



# Effet de la teneur et de la digestibilité de la protéine sur les performances et la santé intestinale du porcelet sevré

Arnaud SAMSON (1), Emmanuel JANVIER (2), Fabio CATUNDA (3), Eric SCHETELAT (3), Sylvain LEBAS (3)

(1) ADM, Rue de l'Eglise, 02402 Château-Thierry, France

(2) ADM, Route de Talhouët, 56250 Saint-Nolff, France

(3) Wisium, Route de Talhouët, 56250 Saint-Nolff, France

[arnaud.samson@adm.com](mailto:arnaud.samson@adm.com)

Avec la collaboration de Claire LAUNAY, Myriam HOSQUET, Pascal HURTAUD et Xavier JUBIN

## Effet de la teneur et de la digestibilité de la protéine sur les performances et la santé intestinale du porcelet sevré

L'optimisation de la qualité de la fraction protéique peut s'avérer pertinente pour prévenir les troubles digestifs observés chez le porcelet sevré. Dans cette étude, l'effet de la teneur et de la digestibilité de la protéine de l'aliment distribué les trois semaines suivant le sevrage a été évalué sur l'intégralité de la période de post-sevrage. Au total, 308 porcelets sevrés à 21 jours ont été répartis entre quatre groupes expérimentaux comparés dans un plan en factoriel 2 x 2 : deux teneurs en protéine totale (19,0 et 17,5 %) et deux niveaux (basse et haute) de digestibilité iléale standardisée calculés sur la base d'un système développé spécifiquement pour le porcelet sevré. La digestibilité de la protéine des quatre régimes a été recalculée *a posteriori* dans un système considérant des coefficients de digestibilité déterminés chez le porc en croissance. Les animaux étaient alimentés *ad libitum* sur l'intégralité de la période expérimentale. La croissance des porcelets, leur niveau de consommation ainsi que les scores de fèces étaient significativement et indépendamment affectés par les deux facteurs expérimentaux. Lorsque la digestibilité de la protéine des quatre régimes était calculée selon le système « porcelet », la croissance des porcelets était linéairement améliorée lorsque la teneur en protéine digestible augmentait ( $P < 0,01$ ) alors que le score fécal était linéairement amélioré lorsque les apports en protéine indigestible diminuaient ( $P < 0,001$ ). Ces associations entre performance, santé et apport protéique n'étaient pas observées lorsque le système « porc » était considéré pour décrire la digestibilité de la protéine ( $P > 0,10$ ). Ainsi, lorsqu'elle est adaptée aux capacités digestives du porcelet sevré et dans le contexte de cette étude, l'amélioration de la digestibilité de la protéine favorise leur croissance tout en limitant les risques de troubles digestifs.

## Effect of the level and digestibility of the protein fraction on the performance and gut health in weaned piglet

Optimizing the quality of the dietary protein could be an effective strategy to prevent gut disorders observed in piglets after weaning. In this study, effects of the dietary protein level and digestibility in the diet offered for three weeks after weaning were assessed all through the post-weaning period. A total of 308 piglets weaned at 21 days of age were involved in this study. They were allocated to one of four experimental groups compared in a 2 x 2 factorial design: two crude protein levels (19.0% and 17.5 %) and two levels of standardized ileal digestibility (Low and High) based on coefficients specifically determined in weaned piglets. Protein digestibility was recalculated *a posteriori* using digestibility coefficients determined in growing pigs. From d42-69, all animals were fed the same commercial diet. Piglets were fed *ad libitum* during the entire experimental period. Piglet growth, feed intake and faecal score were significantly influenced by the two factors independently. When considering the protein digestibility calculated based on the "piglet" system, piglet growth increased linearly as the digestible protein content increased ( $P < 0.01$ ), while the faecal score linearly improved as the indigestible protein level decreased ( $P < 0.001$ ). These associations between performance, health and protein fraction were not observed when considering the digestible protein content based on the coefficients measured in growing pigs. When adapted to the digestive capacities of piglets, improving protein digestibility can improve piglet growth while reducing the risk of gut disorders.

