodband R.D., Tokach M.D., Goncalves M.A.D., Woodworth J.C., Dritz S.S., DeRouche J.M., 2013. Nutritional enhancement during pregnancy and its effects on reproduction in swine. *Anim. Front.* 3, 68 -75.

Guéguen L., Pérez J.M., 1981. A re-evaluation of recommended dietary allowances of calcium and phosphorus for pigs. *Proc. Nutr. Soc.*, 40, 273-278.

Guillemet R., Hamard A., Quesnel H., Père M.C., Étienne M., Dourmad J.Y., Meunier-Salaun M.C., 2007. Dietary fibre for gestating sows: Effects on parturition progress, behaviour, litter and sow performance. *Animal*, 1, 872-880.

Hansen A.V., Lauridsen C., Sørensen M.T., Bach Knudsen K.E., Theil P.K., 2012. Effects of nutrient supply, plasma metabolites, and nutritional status of sows during transition on performance in the next lactation. *J. Anim. Sci.* 90, 466-480.

Hansen L., Stewart V., Mandell I., Huber, L.A. 2020. The Effect of closely meeting estimated daily lysine and energy requirements of pregnant first parity sows on offspring growth and carcass quality, ASAS Midwest section, Omaha, Nebraska, USA, mars 2-4.

Hansen L.L., Stewart V., Mandell I.B., Huber L.A., 2021. Precision feeding gestating sows: effects on offspring growth performance and carcass and loin quality at slaughter. *Trans. Anim. Sci.*, 5, txab227.

Hoving L.L., Soede N.M., Graat E.A.M., Feitsma H., Kemp B. 2011b. Reproductive performance of second parity sows: Relations with subsequent reproduction. *Livest. Sci.* 140, 124–130.

Hoving L.L., Soede N.M., van der Peet-Schwering C.M.C., Graat E.A.M., Feitsma H., Kemp B., 2011a. An increased feed intake during early pregnancy improves sow body weight recovery and increases litter size in young sows. *J. Anim. Sci.* 89, 3542-3550.

Huber L.A., Smith J.H., Eastwood L., 2019. Sow feeding strategies: gestating sows. *Proceedings of the London Swine Conference*, 26-27 mars 2019, London, Ontario, Canada, 51-55.

Hurley, W. L. 2015. Composition of sow colostrum and milk. In C. Farmer (Ed.), *The gestating and lactating sow*. Wageningen Academic Publishers.

Huting A.M.S., Sakkas P., Kyriazakis I. 2019. Sows in mid parity are best foster mothers for the pre- and post-weaning performance of both light and heavy piglets. *J. Anim. Sci.* 97, 1656–1670.

Inoue, R., Tsukahara, T. (2021). Composition and physiological functions of the porcine colostrum. *Anim. Sci. J.*, 92, e13618.

Jean K.B., Chiang S.H., 1999. Increased survival of neonatal pigs by supplementing medium chain triglycerides in late-gestating sow diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 76, 241-250.

Ji, F., Wu, G., Blanton, J.R., Kim, S.W., 2005. Changes in weight and composition in various tissues of pregnant gilts and their nutritional implications. *J. Anim. Sci.* 83, 366–375.

Ji, Y., Kong, X., Li, H., Zhu, Q., Guo, Q., Yin, Y. 2017. Effects of dietary nutrient levels on microbial community composition and diversity in the ileal contents of pregnant Huanjiang mini-pigs. *PLoS one*, 12, e0172086.

Jondreville C., Dourmad J.-Y., 2005. Le phosphore dans la nutrition des porcs. *INRA Prod. Anim.* 18, 183-192.

Jongbloed A.W., van Diepen J.Th.M., Kemme P.A., 2003. Forfornormen voor varkens herziening 2003. CVB documentatierapport n°30, 66 pp. <https://edepot.wur.nl/332417>.

Kalbe, C. Lösel D., Block J., Lefaucheur L., Brüßow K.-P., Bellmann O., Pfuhl R., Puppe B., Otten W., Metges C.C., Rehfeldt C. 2017. Moderate high or low maternal protein diets change gene expression but not the phenotype of skeletal muscle from porcine fetuses. *Domest. Anim. Endocrinol.* 58, 63 -75.

Kammersgaard T.S., Pedersen L.J., Jørgensen E., 2011. Hypothermia in neonatal piglets: Interactions and causes of individual differences. *J. Anim. Sci.* 89, 2073-2085.

