2024. Journées Recherche Porcine, 56, 133-138. Publication sous Licence Creative Commons

Estimation de l'efficacité d'utilisation des acides aminés à partir de données de composition chimique de porcs en croissance

Marion LAUTROU et Giuseppe BEE

Agroscope, Systèmes de production animaux et santé animale, La Tioleyre 4, 1725 Posieux, Suisse

marion.lautrou@agroscope.admin.ch

Estimation de l'efficacité d'utilisation des acides aminés à partir de données de composition chimique de porcs en croissance

Ces dernières décennies, des évolutions phénotypiques, anatomiques et chimiques ont été mises en évidence chez le porc. Ces évolutions ayant des implications au niveau de la nutrition des porcs, il est important d'actualiser régulièrement les bases d'estimation des besoins. Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité d'utilisation des acides aminés (AA) à partir de données de compositions chimiques corporelles de porcs provenant d'essais expérimentaux conduits ces 10 dernières années à Agroscope. La base de données ainsi reconstituée est composée de données de porcs en croissance de 3 types sexuels différents (mâles castrés, mâles entiers et femelles), nourris selon les recommandations Suisse ou avec un régime limité en protéines, et formulé selon le profil idéal en AA ou non. Les données d'abattage de ces porcs et l'analyse de leur composition corporelle en AA sont également disponibles. L'ingestion individuelle et journalière des porcs, la composition des aliments en énergie nette, protéines en AA digestibles sont également connues. L'efficacité d'utilisation de la méthionine+cystéine et de la leucine varie en fonction du poids vif (P<0,05). L'effet du poids vif est moins marqué pour l'arginine et l'histidine (P<0,07). L'efficacité de la méthionine+cystéine varie également selon le sexe (P<0,05), avec une efficacité moindre pour les femelles par rapport aux mâles entiers. Enfin, l'efficacité d'utilisation de l'isoleucine, la leucine la valine et la phénylalanine+tyrosine était augmentée lorsque les rations distribuées n'étaient pas formulées selon le profil idéal en AA (P<0,05). Cette étude a permis d'actualiser les données d'efficacité d'utilisation d'un grand nombre d'AA chez le porc en croissance et d'identifier certains facteurs qui l'influence. Ces données pourraient être utiles à l'estimation plus précise des besoins des porcs en AA.

Estimating the efficiency of amino acid use using chemical composition data from growing pigs

In recent decades, phenotypic, anatomical and chemical changes have been observed in pigs. As these developments have implications for pig nutrition, it is important to regularly update the databases used to estimate nutritional requirements. In this context, the aim of this study was to estimate amino acid (AA) use efficiencies using data on pig body composition from experimental trials conducted over the last 10 years. The database thus created consisted of data of growing pigs of three sexes (i.e. castrated males, whole males and females) fed according to Swiss recommendations or with a limited protein diet, and formulated according to the ideal AA profile or not. Slaughter data for these pigs and analysis of their AA composition were also available. The individual and daily intake of the pigs and the net energy, protein, and AA composition of the feed and their standardised ileal digestibility were also known. Use efficiency of methionine + cysteine and leucine differed significantly as a function of live weight (P < 0.05), but only tended to do so for arginine and histidine (P < 0.07). The use efficiency of methionine + cysteine also varied as a function of sex (P < 0.05), being lower for females than for whole males. Finally, the use efficiency of isoleucine, leucine, valine and phenylalanine + tyrosine was significantly higher when the diets distributed were not formulated according to the ideal AA profile (P < 0.05). This study updated the data on the use efficiency of many AAs by growing pigs and identified some factors that influence these use efficiencies. These data could help estimate the AA requirements of pigs more accurately.

INTRODUCTION

L'apport de protéines et d'acides aminés (**AA**) au plus proche des besoins des porcs permet de réduire les émissions azotées néfastes à l'environnement, et les coûts de production. Pour promouvoir une production porcine durable, il apparait alors nécessaire de connaitre le plus précisément les besoins de ces porcs pour formuler des aliments au plus proche de leurs besoins (Pomar *et al*, 2021). Il existe aujourd'hui plusieurs modèles de croissance permettant d'estimer les besoins en AA. Le modèle InraPorc s'appuie sur une hypothèse d'efficacité d'utilisation maximale de la lysine digestible, de laquelle sont ensuite calculées les efficacités d'utilisation des autres AA (van Milgen *et al*, 2008). Dans le modèle d'Agroscope (2005), seul le besoin en lysine digestible est déterminé, puis un profil idéal en AA unique est appliqué, quel que soit le poids vif (**PV**) de l'animal. Dans ces deux cas, les effets du poids vif ou du sexe ou la variabilité entre individus sur l'efficacité d'utilisation des AA n'est pas pris en compte. Enfin, dans le modèle du NRC (2012) une évolution de l'efficacité d'utilisation des AA pour la rétention est considérée mais de la même façon pour tous les AA et il n'y a également pas de différenciation selon le sexe des porcs. Dans tous les cas, ces modèles sont basés sur des données d'efficacité issues d'essais généralement réalisés avant les années 2000. Or, ces dernières décennies, la sélection génétique a entrainé des évolutions phénotypiques, anatomiques et chimiques chez le porc en croissance (Lautrou, 2022 ; Quiniou et Gaudré, 2023). Sous l'effet de ces sélections, les porcs sont aujourd'hui plus maigres, et leur cinétique de croissance est plus précoce (Quiniou et Gaudré, 2023). Des dynamiques de croissance et d'efficacité différentes ont également pu être mises en évidence entre sexes, notamment entre mâles castrés et mâles entiers (Bee *et al.*, 2020). En effet, les mâles entiers sont plus efficaces pour utiliser l'énergie et la matière protéique (Ruiz-Ascacibar *et al*, 2017). Face à ces changements, il est important d'actualiser régulièrement les bases d'estimation des besoins en AA. Peu de données sont disponibles sur les effets du sexe, du poids vif ou de facteurs alimentaires sur l'efficacité d'utilisation des AA de lignées génétiques récentes.

