2022. Journées Recherche Porcine, 54, 1-6.

Evaluation du modèle de prédiction de la composition en acides gras du porc

Rosil LIZARDO (1), Núria TOUS (1), Enric ESTEVE-GARCIA (1), Veronika HALAS (2), Jaap VAN MILGEN (3)

(1) IRTA, Nutrición Animal, Ctra Reus-el Morell, Km 3.8, 43120 Constantí, Espagne
(2) Université de Kaposvar, Département de Nutrition Animale, Guba S. 40, 7400 Kaposvar, Hongrie
(3) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 Saint Gilles, France

rosil.lizardo@irta.es

Evaluation du modèle de prédiction de la composition en acides gras du porc

Un module d'utilisation digestive et métabolique des lipides et acides gras (AG) a été couplé au modèle InraPorc de simulation de la croissance du porc. Celui-ci a été utilisé pour prédire la croissance de la masse de lipides en ajustant certains de ses paramètres afin de s'approcher au mieux des performances (consommation d'aliment, croissance journalière) réalisées par les animaux lors des essais. A son tour, la valeur de la masse lipidique est utilisée en tant qu'intrant du module d'AG afin d'estimer le dépôt de chaque AG et établir la composition en AG de l'animal entier au moment de l'abattage. Les données expérimentales basées sur cinq études et vingt régimes alimentaires ont été utilisées pour valider le module. Même si beaucoup d'AG peuvent être identifiés, les acides palmitique, stéarique, oléique et linoléique représentent plus de 95% du total des AG obtenus lors de l'analyse chimique des échantillons de porcs nourris avec des régimes standards. Leur contenu dans les études utilisées variait, respectivement, de 18,2 à 28,7, de 9,8 à 17,8, 33,1 à 51,0 et de 5,3 à 27,1% pour les AG palmitique, stéarique, oléique et linoléique. Les résultats ont montré que le module prédit assez bien les dépôts d'AG individuels au cours de la croissance, ainsi que le total d'AG observé lors de l'abattage (r = 0,93 ; $P < 0,001$). Les prédictions ont varié, respectivement, de 14,9 à 27,0, de 8,8 à 16,4, de 28,9 à 56,4 et 6,2 à 35,0% pour les AG palmitique (r = 0,89; $P < 0,001$), stéarique (r = 0,66; $P = 0,001$), oléique (r = 0,87; $P < 0,001$) et linoléique (r = 0,85; $P < 0,001$). D'après ces résultats, il est possible de conclure sur l'intérêt de l'utilisation du module de composition en AG couplé au modèle InraPorc afin d'étudier l'influence des stratégies alimentaires et prédire la qualité du gras du porc.

Evaluation of the prediction model of whole-body fatty acid composition of the pig

A module for the digestive and metabolic use of lipids and fatty acids (FA) was coupled to the InraPorc simulation model. The later was used to predict the lipid mass by adjusting some parameters to approximate the best performance (feed intake, growth rate) achieved by the animals during the trials. Then, the lipid mass is used as an input to the FA module to estimate their growth and establish the FA composition in the whole animal at slaughter. Data from 5 studies and twenty experimental diets were used to validate the module. Although many FAs can be identified, palmitic, stearic, oleic, and linoleic acids account for over 95% of the total FAs obtained during chemical analysis of pork samples. Their content on the studies used in this work ranged from 18.2 to 28.7, 9.8 to 17.8, 33.1 to 51.0 and 5.3 to 27.1 % for palmitic, stearic, oleic, and linoleic, respectively. Predictions ranged from 14.9 to 27.0, 8.8 to 16.4, 28.9 to 56.4 and 6.2 to 35.0% for palmitic (r = 0.89; $P < 0.001$), stearic (r = 0.66; $P = 0.001$), oleic (r = 0.87; $P < 0.001$) and linoleic (r = 0.85; $P < 0.001$), respectively. Even if adjustments can always be done to ameliorate predictions, these results already showed that the FA module predicted quite well the deposition of total FA along growth (r = 0.93; $P < 0.001$), as well as that of individual FAs at different slaughter weights. From these results, it can be concluded about the interest of the development of the FA module coupled to the InraPorc model to study the influence of feeding strategies and to predict the quality of pork.