## INTRODUCTION

Le sevrage représente une période où les porcelets doivent faire face à de nombreux changements (environnement, alimentation...). Ces facteurs de risque associés à l'imaturité digestive des porcelets rendent les désordres digestifs fréquents autour du sevrage. Parmi les stratégies nutritionnelles utilisables pour réduire ces désordres, la réduction des niveaux de protéines brutes peut donc s'avérer intéressante. En effet, la fermentation entérique de la fraction indigestible des protéines favorise la production de métabolites toxiques (ammoniac, amines, sulfure d'hydrogène ...) ainsi que le développement de bactéries pathogènes (Pieper *et al.*, 2016). Néanmoins, les performances de croissance des porcelets peuvent être dégradées lorsque les apports protéiques sont

diminués, et ce même lorsque les apports en acides aminés essentiels sont couverts (Millet *et al.*, 2018). Une stratégie combinant la réduction des apports protéiques et l'utilisation de matières premières hautement digestibles semble donc être optimale. Il faut néanmoins s'assurer que la digestibilité de la protéine soit correctement décrite dans le système de formulation, les coefficients considérés pour le porc charcutier n'étant pas appropriés pour le porcelet sevré (Mariscal-Landin *et al.*, 2008 ; Mariscal-Landin *et al.*, 2010).

L'objectif de cette étude était donc d'évaluer la réponse de porcelets sevrés à la modification de la teneur et de la digestibilité iléale standardisée de la protéine, cette dernière ayant été calculée dans deux systèmes différents (porcelet sevré vs. porc croissance).

**Tableau 1** – Description des aliments expérimentaux distribués les 3 premières semaines suivant le sevrage

Teneur en Matière azotée totale (MAT)	Basse (BP)		Haute (HP)	
	Basse	Haute	Basse	Haute
<b>DIS MAT Porcelet<sup>1</sup></b>				
<b>Ingrédients, % matière brute</b>				
Céréales crues (blé-orge)	64,2	66,1	60,1	63,5
Tourteau de soja 48	12,8	0,0	15,9	1,5
Graines de soja extrudées	6,2	15,0	6,2	15,0
Concentrés protéiques de soja	0,0	2,5	1,0	3,0
Concentré protéique de pomme de terre	0,0	1,7	0,0	3,5
Produits laitiers (lactosérum-poudre de lait)	2,8	2,8	2,8	2,8
Autres <sup>2</sup>	14,0	11,9	14,0	10,7
<b>Caractéristiques nutritionnelles calculées</b>				
Energie nette, MJ/kg	10,4	10,5	10,3	10,4
MAT, %	17,6	17,5	19,1	19,0
DIS MAT Porcelet, %	78,8	82,2	78,3	82,3
DIS MAT Porc <sup>3</sup> , %	86,5	84,5	85,6	85,6
Lysine DIS Porcelet, %	1,22	1,22	1,22	1,22
Méthionine + Cystine DIS Porcelet, %	0,73	0,73	0,73	0,73
Thréonine DIS Porcelet, %	0,79	0,80	0,79	0,79
Tryptophane DIS Porcelet, %	0,23	0,23	0,23	0,23
Valine DIS Porcelet, %	0,79	0,79	0,79	0,79
AAe DIS porcelet/MAT DIS Porcelet <sup>4</sup> , %	39,1	39,0	40,6	40,3

<sup>1</sup>DIS MAT Porcelet : Digestibilité Iléale Standardisée de la MAT calculée à partir de coefficients obtenus sur le porcelet sevré. <sup>2</sup>Autres : matière grasse végétale, acides aminés de synthèse, coproduits céréaliers, carbonate de calcium, phosphate et prémix. <sup>3</sup>DIS Matières azotées Porc : Digestibilité Iléale Standardisée des matières azotées la calculée à partir de coefficients obtenus sur le porc en croissance (Amipig, 2000). <sup>4</sup>AAe DIS porcelet/MAT DIS Porcelet : proportion des acides aminés essentiels digestibles dans la MAT digestible exprimée dans le système porcelet

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. Animaux et logement

Au total, 308 porcelets (femelles et mâles castrés) sevrés et hébergés dans le bâtiment post-sevrage du Talhouët Research Center (ADM) ont été impliqués dans cette étude. Ils ont été mis en lots à 21 jours d'âge (j21) sur la base de leur poids vif (PV), de leur portée d'origine et de leur sexe afin de constituer 11 blocs de quatre cases mixtes, comptant chacune sept animaux.

Les porcelets ont été étudiés dans trois salles de post-sevrage identiques et logés dans des cases de 3,1 m<sup>2</sup> disposant chacune d'un nourrisseur et d'un abreuvoir. Ces cases reposaient sur un caillebotis en acier moulé. Au cours de la première semaine, la consigne de température était de 28 °C pour atteindre 26 °C à la fin de l'essai.