Dans ce contexte, l'objectif de l'étude était d'évaluer les efficacités d'utilisation des AA à partir de données de composition chimique corporelle de lignées récentes et de tester l'effet du poids vif de l'animal, de son sexe et du niveau de protéine et AA dans l'alimentation.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Description des données

Les données proviennent de 4 essais réalisés à la station expérimentale de Posieux (Agroscope, Suisse) de 2012 à 2016. Ces essais s'inscrivaient dans un projet visant à évaluer l'effet d'une réduction de l'apport en protéines sur la croissance et la composition anatomique et chimique du porc en croissance. Une partie des données des 2 premiers essais ont été publiées (Ruiz-Ascacibar et al., 2019a; Ruiz-Ascacibar et al., 2019b; Ruiz-Ascacibar et al., 2019c).

1.1.1. *Animaux et alimentation*

Les essais ont été conduits sur un total de 343 porcs (Grand Porc Blanc Suisse) en croissance. Dans les deux premiers essais (E1 et E2), trois sexes étaient représentés : mâles castrés (**MC**), mâles entiers (**ME**) et femelles (**F**). Le troisième essai (E3) a été conduit sur des MC et des F, tandis que le dernier (E4) a été réalisé uniquement avec des ME. Les animaux étaient nourris *ad libitum* avec un aliment sec et avaient en tout temps accès à de l'eau. Dans chacun des essais, les animaux recevaient d'abord un aliment satisfaisant tous les besoins en nutriment (Agroscope, 2005) jusqu'à 20 kg de poids vif. Ensuite, les animaux du groupe **C** recevaient un aliment formulé pour répondre à leurs besoins en nutriments (Agroscope, 2005) et dont le profil idéal en AA était respecté, tandis que les animaux du groupe **R** recevaient une ration présentant une réduction d'environ 20% du niveau de protéines et AA par rapport à l'aliment C. Dans les aliments du groupe R, soit le profil idéal pour tous les AA essentiels était appliqué (**R1**), soit il était seulement appliqué pour la lysine, methionine+cystéine, thréonine et tryptophane (**R2**, Tableau 1). L'apport en protéines pour les ME était légèrement plus élevé que pour les animaux des autres sexes (Tableau 1). Les aliments étaient iso-énergétiques (13,2 MJ/kg d'énergie digestible, de 9,8 à 10,0 MJ/kg d'énergie nette). Les animaux recevaient les aliments expérimentaux selon un plan d'alimentation en 3 phases : de 20 à 60 kg, de 60 à 100 et de 100 à 140 kg, avec des aliments optimisés pour un porc de 40, 80 et 120 kg, respectivement. Les animaux de l'essai E4 ont été étudiés jusqu'à un poids d'abattage de 100 kg. L'ingestion journalière et individuelle est connue pour tous les animaux à partir de 10 kg de poids vif. Les animaux étaient pesés individuellement toutes les semaines.

Tableau 1 – Niveau d'apport en protéine dans l'aliment selon le traitement alimentaire et le sexe

Essai	Sexe[1]	Apport protéique, % du besoin[2]	Profil en acides aminés essentiel[2]	Aliment[3]
E1 E2	MC, F	100%	équilibré	**C**
	ME	105%		
	MC, F	80%	non équilibré	**R2**
	ME	84%		
E3	MC, F	100%	équilibré	**C**
		80%		**R1**
E4	ME	105%	équilibré	**C**
		84%		**R1**
		84%	non équilibré	**R2**

[1] *MC = mâles castrés, F = femelles, ME = mâles entiers*
[2] *Besoin et profil idéal établis selon Agroscope, 2005*
[3] *C : aliment satisfaisant les besoins, R1 : aliment satisfaisant 80% du besoin en protéines et suivant le profil idéal, R2 : aliment satisfaisant 80% du besoin en protéines et ne suivant pas le profil idéal*

Dans l'essai E1, des animaux ont été abattus à 10 kg de poids vif (n=6). Dans les essais E1, E2 et E3 des animaux ont été abattus tous les 20 kg à partir de 20 kg de poids vif jusqu'à 140 kg (E1 et E2 : 12 porcs abattus tous les 20 kg dans chaque essai, E3 : 20 kg : n=8, 40 kg : n=8, puis 16 porcs tous les 20 kg). Enfin, dans l'essai E4 des abattages ont été réalisés à 20 (n= 6), 60 (n=18) et 100 kg de poids vif (n= 49). Les procédures d'abattage et de dissection sont présentées en détails par Ruiz-Ascacibar *et al* (2017).