INTRODUCTION

Au poids d'abattage habituel, le porc contient environ 20 à 25% de lipides, qui se répartissent majoritairement entre les tissus adipeux sous-cutané, inter et intramusculaire et le gras de la cavité abdominale (Desmoulin et *al.*, 1988). A part les tissus adipeux, les lipides sont également présents dans toutes les autres structures corporelles puisque constituants essentiels des membranes cellulaires. Les propriétés technologiques, organoleptiques ou, diététiques des tissus adipeux dépendent très fortement de leur composition en acides gras (AG) et en particulier du contenu en AG polyinsaturés (AGPI). Des valeurs d'au moins 12% d'acide stéarique et un maximum en acide linoléique compris entre 12 et 15% sont souvent indiquées en tant que référence de qualité technologique de la viande (Girard *et al.*, 1988).

La composition en AG est très fortement influencée par des facteurs comme l'alimentation ou d'autres facteurs liés à l'animal tels que le génotype, le sexe, l'âge, le poids vif ou l'état d'engraissement (Lebret et Mourot, 1998), voire par des facteurs environnementaux tels que la température (Lizardo *et al.*, 2002a). En effet, la consommation totale d'aliment, le contenu en matières grasses et leur composition en AG, ainsi que le partage des nutriments, de l'énergie en particulier, entre le dépôt de protéines ou de lipides corporels sont des facteurs majeurs de variation de la composition en AG des tissus. L'utilisation de porcs de génétiques très maigres, de mâles entiers ou d'aliments à forte densité énergétique par ajout d'huiles végétales augmente très fortement la proportion d'AGPI, entrainant donc un risque majeur pour la qualité technologique de la viande.

Des modèles d'aide à la prise de décision comme InraPorc (van Milgen *et al.*, 2008) sont souvent utilisés pour simuler les conséquences des stratégies alimentaires sur les performances et la qualité des carcasses des porcs. Cependant, les critères de qualité de la viande tels que la composition en AG ne sont pas décrits. Par conséquent, le but du présent travail est de développer un module du dépôt des lipides corporels et leur composition en AG afin de le coupler à des modèles plus généralistes de la croissance du porc.

1. DESCRIPTION DU MODELE

Le module de croissance des lipides et leur composition en AG s'appuie sur celui de Lizardo *et al.* (2000, 2002) lequel, à son tour, était bâti sur un modèle d'utilisation des nutriments pour la croissance, développé par De Lange (1995). Cependant, lors de l'évaluation de ce modèle, il a été observé que le dépôt total de lipides était surestimé et entrainait, par conséquent, un biais dans le dépôt des AG individuels et donc de leur proportion dans les tissus (Lizardo *et al.*, 2002b).

Le modèle InraPorc (van Milgen *et al.*, 2008) est maintenant utilisé en remplacement du modèle de De Lange (1995) pour simuler l'utilisation des régimes et les performances des porcs le long de la croissance (Figure 1). Les résultats de ces simulations sont ensuite repris pour générer des entrées permettant d'estimer l'ensemble des AG de l'animal à partir de la masse lipidique simulée par ailleurs. Parmi ceux-ci, la somme des acides palmitique, stéarique, oléique et linoléique correspond à environ 85-90% du total des AG identifiés dans le gras ou la viande de porc. Les autres AG considérés dans le modèle sont les acides myristique, palmitoléique et linolénique. A l'exception d'animaux nourris avec des régimes particuliers, tels que ceux enrichis avec des huiles de poisson, l'ensemble des autres AG pouvant être identifiés dans le gras du porc ne dépasse pas le seuil de 2,5%. Individuellement, ils seraient donc négligeables mais pour éviter l'introduction d'un biais, ils sont regroupés en tant qu'AG mineurs dans une seule variable.

Le modèle considère une triple origine pour les AG : ceux déjà présents sur l'animal, ceux directement apportés par l'aliment et ceux synthétisés *de novo* à partir de précurseurs métaboliques (Figure 1). La façon dont chacune de ces trois sources est prise en compte et comment les différents AG se redistribuent dans le modèle ont été décrits auparavant (Lizardo *et al.*, 2002b). Le modèle précédant était développé intégralement sur le logiciel Stella® tandis que maintenant on simule d'abord sur InraPorc et on transfère et travaille après sur Excel®.