### 1.2. Schéma expérimental et alimentation

Au total, quatre régimes expérimentaux, distribués les trois semaines consécutives au sevrage (j21-j42), ont été comparés dans un dispositif en factoriel 2 x 2 : deux teneurs (basse « BP » et haute « HP ») en matières azotées totales (MAT) et deux niveaux de digestibilité iléale standardisée (DIS) de la MAT (basse et haute). Le profil en matières premières différait donc nettement entre les quatre régimes dans l'objectif de moduler la teneur et la digestibilité de la MAT (Tableau 1). Afin d'obtenir les deux niveaux de DIS de la MAT, des coefficients de digestibilité obtenus sur des porcelets sevrés et âgés de moins de 42 jours (DIS Matières azotées Porcelet) ont été utilisés en formulation. Ces derniers étaient issus d'études non publiées (ADM) ou de la littérature. Lorsque les quatre régimes étaient formulés, la DIS de la MAT a été calculée *a posteriori* à partir des

coefficients de digestibilité issus de la table Amipig (2000) pour chaque matière première, ces derniers étant obtenus sur le porc en croissance (DIS MAT Porc). Pour chacun des 4 régimes, nous disposons donc de deux DIS de la MAT, une calculée sur la base du système porcelet et une seconde s'appuyant sur les données Amipig (2000). Quel que soit le régime considéré, la DIS de la MAT calculée pour le porc est supérieure à celle pour le porcelet. Néanmoins, l'amplitude de la différence entre les deux systèmes variait d'un régime à l'autre. En effet, le système « porcelet » pénalise davantage certaines matières premières (tourteau de soja, graine de soja et céréales principalement) comparativement aux données Amipig (2000).

Afin que les quatre régimes présentent des teneurs en acides aminés essentiels assurant la couverture des besoins (Gloaguen *et al.*, 2013), l'incorporation d'acides aminés de synthèse variait d'un aliment à l'autre. Pour les autres nutriments (énergie nette, minéraux...), les niveaux étaient comparables entre les quatre régimes expérimentaux.

Tous les porcelets ont été alimentés avec un aliment commercial lors des quatre dernières semaines de la période de post-sevrage (j42-j69), sans qu'aucune transition ne soit appliquée lors du changement d'aliment à j42.

Les animaux étaient alimentés *ad libitum* sur l'intégralité de la période expérimentale (j21-j69).

### 1.3. Mesures, calculs et analyses statistiques

Les signes cliniques observés ainsi que les soins apportés aux porcelets pendant la période expérimentale ont été enregistrés et les animaux morts ont été pesés.

Les porcelets ont été pesés individuellement le jour du sevrage pour la mise en lots, puis à 28 j, à 35 j, à 42 j et à la fin de la période expérimentale à 69 j. Les consommations d'aliments par case ont été calculées par mesure des quantités distribuées et refusées lors de chaque pesée des porcelets. Ces données de poids individuel et de consommation collective ont permis de calculer à l'échelle de la case le poids vif moyen des porcelets, le gain moyen quotidien (GMQ), la consommation moyenne journalière (CMJ) et l'indice de consommation (IC) pour chaque période. Pour les cases concernées par de la mortalité, une pesée de l'aliment refusé était effectuée le jour de la mort des animaux afin d'intégrer l'évolution de l'effectif par case dans le calcul de la CMJ.

Des notations de la consistance des déjections (score fécal ; 0 : absence, 1 : moulu, 2 : bouse, 3 : liquide) ont été réalisées de façon journalière sur l'intégralité de la période j21-j42 à l'échelle de la case. Pour chaque groupe expérimental, la fréquence des notes de fèces dégradées a été calculée comme étant le pourcentage de notes 2 et 3 attribuées relativement au nombre total de notations effectuées. Pour compléter cette approche, la fréquence de cases affectées par des problèmes digestifs a été calculée pour chaque groupe expérimental. Une case était considérée comme « affectée » lorsque l'on observait au moins 2 jours successifs la note 2 ou au moins un jour la note 3 entre j21 et j42. Enfin, le nombre d'individus diarrhéiques était comptabilisé pour chaque traitement. L'état diarrhéique se caractérise par une observation concomitante de fèces liquides, un état apathique et un écouvillon rectal confirmant la présence d'un germe pathogène.

Pour l'ensemble des paramètres considérés dans cette étude, l'unité expérimentale retenue était la case. Les données de performances ont été analysées selon un dispositif complet randomisé en factoriel (modèle linéaire ; logiciel R, v4.0.3).

Le modèle incluait les effets fixes de la teneur en protéine (BP et HP), de la digestibilité de la protéine exprimée selon le système « porcelet » (Basse et Haute) ainsi que l'interaction comme facteurs principaux. Le poids moyen de la case à j21 a été ajouté comme covariable et l'effet de la salle était également considéré dans le modèle linéaire comme facteur aléatoire. L'effet du traitement sur la fréquence de notes de fèces dégradées et sur le pourcentage de cases affectées par des problèmes sanitaires a été étudié grâce à un test de  $\text{Khi}^2$ .