Brièvement, les porcs ont été abattus, le sang a été récupéré, ainsi que les poils. Après éviscération, la bile a été récoltée et le tractus digestif a été vidé de son contenu. La tête a été vidée et son contenu a été ajouté aux viscères. Chaque compartiment (bile, poils, viscères, sang et demi-carcasse) a été broyé et homogénéisé en vue des analyses chimiques.

1.1.2. *Analyses chimiques*

Des échantillons d'aliment ont été prélevés lors de leur fabrication puis toutes les deux semaines lors des essais afin d'analyser la matière sèche, l'énergie brute, les concentrations en azote et en AA (lysine, méthionine, cystéine, thréonine, isoleucine, leucine, valine, phénylalanine, tyrosine, histidine et arginine). Ces mêmes éléments ont été analysés dans les échantillons de carcasse, viscères, poils, sang et bile séparément.

1.2. Calculs

La composition chimique des animaux a été calculée en sommant la composition de la bile, les poils, le sang, les viscères et le double de la demi-carcasse.

L'efficacité d'utilisation des acides aminés a été calculée comme suit :

$$\frac{\text{Rétention en AA (g)}}{\text{Ingestion en AA DIS(g)} - \text{besoins entretien (g)}}$$

AA étant l'acide aminé étudié et AA DIS la teneur en acide aminé digestible sur la base de l'iléal standardisé.

Il est donc nécessaire de connaitre 1) la rétention en AA étudié sur une période donnée, 2) l'ingestion en cet AA sur cette même période et 3) les besoins d'entretien. Dans cette étude, les périodes étudiées sont les périodes entre chaque abattage de porc dans chaque essai. C'est-à-dire que dans les essais E1, E2 et E3 par exemple, une période d'étude se situe entre les abattages à 10 et 20 kg puis entre les abattages à 20 et 40 kg, puis entre 40 et 60 et ainsi de suite.

1.2.1. *Rétention en acides aminés*

Pour calculer la rétention en AA sur une période donnée il nous faut la composition chimique du porc en fin de période et celle en début de période. La composition chimique du porc en fin de période a pu être déterminée grâce aux analyses réalisées sur les compartiments anatomiques citées dans la partie précédente. La composition chimique de ce même porc en début de période a été estimée à partir de la composition chimique des porcs de même essai, même sexe et même traitement alimentaire ayant été abattus à ce stade précédent.

1.2.2. *Ingestion en acides aminés et besoins d'entretien*

Les coefficients de digestibilité iléale standardisée des acides aminés des aliments utilisés a été calculée avec le logiciel EvaPig® et les tables INRAe-CIRAD-AFZ (INRAE-CIRAD-AFZ). Les niveaux d'acides aminés DIS dans l'aliment ont été calculés à partir des teneurs en AA analysés dans l'aliment et les coefficients de digestibilité établis par ingrédient. L'ingestion journalière et individuelle étant connue, nous avons pu estimer l'ingestion d'acides aminés digestibles pour la période donnée. Les animaux étant pesés de façon hebdomadaire, les besoins d'entretien en acides aminés ont pu être estimés selon van Milgen *et al*. (2008) avec ce poids hebdomadaire et l'ingestion journalière de matière sèche.

Ces besoins ont été soustraits à la quantité d'acides aminés digestibles ingérés, afin de connaitre la part d'acides aminés disponible à la rétention corporelle.

1.3. Analyses statistiques

Les efficacités d'utilisation des AA ont été analysées par analyse de variance avec comme effets fixes l'essai, le sexe et le traitement alimentaire et comme covariable le poids vif moyen. L'effet essai a été considéré en effet fixe d'une part parce que le contexte de travail entre essais est très proche (même ferme expérimentale, Sauvant *et al.*, 2020) et d'autre part le nombre d'études différentes est très faible (Sauvant *et al.*, 2008). L'unité expérimentale était le porc. Les analyses statistiques ont été réalisées avec un modèle linéaire en utilisant le langage R (package car, R version 4.2.2). Un premier modèle avec interactions entre aliment, sexe et poids vif a été testé. Seules les interactions entre le poids vif, le sexe et l'aliment et entre le poids vif et le sexe étaient significatives pour l'efficacité d'utilisation de l'arginine. Pour les autres AA, nous avons choisi d'utiliser un modèle sans interaction. Les différences sont considérées significatives lorsque $P < 0,05$, et une valeur de $P < 0,10$ dénote une tendance statistique. Lorsque les différences étaient significatives, les moyennes ont été comparées à l'aide d'un test de Tukey modifié (package emmeans, R version 4.2.2).