Kim S. W. Hurley W. L. Wu G. Ji F. 2009. Ideal amino acid balance for sows during gestation and lactation. *J. Anim. Sci.* 87, E123–E132.

Kim, J. S., Yang, X., Pangeni, D., Baidoo, S. K. 2015. Relationship between backfat thickness of sows during late gestation and reproductive efficiency at different parities. *Acta Agricul. Scand., Section A—Anim. Sci.* 65, 1-8.

Kim, S., Osaka, W., I., Hurley, W. L., Easter, R. A. 1999b. Mammary gland growth as influenced by litter size in lactating sows: Impact on lysine requirement. *J. Anim. Sci.* 77, 3316–3321.

Kim, S., Hurley, W., W. L., He, I. K., Stein, H. H., Easter, R. A. 1999a. Effect of nutrient intake on mammary gland growth in lactating sows. *J. Anim. Sci.* 77, 3304–3315.

Klein H.D., Rippstein J., Huguenin J., Toutain B., Guerin H., Louppe D. 2014. Introduction. In : Klein H.D. (Ed.), *Les cultures fourragères*. Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux, 13-15.

Klimas R., Klimienė A., Sobotka W., Kozera W., Matusevičius P. 2020. Effect of parity on reproductive performance sows of different breeds. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 50, 434–441.

Knecht D., Srodon S., Duzinski K. 2015. The impact of season, parity and breed on selected reproductive performance parameters of sows. *Arch. Anim. Breed.* 58, 49–56.

Knol, E. F., Ducro, B. J., van Arendonk, J. A. M., van der Lende T. 2002. Direct, maternal and nurse sow genetic effects on farrowing-, pre-weaning, and total piglet survival. *Livest. Prod. Sci.* 73, 153–164.

Kusina, J., Pettigrew, J. E., Sower, A. F., White, M. E., Crooker, B. A., Hathaway, M. R. 1999. Effect of protein intake during gestation and lactation on the lactational performance of primiparous sows. *Journal of animal science*, 77, 931-941.

Le Cozler Y., Dagorn J., Guyomarc'h C., Pichodo X., Quinio P.Y., Pellois H., 2001. Importance et origine des porcelets morts-nés : Truies nées en 1994 et 1995 suivies en Gestion Technique des Troupeaux de Truies et observations en stations expérimentales. *Journées Rech. Porcine*, 33, 299-305.

Le Cozler, Y., Pichodo, X., Roy, H., Guyomarc'h, C., Pellois, H., Quiniou, N., Louveau I., Lebreton B., Lefaucheur L. et Gondret, F. 2004. Influence du poids individuel et de la taille de la portée à la naissance sur la survie du porcelet, ses performances de croissance et d'abattage et la qualité de la viande. *Journées Rech. Porcine* 36, 443-450.

Lemay, A., F. Guay. 2017. Étude des facteurs agissant sur la consommation d'aliment de la truie allaitante. Journées Rech. Porcine. 49, 57-62.

Lemoine, T., Calvar, C., 2016. Effets sur la truie et sa portée d'un enrichissement de l'aliment en fin de gestation ou début de lactation. Chambres d'agriculture de Bretagne – Pôle porcs. Repéré en ligne le 28 mars à <https://scholar.google.com/scholar>.

Les Éleveurs de porcs du Québec. 2022. <https://www.leseleveursdeporcsduquebec.com/32-8-economie-du-porc-portrait-socio-economique.html> (page consultée le 31 janvier 2022).

Létourneau-Montminy M.P., Lovatto P.A., Pomar C., 2014. Apparent total tract digestibility of dietary calcium and phosphorus and their efficiency in bone mineral retention are affected by body mineral status in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 92, 3914-3924.

Levesque C.L., Moehn S., Pencharz P.B., Ball R.O, 2011. The threonine requirement of sows increases in late gestation. *J. Anim. Sci.* 89, 93-102.

Li, Y. Z., Anderson, J. E., Johnston, L. J. 2012. Animal-related factors associated with piglet mortality in a bedded, group-farrowing system. *Can. J. Anim Sci.* 92, 11-20.

Liu Z.H., Zhang X.M., Zhou, Y.F., Wang, C, Xiong, J., Guo, L.L., Wang, L., Jiang, S.W., Peng, J. 2020. Effect of increasing feed intake during late gestation on piglet performance at parturition in commercial production enterprises. *Anim Reprod Sci.* 218, 106477.