Pour les deux systèmes d'expression de la digestibilité de la MAT (porcelet et porc), nous disposons de quatre teneurs en MAT digestible et indigestible (2 teneurs x 2 DIS). La réponse de la croissance des porcelets pendant la période j21-j42 à la teneur en protéine digestible a été approchée par analyse de la variance avec un test des contrastes linéaires. Aussi, pour chaque case, une note de fèces moyenne a été calculée sur la période j21-j42. La réponse de cette note de fèces moyenne à la teneur en MAT indigestible a également été approchée par analyse de la variance avec un test des contrastes linéaires.

La significativité et le coefficient de régression des modèles linéaires obtenus pour le score fécal et la croissance des porcelets étaient comparés entre les deux systèmes (porcelet et porc) afin d'évaluer leur capacité à prédire la réponse des animaux.

## 2. RESULTATS

### 2.1. Evènements sanitaires et score fécal

Au total, six porcelets sont morts et trois ont dû être exclus de l'essai du fait de leur état de santé dégradé. Ces évènements sanitaires ont été enregistrés sur la période j21-j42 et étaient principalement associés à de la diarrhée colibacillaire (*Escherichia coli* K88) ou consécutifs des problèmes de boiterie (Tableau 2). Aucun autre évènement sanitaire n'a été observé sur la période j42-j69.

En moyenne, 16,8 % des notes de fèces attribuées entre j21 et j42 correspondaient à une note dégradée, c'est-à-dire à des notes 2 et 3. Le test de  $\text{Khi}^2$  réalisé sur la fréquence de notes de fèces dégradées a permis de mettre en avant un effet significatif du traitement alimentaire sur le score fécal. Le pourcentage de bouses et de fèces liquides variait de 6 % pour les porcelets du groupe BP-Haute à 27 % pour les animaux HP-Basse ( $P < 0,001$ ). De la même manière, le pourcentage de cases affectées par des problèmes digestifs était significativement affecté par le traitement alimentaire ( $P = 0,02$ ). Alors que 82 % des cases des groupes BP-Basse et HP-Basse présentaient des problèmes digestifs, seules 27 % des cases du groupe BP-Haute étaient concernées.

De la même manière, le pourcentage de cases affectées par des problèmes digestifs était significativement affecté par le traitement alimentaire ( $P = 0,02$ ). Alors que 82 % des cases des groupes BP-Basse et HP-Basse présentaient des problèmes digestifs, seules 27 % des cases du groupe BP-Haute étaient concernées.

### 2.2. Performances de croissance

A la mise en lots (j21), les porcelets pesaient en moyenne 6,7 kg (Tableau 3). Pour toutes les variables, l'interaction entre les deux facteurs est non significative. L'effet de chaque facteur peut donc être interprété séparément.

**Tableau 2** – Evènements sanitaires et score fécal enregistrés pendant la période j21-j42

Teneur en protéines	BP		HP		P-Value <sup>1</sup>
	Basse	Haute	Basse	Haute	
<b>DIS Protéine Porcelet</b>					
Nombre de porcelets à j21	77	77	77	77	-
Nombre de porcelets morts	0	1	3	2	-
Nombre de porcelets exclus	0	1	0	2	-
Nombre de porcelets atteints par de la diarrhée	1	1	3	0	-
Nombre de porcelets atteints par de la boiterie	1	0	0	7	-
Notes de fèces dégradées (notes 2 et 3), % des notes	21	6	27	14	< 0,001
Cases affectées par des problèmes digestifs, % des cases	82	27	82	46	0,02

<sup>1</sup>Probabilité de l'effet du régime alimentaire obtenue par test de  $\chi^2$ .

### 2.2.1. Effet de la réduction de la teneur en MAT

Pendant la période j21-j42, la réduction des apports protéiques s'est soldée par une diminution de la prise alimentaire (-6,4 %,  $P < 0,01$ ) et par une baisse de la vitesse de croissance des porcelets (-9,2 %,  $P < 0,01$ ). Consécutivement, les porcelets ayant reçu les aliments BP étaient plus légers à 42 j comparativement aux porcelets HP (respectivement 12,3 vs. 12,8 kg,  $P < 0,01$ ). L'efficacité alimentaire n'était quant à elle pas affectée par la modulation de la teneur en protéine.