2. RESULTATS

De 264 à 295 valeurs d'efficacité d'utilisation étaient disponibles selon l'AA considéré. L'efficacité d'utilisation de la lysine est légèrement plus élevée chez les animaux ayant reçu un aliment R2 par rapport au groupe C ($P < 0,05$, Tableau 2). Le traitement R2 a aussi eu un effet positif sur l'efficacité d'utilisation de l'isoleucine ($P < 0,05$), de la leucine ($P < 0,001$), de la valine et de la phénylalanine+tyrosine ($P < 0,05$) avec une augmentation respective d'environ 14, 24, 15 et 8%. L'efficacité d'utilisation de la méthionine et de la cystéine augmente avec l'augmentation du poids vif des animaux ($P < 0,01$) et est plus élevée d'environ 15% chez les mâles entiers que chez les femelles ($P < 0,05$, Tableau 2 et Figure 1). Le poids vif, le sexe des animaux et l'aliment n'ont pas eu d'effet sur l'efficacité d'utilisation de la thréonine ou du tryptophane. L'efficacité d'utilisation de la leucine diminue avec l'augmentation du poids vif des animaux ($P < 0,05$, Tableau 2 et Figure 2). L'efficacité d'utilisation de l'histidine a tendance à augmenter avec l'augmentation du poids vif ($P = 0,07$, Tableau 2 et Figure 3). L'efficacité d'utilisation de l'arginine évolue différemment avec le poids vif selon le sexe des animaux et cette évolution est différente selon l'aliment reçu (PV x S x A interaction, $P < 0,05$). Ces différences sont représentées dans la figure 4. L'efficacité d'utilisation de l'arginine augmente avec le poids vif chez les ME recevant la ration C tandis qu'elle diminue lorsqu'ils reçoivent les aliments R. Chez les femelles c'est l'inverse : l'efficacité d'utilisation de l'arginine diminue avec l'augmentation du poids vif lorsqu'elles reçoivent l'aliment C mais elle augmente lorsqu'elles reçoivent un aliment R. Enfin, pour les MC, l'efficacité diminue avec l'augmentation du poids vif lorsqu'ils ingèrent la ration C ou R1 mais augmente avec le poids vif lorsqu'ils reçoivent l'aliment R2.

Tableau 2 – Effet du poids vif, du sexe et du niveau de protéine sur l'efficacité d'utilisation des acides aminés digestibles standardisés.

	Aliment[1]			Type sexuel[2]				P-values[4]				
	C	R1	R2	MC	F	ME	ETR[3]	PV	S	A	PV x S	PV x S x A
Lysine	0,63	0,71	0,71	0,64	0,69	0,68	0,25	0,44	0,39	*		
Méthionine+Cystéine	0,40	0,46	0,39	0,63[ab]	0,65[a]	0,68[b]	0,16	**	*	0,78		
Thréonine	0,48	0,50	0,52	0,64	0,68	0,68	0,18	0,25	0,18	0,18		
Tryptophane	0,37	0,36	0,34	0,63	0,65	0,66	0,13	0,14	0,94	0,43		
Isoleucine	0,51[a]	0,51[a]	0,58[b]	0,62	0,69	0,68	0,22	0,25	0,77	*		
Leucine	0,46[a]	0,43[a]	0,57[b]	0,61	0,67	0,68	0,17	*	0,34	***		
Valine	0,51[a]	0,53[a]	0,59[b]	0,63	0,65	0,67	0,20	0,1	0,77	**		
Phénylalanine+Tyrosine	0,37	0,39	0,41	0,63	0,65	0,66	0,15	0,25	0,85	*		
Histidine	0,81	0,78	0,87	0,63	0,68	0,69	0,28	**0,07**	0,15	0,37		
Arginine	0,60	0,65	0,65	0,61	0,67	0,65	0,21	**0,06**	0,36	0,54	*	*

[1]***C***=*Aliment contrôle formulé de manière à couvrir les besoins en nutriments conformément aux exigences suisses en matière d'alimentation des porcs en croissance –* ***R***=*Aliment dont l'apport en protéines et acides aminés est environ 20% en dessous du besoin.*
[2]***MC***=*Mâles castrés –* ***F***=*Femelles –* ***ME***=*Mâles entiers.*
[3] *Écart-type résiduel*
[4]*Les données ont été analysées à l'aide de modèles linéaires ANOVA incluant l'effet du régime alimentaire (A), du sexe (S) en effets fixes et du poids vif (PV) en covariable. ***: P ≤ 0,001; **: P ≤ 0,01; *: P ≤ 0,05.*
[a, b]*Sur une même ligne, les valeurs avec des lettres en exposant différentes diffèrent (P ≤ 0,05) les unes des autres*