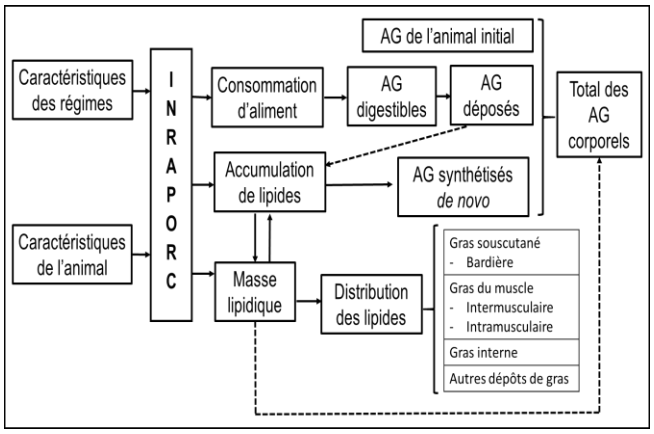

Figure 1 – Conceptualisation du modèle de croissance et composition en AG du porc

2. EVALUATION DU MODELE

L'influence de certains paramètres du modèle de base, tels que la consommation d'aliment, le dépôt maximal de protéines corporelles ou le ratio minimal entre le dépôt de protéines et de lipides, ainsi que d'autres critères spécifiques du module des AG sur le devenir des AG majoritaires dans la bardière, a été testée par analyse de sensibilité (Lizardo *et al.*, 2002b). Cette pièce a été choisie, d'abord par manque de données concernant l'animal entier, puis parce qu'elle est représentative du tissu adipeux sous-cutané, le dépôt adipeux le plus abondant du porc, et finalement en raison d'un plus grand nombre de données disponibles dans la littérature.

Des études ont été réalisées depuis (Tibau *et al.*, 2002 ; Kloareg *et al.*, 2007 ; Duran-Montgé *et al.*, 2010 ; Skiba *et al.*, 2015 ; Raj *et al.*, 2017) dans lesquelles le corps entier de l'animal y compris les viscères a été broyé après l'abattage et des échantillons pris pour analyse ultérieure des AG. Dans l'étude de Tibau *et al.* (2002), les porcs avaient été nourris avec un même régime alimentaire pendant l'engraissement et soumis à des abattages sériés réalisés à environ 45, 65, 85, 105, 125 et 140 kg de poids vif apportant beaucoup de données sur l'évolution de la masse et du contenu en AG au cours de la croissance (Figure 2).

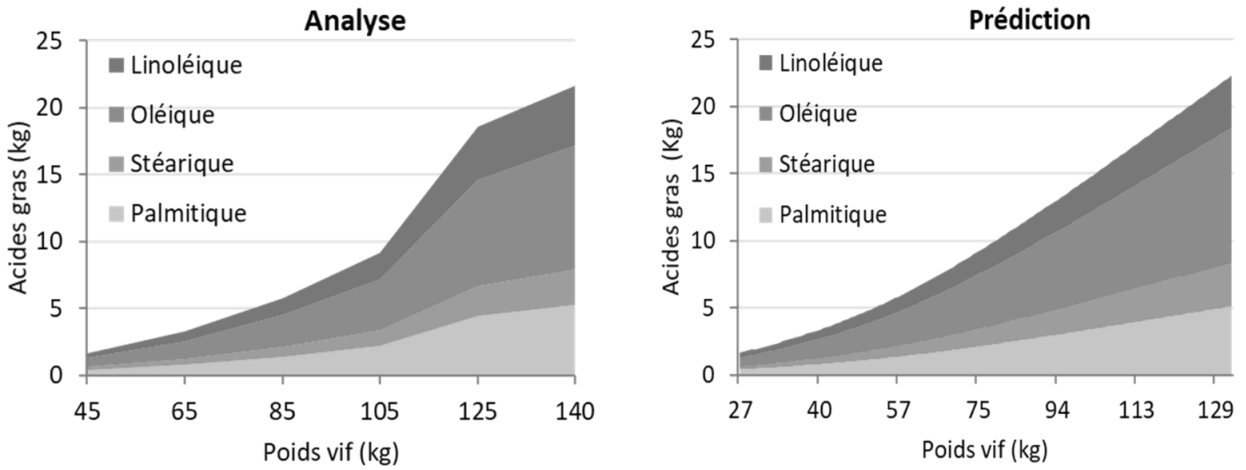

Figure 2 – Evolution de la masse corporelle des AG palmitique, stéarique, oléique et linoléique d'après les résultats d'analyse chimique d'échantillons d'animaux abattus et entièrement broyés à 45, 65, 85, 105, 125 et 140 kg de PV (Tibau *et al.*, 2002) et les résultats de simulation le long de la croissance avec le modèle.