Liu, X., Pan, S., Li, X., Sun, Q., Yang, X., Zhao, R. 2015. Maternal low-protein diet affects myostatin signaling and protein synthesis in skeletal muscle of offspring piglets at weaning stage. *Eur. J Nutr.*, 54, 971-979.

Loisel F., Farmer C., Ramaekers P., Quesnel H., 2013. Effect of high dietary fiber during late pregnancy on sow physiology, colostrum production, and piglet performance. *J. Anim. Sci.* 91, 5269-5279.

Lucbert J, Gatel F. 1988. Influence du nombre et du poids des porcelets à la naissance et du rang de portée sur la mortalité postnatale des porcelets. *Annal. Rech. Vét.* 19, 149-152.

Mahan D. C., Peters J. C. 2004. Long-term effects of dietary organic and inorganic selenium sources and levels on reproducing sows and their progeny *J. Anim. Sci.* 82, 1343 -1358.

Mahan, D. C. (1990). Mineral nutrition of the sow: a review. *J. Anim. Sci.* 68, 573-582.

Mallmann A.L., Betiolo F.B., Camillotti E., Mellagi A., Ulguim R.R., Wentz I., Bernardi M.L., Gonçalves M., Kummer R., Bortolozzo F.P., 2018. Two different feeding levels during late gestation in gilts and sows under commercial conditions: impact on piglet birth weight and female reproductive performance. *J. Anim. Sci.* 96, 4209 -4219.

Mallmann, A. L., Camilotti, E., Fagundes, D. P., Vier, C. E., Mellagi, A. P. G., Ulguim, R. R., Bernardi M. L., Orlando U. A. D., Gonçalves M.A. D., Kummer R., Bortolozzo F. P. 2019. Impact of feed intake during late gestation on piglet birth weight and reproductive performance: a dose-response study performed in gilts. *J. Anim. Sci.* 97, 1262-1272

Martineau, G. P., Klopfenstein, C. 1996. Les syndromes corporels chez la truie. *Journées Rech. Porcine* 28, 331-338.

McPherson, RL, Ji, F., Wu, G., Blanton, J.R. Kim, SW. 2004. Growth and compositional changes of fetal tissues in pigs . *J. Anim. Sci.* 82, 2534–2540.

Meijer AE. 1991. The pentose phosphate pathway in skeletal muscle under pathophysiological conditions. A combined histochemical and biochemical study. *Prog. Histochem. Cytochem.* 22, 1–118.

Miller H.M., Foxcroft G.R., Aherne F.X., 2000. Increasing food intake in late gestation improved sow condition throughout lactation but did not affect piglet viability or growth rate. *J. Anim. Sci.* 71, 141 -148.

Ministère de l’agriculture, des pêcheries et de l’alimentation (MAPAQ). 2021. Élevage de porc. <https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/agriculture/industrie-agricole-au-quebec/productions-agricoles/elevage-porc-porc> (page consultée le 31 janvier 2022).

Moehn S., Ball R.O. ,2013. Nutrition of pregnant sows. In: *Proceedings of the 2013 London Swine Conference, Managing for Production*, London, Ontario. p. 55 -63.

Mota-Rojas, D., Villanueva-Garcia, D., Velazquez-Armenta, E.Y., Nava-Ocampo, A.A., Ramirez-Necoechea, R., Alonso-Spilsbury, M., Trujillo, M.E. 2007. Influence of time at which oxytocin is administered during labor on uterine activity and perinatal death in pigs. *Biol. Res.*, 40, 55-63.

National Research Council. 2012. *Nutrient requirements of swine*. 11th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

Nevrkla P., Lujka J., Kopec T., Horký P., Filipčík R., Hadaš Z., Střechová V. 2021. Combined effect of sow parity and terminal boar on losses of piglets and pre-weaning growth intensity of piglets. *Animals* 11, 3287.

Ngo T.T., Quiniou N., Heugebaert S., Paboeuf F., Dourmad J.Y. 2012. Influence du rang de portée et du nombre de porcelets allaités sur la production laitière des truies. *Journées Rech. Porcine* 44, 195-196.

Nimmo R.D., Peo Jr E.R., Crenshaw J.D., Moser B.D., Lewis A.J., 1981. Effect of level of dietary calcium- phosphorus during growth and gestation on calcium -phosphorus balance and reproductive performance of first litter sows. *J. Anim. Sci.* 52, 1343-1349.