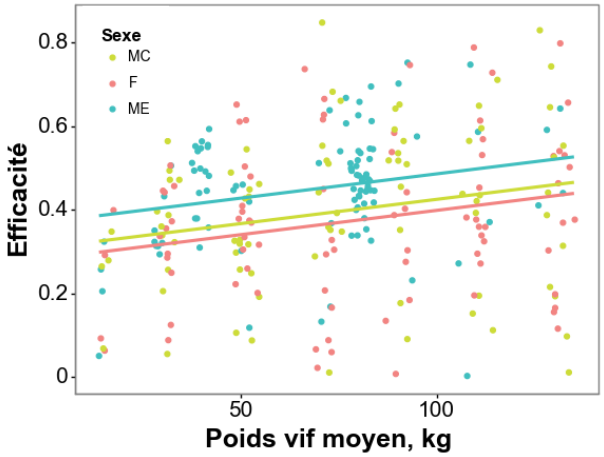

Figure 1 –Efficacité d'utilisation de la méthionine+cystéine digestible standardisée selon le poids vif et le sexe des porcs (MC = mâles castrés, F = femelles, ME = mâles entiers).

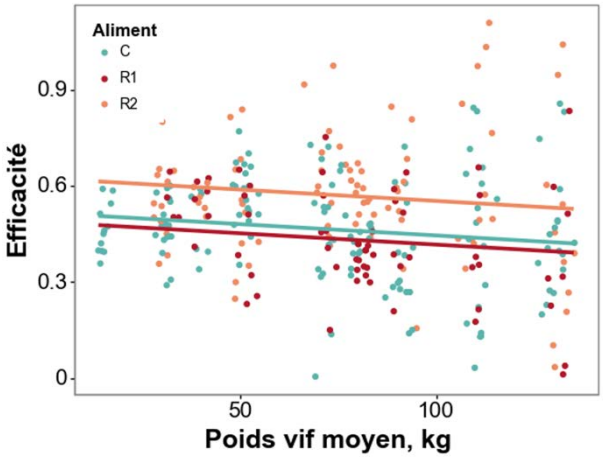

Figure 2 – Efficacité d'utilisation de la leucine digestible standardisée selon le poids vif des porcs et leur régime alimentaire (C : au besoin en protéines et équilibré en AA, R1 : réduit en protéines et équilibré en AA, R2 : réduit en protéines et ne suivant pas le profil idéal complet en AA).

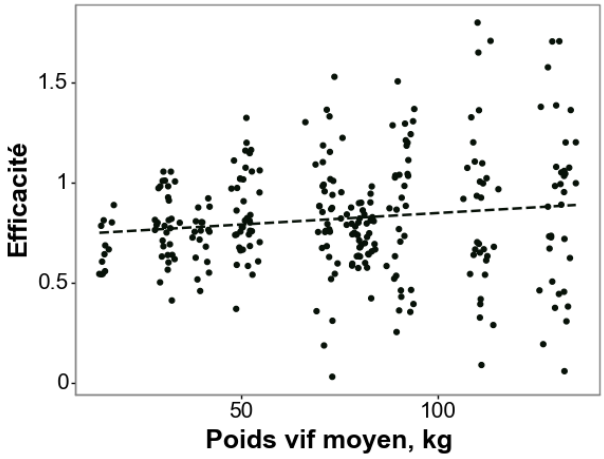

Figure 3 – Efficacité d'utilisation de l'histidine digestible standardisée selon le poids vif des porcs.

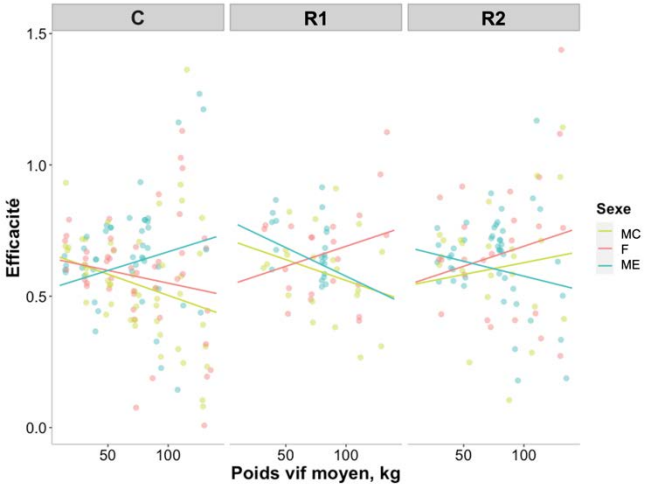

Figure 4 – Efficacité d'utilisation de l'arginine digestible standardisée selon le poids vif des porcs, leur régime alimentaire (C : au besoin en protéines et équilibré en AA, R1 : réduit en protéines et équilibré en AA, R2 : réduit en protéines et ne suivant pas le profil idéal complet en AA) et leur sexe (MC = mâles castrés, F = femelles, ME = mâles entiers).