Sur la période j42-j69, pendant laquelle tous les porcelets étaient alimentés avec un aliment commercial, la vitesse de croissance ne différait pas significativement entre les groupes BP et HP. Comparativement aux porcelets HP, les animaux du groupe BP avaient tendance à consommer moins d'aliment sur la période j42-j69 (-3,0 %,  $P = 0,06$ ), sans que l'efficacité alimentaire ne soit significativement affectée. A la fin de la période de post-sevrage (j69), les porcelets du groupe BP pesaient en moyenne 1,1 kg de moins que les animaux alimentés avec les aliments HP (-2,9 %,  $P = 0,02$ ).

Sur la période globale de post-sevrage, la réduction de la teneur en MAT entre j21 et j42 s'est soldée par une baisse significative de la vitesse de croissance (-3,6 %,  $P = 0,02$ ) alors que l'indice de consommation restait non affecté.

### 2.2.2. Effet de la modification de la digestibilité de la MAT

Quelle que soit la teneur en MAT de l'aliment, l'augmentation de la DIS MAT Porcelet permettait d'augmenter significativement la prise alimentaire entre j21 et j42 (+9,4 % en moyenne,  $P = 0,02$ ). Consécutivement, l'amélioration de la digestibilité de la fraction protéique se soldait par une amélioration significative de la croissance des porcelets (+7,6 % en moyenne,  $P = 0,02$ ). Cette amélioration du GMQ se traduisait logiquement par une augmentation du poids vif des animaux à j42 (+0,5 kg,  $P = 0,02$ ). L'indice de consommation mesuré sur la période j21-j42 n'était pas significativement affecté par la digestibilité de la fraction protéique.

Les performances réalisées pendant la période j42-j69 n'étaient pas significativement affectées par la modulation de la digestibilité de la MAT de l'aliment distribué précédemment. Ainsi, les porcelets alimentés avec les régimes dont la DIS MAT Porcelet était haute pesaient en moyenne 0,9 kg de plus que les autres à j69 ( $P = 0,04$ ).

Sur la globalité de la période de post-sevrage (j21-j69), l'optimisation de la qualité de la fraction protéique de l'aliment distribué les trois premières semaines se traduisait par une amélioration de la vitesse de croissance (+3,4 % en moyenne,  $P = 0,03$ ) alors que l'efficacité alimentaire ne différait pas.

**Tableau 3** – Performances de croissance en fonction de la teneur et de la digestibilité iléale de la MAT

Modalité	Teneur en protéines		DIS Protéine Porcelet		ETR	Statistiques <sup>1</sup>		
	BP	HP	Basse	Haute		Prot	DIS	ProtxDIS
<b>Nombre de case par traitement</b>	11	11	11	11				
<b>Période j21-j42</b>								
Poids vif à 21j, kg	6,7	6,7	6,7	6,7	0,1	ns	ns	ns
Poids vif à 42j, kg	12,3	12,8	12,3	12,8	0,6	<0,01	0,02	ns
Consommation, g/j	314	336	310	339	29	0,02	<0,01	ns
Vitesse de croissance, g/j	263	290	266	287	26	<0,01	0,02	ns
Indice de consommation, g/g	1,19	1,20	1,17	1,18	0,06	ns	ns	ns
<b>Période j42-j69</b>								
Poids vif à 69j, kg	33,9	35,0	34,0	34,9	1,4	0,02	0,04	ns
Consommation, g/j	1239	1277	1243	1273	66	0,06	ns	ns
Vitesse de croissance, g/j	800	815	801	814	39	ns	ns	ns
Indice de consommation, g/g	1,56	1,55	1,55	1,56	0,05	ns	ns	ns
<b>Période j21-j69</b>								
Vitesse de croissance, g/j	566	588	567	587	28	0,02	0,03	ns
Indice de consommation, g/g	1,47	1,46	1,47	1,46	0,05	ns	ns	ns

<sup>1</sup>ETR= écart-type résiduel ; probabilités des effets Prot et DIS ainsi que de l'interaction entre ces deux facteurs ; ns = non significatif ( $P$ -value > 0,10).

### 2.3. Comparaison de la réponse des porcelets entre les deux systèmes d'expression de la teneur en MAT digestible

A partir de la teneur et de la digestibilité de la MAT décrites dans le tableau 1, il nous a été possible de calculer les teneurs en MAT digestible et indigestible exprimées dans les deux systèmes considérés dans cette étude.