Nissen P. M., Danielsen V. O., Jorgensen P. F., Oksbjerg N. 2003. Increased maternal nutrition of sows has no beneficial effects on muscle fiber number or postnatal growth and has no impact on the meat quality of the offspring. *J. Anim. Sci.* 81, 3018–3027.

Noblet J., Dourmad J.Y., Etienne M. (1990) Energy utilization in pregnant and lactating sows: modeling of energy requirements. *J Anim Sci.* 68, 562-572.

Noblet J., Close W.H., Heavens R.P., 1985. Studies on the energy metabolism of the pregnant sow: 1. Uterus and mammary tissue development. *Br. J.Nutr.* 53, 351-365.

Noblet, J., Étienne, M. 1987. Dépenses et besoins énergétiques de la truie au cours du cycle de reproduction. *Journées. Rech. Porcine* 19, 197-202.

Noblet, J., Dourmad, J. Y., Étienne, M., Le Dividich, J. 1997. Energy metabolism in pregnant sows and newborn pigs. *J. Anim. Sci.* 75, 2708-2714.

Noblet, J., Shi, X., Dubois, S. 1994. Composantes de la dépense énergétique au cours du nyctémère chez la truie adulte à l'entretien : rôle de l'activité physique. *INRAE Prod. Anim.* 7, 135–142.

NRC, 1998. *Nutrient Requirements of Swine. Tenth Revised Edition.* National Academy Press, Washington, DC. 289p.

Oliviero C., Kokkonen T., Heinonen M., Sankari S., Peltoniemi O., 2009. Feeding sows with high fibre diet around farrowing and early lactation: Impact on intestinal activity, energy balance related parameters and litter performance. *Res. Vet. Sci.* 86, 314-319.

Pettigrew J.E., Yang H., 1997. Protein nutrition of gestating sows. *J. Anim. Sci.* 75, 2723-2730.

Pointillart A., 1984. Pathologie du métabolisme minéral chez le porc. *Les dossiers de l'élevage*, 5, 29-48.

Pomar C., Kyriazakis I., Emmans G. C., et Knap P. W. 2003. Modeling stochasticity: dealing with populations rather than individual pigs. *J. Anim. Sci.* 81(E. Suppl. 2), E178–E186.

Pomar C., Pomar J., Rivest J., Cloutier L., Letourneau-Montminy M.P., Andretta I., Hauschild L., 2015. Estimating real-time individual amino acid requirements in growing-finishing pigs: towards a new definition of nutrient requirements? In: *Nutritional modelling for pigs and poultry*, Eds. N.K. Sakomura, R. Gous, I. Kyriazakis and L. Hauschild, CAB International, Wallingford, UK, 157-174.

Pomar, C., Andretta, I., Remus, A. 2021. Feeding strategies to reduce nutrient losses and improve the sustainability of growing pigs. *Front. Vet. Sci.* 8, 742220.

Pomar, C.; Hauschild, L.; Zhang, G.H.; Pomar, J.; Lovatto, P.A. 2011. Precision feeding can significantly reduce feeding cost and nutrient excretion in growing animals. p. 327-334. In: Sauvant D.; Milgen, J.; Faverdin, P.; Friggens, N., eds. *Modelling nutrient digestion and utilisation in farm animals*. Wageningen Academic, Wageningen, The Netherlands.

Pomar, C., Hauschild, L., Zhang, G. H., Pomar, J., Lovatto, P. A. 2009. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. *Rev. Bras. Zoot.* 38, 226-237.

Pond W. G., Strachan D. N., Sinha Y. N., Walker E. F. Jr., Dunn J. A., Barnes R. H., 1969. Effect of protein deprivation of swine during all or part of gestation on birth weight, postnatal growth rate and nucleic acid content of brain and muscle of progeny. *J. Nutr.* 99, 61-67.

Quesnel, H. 2005. État nutritionnel et reproduction chez la truie allaitante. *INRAE Prod. Anim.*, 18, 277–286.

Quesnel, H., Farmer, C., Devillers, N. 2012. Colostrum intake: Influence on piglet performance and factors of variation. *Livest. Sci* 146, 105-114. Quiniou N. 2005. Influence de la quantité d'aliment allouée à la truie en fin de gestation sur le déroulement de la mise bas, la vitalité des porcelets et les performances de lactation. *Journées Rech. Porcine* 37, 187-194.