3. DISCUSSION

L'utilisation des cinq premiers AA limitants (lysine, methionine+cystéine, thréonine et tryptophane) a largement été étudiée mais ce n'est pas le cas des autres AA pour lesquels il existe peu voire très peu de données disponibles (Van Milgen et Dourmad, 2015). De plus, si quelques données récentes sont disponibles (Souza *et al,* 2023 ; Hulshof *et al,* 2017) elles ont pour objectif de tester des formes d'apport de certains AA mais ne font pas de distinction entre des animaux de sexe ou de catégorie de poids différentes. Cette étude apporte donc de nouvelles données sur l'utilisation de ces AA chez le porc en croissance. Les valeurs obtenues, qui sont des valeurs moyennes, sont plus faibles que celles présentées dans van Milgen *et al.,* (2008), ce qui est logique puisque ces auteurs présentent des efficacités maximales d'utilisation (lysine : 0,72 contre 0,68, méthionine+cystéine : 0,51 contre 0,41, thréonine : 0,61 contre 0,49, tryptophane : 0,57 contre 0,36, isoleucine : 0,60 contre 0,53, leucine : 0,76 contre 0,49, valine : 0,71 contre 0,54, phénylalanine+tyrosine : 0,75 contre 0,39, histidine : 0,93 contre 0,82, arginine : 1,54 contre 0,64). Les valeurs d'efficacité d'utilisation de l'arginine sont particulièrement basses dans notre étude (0,64 en moyenne) en comparaison avec le maximum d'efficacité qui est supérieur à 1 (respectivement 1,27 à 1,57 pour le NRC, 2012 et van Milgen *et al*., 2008). Nos résultats sont en revanche plus proches de ceux de Hulshof *et al.*, (2017), qui trouvent une efficacité d'utilisation de l'arginine à 0,61 dans les aliments contrôles. Pour la lysine, le maximum d'efficacité d'utilisation est atteint par les MC et F recevant le régime R1 et les F et ME recevant l'aliment R2 et dépasse généralement l'efficacité d'utilisation de 0,62 estimé par Hulshof *et al.,* (2017). Les porcs sont depuis plusieurs dizaines d'années sélectionnés selon leur efficacité alimentaire (Gilbert, 2015 ; Bidanel *et al*, 2020) mais pas forcément directement sur leur efficience protéique ou en AA (Kasper *et al*, 2019). Or, la lysine est généralement le premier AA limitant pour le dépôt protéique. Il serait possible que la sélection génétique des animaux ait indirectement sélectionné des porcs de plus en plus efficaces à retenir la lysine avant les autres AA.

3.1. Effet de l'alimentation

Les ingrédients utilisés dans les aliments sont très similaires d'un essai à l'autre et d'un traitement (C contre R1 contre R2) à l'autre. Nous supposons donc que les effets observés ne sont pas dus à des formes d'AA différentes. Dans notre étude, la réduction d'apport en AA n'a pas eu de conséquence sur l'efficacité d'utilisation des AA. Il a été montré que l'efficacité d'utilisation de la lysine et la thréonine, par exemple, répond de façon quadratique au niveau d'ingestion de lysine et thréonine, respectivement (Remus *et al*, 2021) et que l'efficacité d'utilisation de la lysine augmentait à partir d'une diminution d'ingestion en cet AA de 30 à 40% (Moehn *et al*, 2004). Il est possible que la diminution d'apport de 20% dans nos aliments n'ait pas été suffisante pour voir un effet sur l'efficacité d'utilisation des acides aminés.

Le non suivi du profil idéal en AA a eu un effet marqué et positif sur l'efficacité d'utilisation de l'isoleucine, la leucine, la valine et la phénylalanine+tyrosine. Dans l'aliment R1, l'apport de tous les acides aminés est diminué de 20% par rapport au besoin selon Agroscope (2005). En revanche, dans les aliments R2 l'apport est diminué de 25 à 40% pour les AA qui ne suivent pas le profil idéal, excepté pour l'arginine et l'histidine, pour lesquelles le niveau est maintenu à -20% par rapport aux aliments C. C'est donc cette diminution plus importante du niveau d'isoleucine, leucine, valine et phénylalanine+tyrosine qui semble conduire à une augmentation de leur efficacité d'utilisation. Par ailleurs, ce suivi partiel du profil idéal n'a pas eu d'effet sur l'efficacité d'utilisation des autres AA (dont les proportions respectent le profil idéal), ce qui signifie que la plus forte diminution des AA non équilibrés ne les a pas pour autant rendus limitant pour l'utilisation des autres AA. Autrement dit, le profil idéal en AA ne parait pas d'une importance majeure (au moins pour les acides aminés différents de la lysine, méthionine+cystéine, thréonine et tryptophane) en cas d'apport en dessous du besoin.