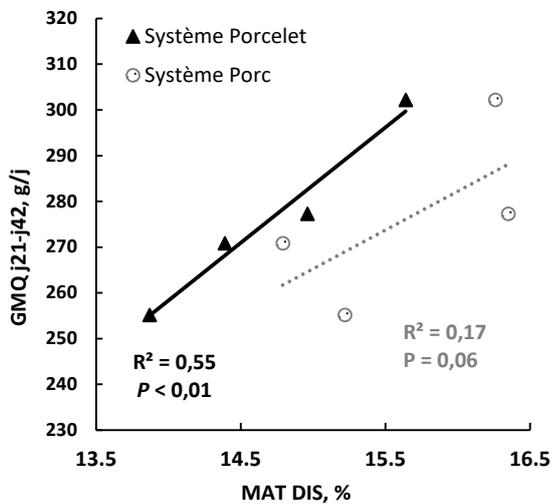


Figure 1 – Evolution de la vitesse de croissance (GMQ<sub>j21-j42</sub>) des porcelets en fonction de la teneur en MAT DIS

Dans un premier temps, il est intéressant de noter que, quel que soit le système considéré (porcelet ou porc), l'augmentation de la teneur en MAT digestible se soldait par une amélioration linéaire de la croissance des porcelets sur la période j21-j42 (Figure 1). Il est néanmoins possible de noter que la qualité du modèle obtenu à partir du système porcelet était meilleure comparativement au système reposant sur les données Amipig (2000). En effet, le système Porcelet permettait d'expliquer 55 % de variation du GMQ réalisé par les porcelets pendant la période j21-j42 ( $P < 0,01$ ) contre uniquement 17 % lorsque la digestibilité de la MAT était approchée par l'intermédiaire des coefficients de DIS obtenus sur le porc croissance ( $P = 0,06$ ). Le même constat est fait lorsque l'on considère la prise alimentaire enregistrée entre le sevrage et j42.

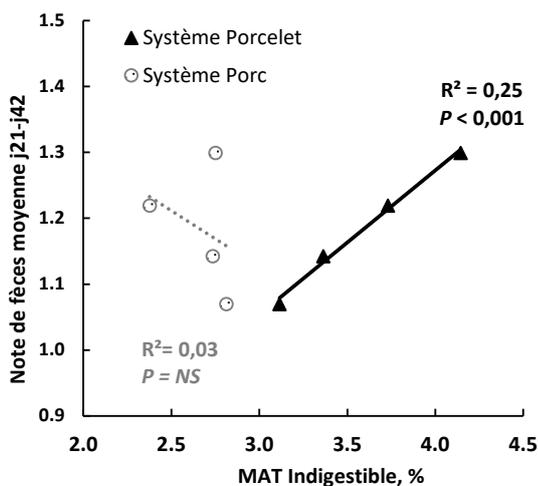


Figure 2 – Evolution de la note de fèces moyenne en fonction de la teneur en MAT indigestible

Comme pour les performances de croissance, il nous est possible de comparer les deux systèmes d'expression de la digestibilité iléale de la MAT sur leur capacité à prédire l'évolution du score fécal. La figure 2 présente la relation entre le niveau de MAT indigestible exprimé dans les deux systèmes et la note de fèces

moyenne obtenue sur la période j21-j42. Lorsque la digestibilité de la MAT est exprimée selon le système Porcelet, l'augmentation de l'indigestible protéique se soldait par une augmentation linéaire de la note de fèces moyenne calculée sur la période j21-j42 ( $P < 0,001$ ). En revanche, lorsque le système Porc était utilisé, aucune relation significative n'était observée entre la teneur en MAT indigestible et le score fécal moyen.

### 3. DISCUSSION

Dans notre étude, indépendamment de la digestibilité de la fraction protéique, la réduction de la teneur en MAT s'est soldée par une baisse des performances de croissance des porcelets sur la période j21-j42. A la fin de la période de post-sevrage, les porcelets alimentés avec les régimes titrant 17,5 % de protéine pesaient en moyenne 1,1 kg de moins que les animaux recevant les régimes titrant 19,0 % de protéine. Cette réduction des performances de croissance a été observée alors que les apports en acides aminés essentiels permettaient de couvrir les besoins des porcelets décrits par Gloaguen *et al.* (2013). Ces résultats sont donc en adéquation avec les données de Millet *et al.* (2018) qui rappelaient l'importance d'apporter suffisamment d'azote alimentaire afin de soutenir la synthèse *de novo* des acides aminés non-essentiels. Dans notre étude et comme l'avaient observé Nyachoti *et al.* (2006), les porcelets ont répondu à la baisse de la teneur en MAT par une baisse de la prise alimentaire. Cela n'était pas le cas dans l'étude de Millet *et al.* (2018) où la dégradation de l'efficacité alimentaire expliquait l'effet négatif de la réduction des apports protéiques sur la croissance des porcelets. Par ailleurs, nos données permettent de confirmer l'intérêt de la réduction de la teneur en protéine sur l'occurrence des pathologies digestives. En effet, la fréquence de notes de fèces dégradées était plus élevée chez les porcelets alimentés avec les régimes HP comparativement aux autres. Cette observation s'explique par le fait que la réduction des apports protéiques permet une baisse de la teneur en MAT digestible. En effet, cette fraction indigestible est associée à des effets délétères sur la santé digestive du porcelet (Pieper *et al.*, 2016). Entre autres, la fermentation de cette fraction indigestible favorise la production de métabolites toxiques (ammoniac, sulfure d'hydrogène, ...) et le développement de bactéries protéolytiques pathogènes.