Quiniou N., Boudon A., Dourmad J.Y., Moinecourt M., Priymenko N., Narcy A., 2019. Modélisation du besoin en calcium et variations du rapport phosphocalcique de l'aliment selon le niveau de performance de la truie reproductrice. Journées Rech. Porcine 51, 141-152.

Quiniou N., Dagorn J., Gaudré D. 2002. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. Livest. Prod. Sci., 78, 63-70.

Quiniou, N., 2014. Alimentation de la truie à fort potentiel: mise en œuvre de quelques concepts clés. Les Cahiers de l'IFIP 1, 57-68.

Quiniou, N., Quesnel, H., 2008. Effet de la quantité d'aliment allouée aux truies pendant le premier mois de gestation sur la reconstitution des réserves et les caractéristiques de la portée à la naissance: premiers résultats. Journées Rech. Porcine 40, 227-232.

Quiniou, N., Guillou, A. L., Danilo, S., Boulot, S., Quesnel, H., Pilorget D., Rocher A., Debroise A., Lechaux S., Loiseau D., Richard, R. 2018. Conséquences sur la truie et sa portée de la distribution d'aliment de gestation ou de lactation de l'entrée en maternité à la mise bas. Journées Rech. Porcine 50, 107-112.

Ramirez-Camba, C. D., Dunn, J. L., Htoo, J. K., González-Vega, J. C., Touchette, K., Samuel, R. S., Levesque, C. L. 2020. Efficiency of standardized ileal digestible lysine utilization for whole body protein deposition in pregnant gilts and sows during early-, mid-, and late-gestation. J. Anim. Sci. 98, skaa340.

Ramsay, T.G., Stoll, M.J., Shannon, A.E. Blomberg L.A. 2018. Metabolomic analysis of longissimus from underperforming piglets relative to piglets with normal preweaning growth. J. Anim. Sci. Biotechnol. 9, 36.

Rathmacher, J. A., Nissen, S. L., Paxton, R. E., Anderson, D. B. 1996. Estimation of 3-methylhistidine production in pigs by compartmental analysis. J. Anim. Sci 74, 46-56.

Rehfeldt C, Nissen PM, Kuhn G, Vestergaard M, Ender K, Oksbjerg N. 2004. Effects of maternal nutrition and porcine growth hormone (pGH) treatment during gestation on endocrine and metabolic factors in sows, fetuses and pigs, skeletal muscle development, and postnatal growth. Domest. Anim. Endocrinol. 27, 267–85.

Rehfeldt, C. Lang I. S., Görs S., Hennig U., Kalbe C., Stabenow B., Brüßow K.-P., Pfuhl R., Bellmann O., Nürnberg G., Otten W., Metges C. C. 2011. Limited and excess dietary protein

during gestation affects growth and compositional traits in gilts and impairs offspring fetal growth. *J. Anim. Sci.* 89, 329 -341.

Rehfeldt, C., Stabenow B., Pfuhl R., Block J., Nürnberg G., Otten W., Metges C. C. Kalbe C. 2012. Effects of limited and excess protein intakes of pregnant gilts on carcass quality and cellular properties of skeletal muscle and subcutaneous adipose tissue in fattening pigs. *J. Anim. Sci.* 90, 184 -196.

Richards, J. D., Zhao, J., Harrell, R. J., Atwell, C. A., Dibner, J. J. 2010. Trace mineral nutrition in poultry and swine. *Asian-Austral. J. Anim. Sci.* 23, 1527-1534.

Ringseis, R., Keller, J., Eder, K. 2018. Basic mechanisms of the regulation of L-carnitine status in monogastrics and efficacy of L-carnitine as a feed additive in pigs and poultry. *J. Anim. Physiol. Anim. Nut.* 102, 1686-1719.

Rooke J.A., Bland I.M., Edwards S.A. 1998. Effect of feeding tuna oil or soybean oil as supplements to sows in late pregnancy on piglet tissue composition and viability. *Br. J. Nutr.* 80, 273-280.

Rudar, M., Fiorotto, M. L., Davis, T. A. 2019. Regulation of muscle growth in early postnatal life in a swine model. *Ann. Rev Anim. Biosci.* 7, 309-335.