3.2. Effet du poids vif

Dans notre étude, l'effet du poids vif n'a eu d'effet que sur l'efficacité d'utilisation de la méthionine+cystéine et la leucine avec une tendance pour l'arginine et l'histidine. Il a d'abord été montré que l'efficacité d'utilisation de la lysine n'était pas dépendante du poids ou de l'âge de l'animal (Dourmad *et al*, 1996; Möhn *et al*, 2000). Néanmoins, d'après le NRC (2012), l'efficacité d'utilisation des AA diminue avec l'augmentation du poids vif des animaux et de la même façon pour tous les AA. De plus, Remus (2018) a montré récemment que l'efficacité d'utilisation de la thréonine était dépendante du poids vif avec une diminution de l'efficacité suivant l'augmentation du poids vif. Dans notre étude, les efficacités d'utilisation de la leucine et de l'arginine ont effectivement tendance à diminuer avec l'augmentation du poids vif mais celles de la méthionine+cystéine et de l'histidine augmentent. Il semblerait donc que l'efficacité d'utilisation de tous les acides aminés n'évolue pas de la même façon selon le poids vif.

Par ailleurs, avec l'augmentation du poids vif des animaux, la variabilité d'efficacité d'utilisation des AA est de plus en plus grande (Figures 1, 2 et 3). Peu d'études sont disponibles sur l'effet du poids vif sur l'efficacité d'utilisation des AA il est donc difficile de comparer la dispersion de nos données avec d'autres études. Notre méthode d'estimation de la rétention en AA pourrait avoir exacerbé la variabilité individuelle. En effet, dans notre étude, la composition chimique des porcs en début de période d'étude n'est qu'une estimation par calculs, qui a pu avoir comme conséquence de plus ou moins standardiser la composition des porcs en AA. A l'inverse, les compositions chimiques de fin de période sont issues d'analyses, reflétant parfaitement la variabilité individuelle entre les porcs. Si en début de période, la composition en AA de certains porcs a été sur ou sous-estimée, en conséquence l'estimation des efficacités d'utilisation des AA a aussi pu être sur ou sous-estimées menant éventuellement à une plus grande dispersion. Cette grande variabilité individuelle, accentuée avec l'augmentation du poids vif des animaux pourrait expliquer en grande partie les écart types résiduels élevés (Tableau 1).

3.3. Effet du sexe

Le sexe des animaux n'a eu un effet que sur l'efficacité d'utilisation de la méthionine+cystéine, avec des femelles moins efficaces que les mâles entiers. Les mâles entiers étant connus pour être plus efficaces à l'utilisation des nutriments que les femelles ou mâles castrés (Quiniou *et al*., 2023 ; Moore *et al*, 2013 ; Ruiz-Ascacibar *et al*, 2017). Le fait que seule

l'utilisation de la méthionine+cystéine ait été influencée par le sexe des porcs nous questionne sur l'utilisation du même profil idéal en AA indifféremment du sexe des porcs. En effet, si les ME ont été plus efficaces à utiliser ces AA c'est peut-être qu'ils étaient en carence comparé aux femelles et donc que le ratio methionine+cystéine/lysine devrait être plus élevé chez les ME. Dans notre étude, l'effet sexe était faible, en partie parce que le sexe des animaux était déjà pris en compte dans la formulation des aliments avec un apport en protéines et acides aminés de 105% pour les ME contre 100% pour les MC et F (Tableau 1) et il en va de même dans l'aliment réduit (84% contre 80%).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude a permis d'apporter de nouvelles connaissances sur l'efficacité d'utilisation des AA chez les porcs en croissance. Ces données ont été établies notamment pour des AA et à des stades de croissance jusque-là peu étudiés. Le poids vif des animaux a un faible effet sur l'efficacité d'utilisation des AA, à l'inverse de l'équilibre en AA dans la ration. Le dispositif n'a pas permis de conclure à la présence d'un effet sexe.