Etant donnée la baisse des performances observée lorsque la teneur en protéine est réduite, l'amélioration de la digestibilité de la fraction protéique peut être considérée comme une approche complémentaire pertinente. En effet, l'augmentation de la digestibilité iléale de la protéine va permettre de réduire la quantité de protéine indigestible tout en permettant d'optimiser les apports en protéine digestible. Sur la base des coefficients de digestibilité mesurés sur le porcelet sevré, l'augmentation de la DIS de la MAT s'est soldée par une amélioration de la croissance des porcelets pendant la période j21-j42 et ce, quelle que soit la teneur en protéine de l'aliment. Il est néanmoins surprenant de noter que l'amélioration de la DIS de la MAT s'est soldée par une amélioration de la prise alimentaire plutôt que par une amélioration de l'efficacité alimentaire. En effet, une amélioration de IC était attendue consécutivement à l'amélioration de la DIS de la fraction protéique (Lee *et al.*, 2020). La palatabilité des matières premières considérées dans cette étude ne semble pas expliquer les CMJ plus élevées pour les aliments dont la digestibilité de la MAT était haute (Solà-Oriol *et al.*, 2011). La présence de facteurs antinutritionnels dans certaines matières premières, comme le tourteau de soja, pourrait également expliquer cette variation de la prise alimentaire. Néanmoins, ces derniers sont également connus

pour leur effet sur l'efficacité alimentaire, par exemple dans le cas des facteurs antitrypsiques chez le porc en croissance (Royer *et al.*, 2022). Le profil en acides aminés essentiels ne semble également pas expliquer les différences de prise alimentaire puisqu'il permettait de couvrir les besoins des porcelets pour les 4 régimes. Il faut néanmoins souligner que, dans notre étude, l'augmentation de la DIS de la MAT tout comme l'augmentation de la teneur en MAT s'accompagnaient d'une augmentation des apports en acides aminés essentiels secondaires tels que l'isoleucine et l'histidine, ces derniers pouvant affecter la prise alimentaire lorsqu'ils sont limitants ou sub-limitants. Des études complémentaires mériteraient donc d'être conduites pour identifier la raison des différences notées sur la CMJ. Parallèlement, notre étude a montré que les porcelets alimentés avec les régimes présentant une faible DIS de la MAT étaient plus fréquemment concernés par des problèmes digestifs que les autres.

Afin de tirer profit de cette optimisation de la digestibilité de la MAT en post-sevrage, il est impératif que les coefficients de digestibilité soient adaptés au porcelet sevré. Les travaux de Mariscal-Landin *et al.* (2008 ; 2010) ont par exemple permis de mettre en évidence d'importantes différences de digestibilité de la protéine entre des porcs en croissance et des porcelets sevrés pour le tourteau de colza et le sorgho. Les coefficients de digestibilité de la protéine obtenus sur le porcelet sevré sont généralement inférieurs à ceux obtenus chez le porc en croissance. Cette observation est à mettre en relation avec l'immaturation digestive présente chez le porcelet sevré comparativement au porc en croissance (Everaert *et al.*, 2017). Parallèlement, les travaux de Engelsmann *et al.* (2022) rapportaient que l'amplitude de l'effet de l'âge sur la digestibilité de la protéine variait d'une matière première à l'autre. Nos données confirment que les coefficients de digestibilité obtenus sur des porcs en croissance ne sont pas adaptés au porcelet sevré. En effet, le système Porcelet considéré dans notre étude permet d'expliquer la réponse physiologique des porcelets (performances et santé digestive) à

la modulation des apports protéiques, ce qui n'est pas le cas lorsque la digestibilité de la protéine est calculée à partir des coefficients obtenus sur le porc en croissance (Amipig, 2000). En considérant le système Porcelet, l'augmentation de la protéine digestible entre 13,9 et 15,6 % permettait d'améliorer linéairement la croissance des porcelets entre 21 et 42 jours d'âge. De la même manière, la réduction de la quantité de MAT indigestible de 4,1 à 3,1 % se soldait par une amélioration linéaire du score fécal, traduisant donc une amélioration de la santé digestive. Il est important de rappeler que le niveau optimal de protéine digestible va dépendre du potentiel de croissance des animaux et donc des conditions environnementales. De la même manière, le niveau de protéine indigestible pourrait être à ajuster selon le contexte sanitaire dans lequel les animaux sont élevés. En effet, la digestibilité iléale de la protéine est réduite de 1 à 7 points lorsque les porcelets sont élevés dans de mauvaises conditions sanitaires (Noorman *et al.*, 2022).