Santiago, P. R., Martínez-Burnes, J., Mayagoitia, A. L., Ramírez-Necoechea, R., Mota-Rojas, D. 2019. Relationship of vitality and weight with the temperature of newborn piglets born to sows of different parity. *Livest. Sci.* 220, 26-31.

Scholman, G. J., Dijkhuizen, A. A. 1989. Determination and analysis of the economic optimum culling strategy in swine breeding herds in Western Europe and the USA, *Neth. J. Agric. Sci.*, 37, 71–74.

Seerley RW, Pace TA, Foley CW and Scarth RD 1974. Effect of energy-intake prior to parturition on milk lipids and survival rate, thermostability and carcass composition of piglets. *J. Anim. Sci.* 38, 64–70.

Shelton, N.W., Derouchey J.M., Neill C.R., Michael D.T., Goodband R.D., Nelssen J.L., Dritz S.S. 2009. Effects of increasing feeding level during late gestation on sow and litter performance, *Kansas State Univ. Swine Day Report Progress*, pp. 38-50.

Shi, M., Zang, J., Li, Z., Shi, C., Liu, L., Zhu, Z., Li, D. 2015. Estimation of the optimal standardized ileal digestible lysine requirement for primiparous lactating sows fed diets supplemented with crystalline amino acids. *Anim. Sci. J.* 86, 891–896.

Smith, A. L., Stalder, K. J., Serenius, T. V., Baas, T. J., Mabry, J. W. 2007. Effect of piglet birth weight on weights at weaning and 42 days post weaning. *J. Swine Health Prod.* 15, 213-218.

Solanes, F. X., Stern, S. 2001. Estimated mature weights and growth curves for large white sows. *Acta Agr. Scand., Section A-Anim. Sci.* 51, 142-147.

Srivastava AK, Khare P, Nagar HK, Raghuwanshi N, Srivastava R. 2016. Hydroxyproline: a potential biochemical marker and its role in the pathogenesis of different diseases. *Curr Protein Pept. Sci.* 17, 596–602.

Stanley CA. 2004. Carnitine deficiency disorders in children. *Ann N Y Acad Sci.* 1033, 42–51.

Stewart V., Hansen L., Mandell I., Huber L.A., 2021. The effects of closely meeting estimated daily lysine and energy requirements for pregnant sows across two pregnancies on sow body weight change and litter characteristics at birth, ASAS Midwest section, Omaha, Nebraska, USA, march 2-4.

Strathe, A. V., Bruun, T. S., Hansen, C. F. 2017. Sows with high milk production had both a high feed intake and high body mobilization. *Animal* 11, 1913-1921.

Sun, Y., Wu, Z., Li, W., Zhang, C., Sun, K., Ji, Y., Wang B., Jiao N., He B., Wang W., Dai Z. Wu, G. 2015. Dietary L-leucine supplementation enhances intestinal development in suckling piglets. *Amino Acids* 47, 1517-1525.

Thaker, M. Y. C., Bilkei, G. 2005. Lactation weight loss influences subsequent reproductive performance of sows. *Anim. Reprod. Sci.* 88, 309-318.

Theil, P. K., Farmer, C., Feyera, T. 2022. Physiology and nutrition of late gestating and transition sows. *J. Anim. Sci.* 100, skac176.

Theil, P. K., Lauridsen, C., Quesnel, H. 2014. Neonatal piglet survival: impact of sow nutrition around parturition on fetal glycogen deposition and production and composition of colostrum and transient milk. *Animal* 8, 1021-1030.

Thongkhuy, S., Chuaychu, S. B., Burarnrak, P., Ruangjoy, P., Juthamane, P., Nuntapaitoon, M., Tummaruk, P. 2020. Effect of backfat thickness during late gestation on farrowing duration, piglet birth weight, colostrum yield, milk yield and reproductive performance of sows. *Livest. Sci.* 234, 103983.

Town, S. C., Patterson, J. L., Pereira, C. Z., Gourley, G., Foxcroft, G. R. 2005. Embryonic and fetal development in a commercial dam-line genotype. *Anim. Reprod. Sci.* 85, 301-316.

Underwood, E. J., Suttle, N. F. 1999. *The mineral nutrition of livestock*. CABI publishing.

Van Riet M.M.J., Millet S., Aluwé M., Janssens G.P.J. 2013. Impact of nutrition on lameness and claw health in sows. *Livest. Sci.* 156, 24-35.