Ces résultats questionnent sur la pertinence du profil idéal en AA tel qu'il est utilisé aujourd'hui en Suisse (fixe quel que soit le poids vif du porc et le niveau d'apport en lysine). L'intérêt de la révision selon le sexe de l'animal pourrait aussi se poser, puisque les mâles entiers étaient plus efficaces à utiliser la méthionine+cystéine que les femelles, bien que le sexe ait été pris en considération dans la formulation des aliments (+5% d'AA). Ces données pourraient finalement être utilisées dans les modèles d'estimation des besoins en AA chez le porc et aider à bâtir de nouvelles stratégies alimentaires pour rendre l'utilisation des AA par les porcs plus efficients.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agroscope, 2005. Apports alimentaires recommandés pour les porcs (livre jaune). Consultable : https://www.agroscope.ch/livre-jaune [Consulté le 14 septembre 2023].
- Bee G., Quiniou N., Maribo H., Zamaratskaia G., and Lawlor P. G., 2020. Strategies to meet nutritional requirements and reduce boar taint in meat from entire male pigs and immunocastrates. Animals, 10, 1–18.
- Bidanel J.-P., Silalahi P., Tribout T., Canario L., Ducos A., Garreau H., Gilbert H., Larzul C., Milan D., Riquet J., Schwob S., Mercat M.-J., Hassenfratz C., Bouquet A., Bazin C., Bidanel J., 2020. Cinquante années d'amélioration génétique du porc en France : bilan et perspectives. INRA Prod. Anim., 33, 1-16.
- Dourmad J.Y., Guillou D., Sève B., Henry Y., 1996. Response to dietary lysine supply during the finishing period in pigs. Livest Prod Sci, 45, 179-186.
- Gilbert H., 2015. Sélection pour l'efficacité alimentaire chez le porc en croissance : opportunités et challenges. Journées Rech. Porcine, 47, 19-30.
- Hulshof T.G., Van Der Poel A.F.B., Hendriks W.H., Bikker P., 2017. Amino acid utilization and body composition of growing pigs fed processed soybean meal or rapeseed meal with or without amino acid supplementation. Animal, 11, 1125-1135.
- INRAE-CIRAD-AFZ, Composition et valeurs nutritionnelles des matières premières pour bovins, ovins, caprins, porcs, volailles, chevaux, lapins et salmonidés. Consultable : https://feedtables.com/fr [Consulté le 28 septembre 2023].
- Kasper C., Ruiz-Ascacibar I., Stoll P., Bee G., 2019. Paramètres génétiques de l'efficience protéique dans une population porcine suisse. Recherche agronomique Suisse, 10, 164-171.
- Lautrou M., 2022. Modélisation des besoins phosphocalciques et stratégies d'amélioration de l'utilisation du phosphore chez le porc en croissance. Thèse de doctorat. Université Laval, Québec, Canada & AgroParisTech, Université Paris-Saclay, Paris, France, 170p.
- Moehn S., Ball R.O., Fuller M.F., Gillis A.M., De Lange C.F.M., 2004. Growth potential, but not body weight or moderate limitation of lysine intake, affects inevitable lysine catabolism in growing pigs. J. Nutr., 134, 2287-2292.
- Möhn S., Gillis A.M., Moughan P.J., De Lange C.F., 2000. Influence of dietary lysine and energy intakes on body protein deposition and lysine utilization in the growing pig. J. Anim. Sci., 78, 1510-1519.
- Moore K.L., Mullan B.P., Campbell R.G., Kim J.C., 2013. The response of entire male and female pigs from 20 to 100-kg liveweight to dietary available lysine. Anim. Prod. Sci., 53, 67-74.
- Pomar C., Andretta I., Remus A., 2021. Feeding strategies to reduce nutrient losses and improve the sustainability of growing pigs. Front. Vet. Sci., 8, 1-13.
- Quiniou N., Gaudré D., 2023. Caractérisation des performances et du profil de croissance des porcs mâles entiers ou castrés chirurgicalement pour évaluer leurs besoins en acides aminés. Journées Rech. Porcine, 55, 141-146.
- Remus A., 2018. The ideal protein profile for growing-finishing pigs in precision feeding systems: threonine. Thèse de doctorat. Université Laval, Québec, Canada & UNESP, São Paulo, Brésil, 181 p.
- Remus A., Hauschild L., Létourneau-Montminy M.-P., Pomar C., 2021. Estimating amino acid requirements in real-time for precision-fed Pigs: the challenge of variability among individuals. Animals, 11, 1-15.
- Ruiz-Ascacibar I., Stoll P, Kreuzer M., Boillat V., Spring P., Bee G.,2017. Impact of amino acid and CP restriction from 20 to 140 kg BW on performance and dynamics in empty body protein and lipid deposition of entire male, castrated and female pigs. Animal, 11, 394-404.
- Ruiz-Ascacibar I., Stoll P., Bee G., 2019a. Effects of dietary CP and amino acid restriction on the growth dynamics of organs and body components in entire male, castrated and female pigs. Animal, 13, 2223-2231.
- Ruiz-Ascacibar I., Stoll P., Bee G., Schlegel P., 2019b. Dynamics of the mineral composition and deposition rates in the empty body of entire males, castrates and female pigs. Animal, 13, 950-958.
- Ruiz-Ascacibar I., Stoll P., Kreuzer M., Bee G., 2019c. Dietary CP and amino acid restriction has a different impact on the dynamics of protein, amino acid and fat deposition in entire male, castrated and female pigs. Animal, 13, 74-82.
- Sauvant D., Létourneau-Montminy M.-P., Schmidely P., Boval M., Loncke C., Daniel J.-B., 2020. Review: Use and misuse of meta-analysis in Animal Science. Animal, 14:S2, s207-s222.
- Sauvant D., Schmidely P., Daudin J.J., St-Pierre N.R., 2008. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. Animal, 2, 1203-1214.
- Souza V.C., Remus A., Batonon-Alavo D.I., Rouffineau F., Mercier Y., Pomar C., Kebreab E., 2023. Systematic review and meta-analysis of the methionine utilization efficiency in piglets receiving different methionine sources. Animal (Article sous presse).
- Van Milgen J., Dourmad J.-Y., 2015. Concept and application of ideal protein for pigs. J Animal Sci Biotechnol, 6:15.
- Van Milgen J., Valancogne A., Dubois S., Dourmad J.-Y., Sève B., Noblet J., 2008. InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. Anim. Feed Sci. and Tech., 143, 387-405.