## CONCLUSION

Notre étude permet dans un premier temps de rappeler l'importance de la fraction protéique alimentaire dans l'optimisation conjointe des performances et de la santé digestive chez le porcelet sevré. Bien qu'efficace sur le volet digestif, la réduction des apports en protéine peut s'accompagner d'une baisse des performances de croissance du porcelet sevré malgré la bonne couverture des besoins en acides aminés essentiels. Il semble ainsi pertinent d'optimiser la qualité de la fraction protéique afin de limiter cette baisse de performance tout en réduisant davantage le risque de pathologies digestives. Des études complémentaires pourraient être menées afin de mieux comprendre la relation observée entre qualité de la protéine et prise alimentaire et réitérer cette étude en considérant d'autres profils matières premières et en s'assurant de la bonne couverture des besoins en acides aminés essentiels secondaires, à savoir l'isoleucine et l'histidine.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amipig, 2000. Ileal standardised digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs. CDrom édité par l'AFZ avec la collaboration de Ajinomoto Eurolysine, Aventis Animal Nutrition, INRA, ITCF.
- Engelsmann M.N., Jensen L.D., van der Heide M.E., Hedemann M.S., Nielsen T.S., Nørgaard J.V., 2022. Age-dependent development in protein digestibility and intestinal morphology in weaned pigs fed different protein sources. *Animal*, 16:1, 100439.
- Everaert N., Van Cruchten S., Weström B., Bailey M., Van Ginneken C., Thymann T., Pieper R., 2017. A review on early gut maturation and colonization in pigs, including biological and dietary factors affecting gut homeostasis. *Animal Feed Science and Technology* 233, 89–103.
- Gloaguen M., Le Floc'h N., J. van Milgen J., 2013. Couverture des besoins en acides aminés chez le porcelet alimenté avec des régimes à basse teneur en protéines. *INRA Prod. Anim.*, 26 (3), 277-288.
- Lee J.J., Choe J., Kang J., Cho J.H., Park S., Perez-Maldonado R., Cho J.Y., Park I.H., Kim H.B., Song M., 2020. Dietary protease improves growth rate and protein digestibility of growing-finishing pigs. *J Anim Sci Technol.* 62(3):313-320.
- Mariscal-Landin G., Reis de Souza T.C., Parra S.J.E., Aguilera B.A. and Mar B.B., 2008. Ileal digestibility of protein and amino acids from canola meal in weaned piglets and growing pigs. *Livestock Science* 116, 53–62.
- Mariscal-Landin G., Reis de Souza T. C., Avalos M. A., 2010. Ileal amino acids digestibility of sorghum in weaned piglets and growing pigs. *Animal*, 4:8, 1341–1348.
- Millet S., Aluwé M., De Boever J., De Witte B., Doudah L., Van den Broeke A., Leen F., De Cuyper C., Ampe B., De Campeneere S., 2018. The effect of crude protein reduction on performance and nitrogen metabolism in piglets (four to nine weeks of age) fed two dietary lysine levels. *J. Anim. Sci.*, 96: 3824–3836.
- Noorman L., de Vries S., Gilbert M., van der Hee B., Gerrits W., 2022. Low sanitary housing conditions reduce ileal N digestibility and enhance the production of protein-derived metabolites in piglets. *Animal - Science Proceedings*, 13:2, 148.
- Nyachoti C.M., Omogbenigun F.O., Rademacher M., Blank G., 2006. Performance responses and indicators of gastrointestinal health in early-weaned pigs fed low-protein amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.*, 84:125–134.
- Pieper R., Villodre Tudela C., Taciak M., Bindelle J., Pérez J. F., Zentek J., 2016. Health relevance of intestinal protein fermentation in young pigs. *Anim. Health Res. Rev.* 17(2); 137–147.
- Royer E., Lebas N., Quinsac A., Alibert L., 2022. Quel seuil d'incorporation sans effets des facteurs antitrypsiques du soja pour l'alimentation du porc en engraissement ? *Journées Rech.Porcine*, 54, 93-98.
- Solà-Oriol D., Roura E., Torrallardona D., 2011. Feed preference in pigs: Effect of selected protein, fat, and fiber sources at different inclusion rates. *J. Anim. Sci.* 2011. 89:3219–3227