Vasdal, G., Andersen, I. L. 2012. A note on teat accessibility and sow parity—consequences for newborn piglets. *Livest. Sci.*, 146, 91-94.

Vonnahme, K. A., Wilson, M. E., Ford, S. P. 2002. Conceptus competition for uterine space: different strategies exhibited by the Meishan and Yorkshire pig. *J Anim. Sci.* 80, 1311-1316.

Walker, B., Young, B. A. 1992. Modelling the development of uterine components and sow body composition in response to nutrient intake during pregnancy. *Livest. Prod. Sci.* 30, 251-264.

Wang, B., Wang, Y., Zuo, S., Peng, S., Wang, Z., Zhang, Y., Luo, H. 2021. Untargeted and targeted metabolomics profiling of muscle reveals enhanced meat quality in artificial pasture grazing tan lambs via rescheduling the rumen bacterial community. *J. Agric. Food Chem.* 69, 846-858.

Wang, J., Feng, C., Liu, T., Shi, M., Wu, G., Bazer, F. W. 2017. Physiological alterations associated with intrauterine growth restriction in fetal pigs: causes and insights for nutritional optimization. *Mol. Reprod. Dev.* 84, 897-904.

Wigmore, P., Stickland, N. 1983. Muscle development in large and small pig fetuses. *J. Anat.* 137, 235.

Wu G, Bazer FW, Burghardt RC, Johnson GA, Kim SW, Li XL, Satterfield M. C., Spencer T. E. 2010. Impacts of amino acid nutrition on pregnancy outcome in pigs: mechanisms and implications for swine production. *J. Anim. Sci.* 88, E195-204.

Wu G, Bazer FW, Dai ZL, Li DF, Wang JJ, Wu ZL. 2014. Amino acid nutrition in animals: protein synthesis and beyond. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 2, 387–417.

Wu G, Bazer FW, Johnson GA, Knabe DA, Burghardt RC, Spencer TE, Li X. L., Wang J. J. 2011. Important roles for L-glutamine in swine nutrition and production. *J. Anim. Sci.* 89, 2017–30.

Wu G, Imhoff-Kunsch B, Girard AW. 2012. Biological mechanisms for nutritional regulation of maternal health and fetal development. *Paediatr. Perinatal. Epidemiol.* 26 (Suppl 1), 4–26.

Wu G., Bazer F. W., Johnson G. A., Hou Y. 2018. BOARD-INVITED REVIEW: Arginine nutrition and metabolism in growing, gestating, and lactating swine. *J. Anim. Sci.* 96, 5035-5051.

Wu G., Bazer F. W., Wallace J. M., Spencer T. E. 2006. Board-invited review: intrauterine growth retardation: implications for the animal sciences. *J. Anim. Sci.* 84, 2316-2337.

Xu R. J., Sangild P. T., Zhang Y. Q., Zhang S. H. 2002. Chapter 5 Bioactive compounds in porcine colostrum and milk and their effects on intestinal development in neonatal pigs. In R. Zabielski, P. C. Gregory, B. Weström, E. Salek (Eds.), *Biology of growing animals*. Elsevier.

Zak L. J., Xu X., Hardin R. T., Foxcroft G. R. 1997. Impact of different patterns of feed intake during lactation in the primiparous sow on follicular development and oocyte maturation. *Reproduction* 110, 99-106.

Zhang G. H., Pomar C., Pomar J., Del Castillo J. R. 2012. L'alimentation de précision chez le porc charcutier : Estimation des niveaux dynamiques de lysine digestible nécessaires à la maximisation du gain de poids. *Journées Rech. Porcine* 44, 171-176.

Zhang S., Chen F., Zhang Y., Lv Y., Heng J., Min T., Li L., Guan W. 2018. Recent progress of porcine milk components and mammary gland function. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 9, 77.

Zhang S., Heng J., Song H., Zhang Y., Lin X., Tian M., Chen F., Guan W. 2019, Role of Maternal Dietary Protein and Amino Acids on Fetal Programming, Early Neonatal Development, and Lactation in Swine., *Animals*, 9, 19.

Zotti, E., Resmini, F. A., Schutz, L. G., Volz, N., Milani, R. P., Bridi, A. M., Alfieri A. A., da Silva, C. A. 2017. Impact of piglet birthweight and sow parity on mortality rates, growth performance, and carcass traits in pigs. *R. Bras. Zootec.* 46, 856-862,