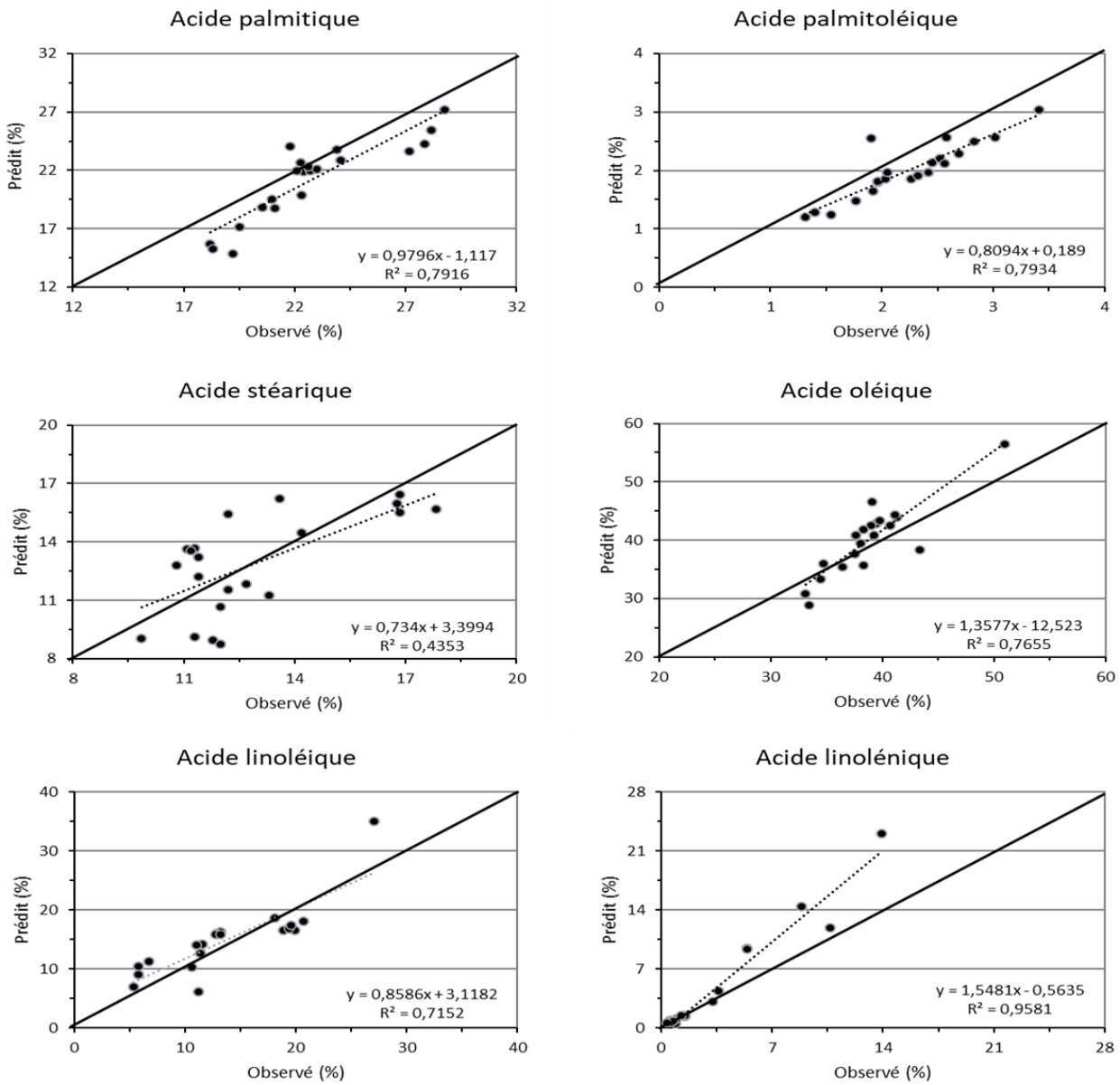

Figure 3 – Comparaison entre valeurs analysées (Tibau *et al.*, 2002 ; Kloareg *et al.*, 2007 ; Duran-Montgé *et al.*, 2010 ; Skiba *et al.*, 2015 ; Raj *et al.*, 2017) et prédites par le modèle du pourcentage de chaque AG (palmitique, palmitoléique, stéarique, oléique, linoléique et linolénique) dans l'animal entier (chaque point correspond à un régime expérimental et le trait noir à la bissectrice de l'angle entre valeurs observées et prédites).

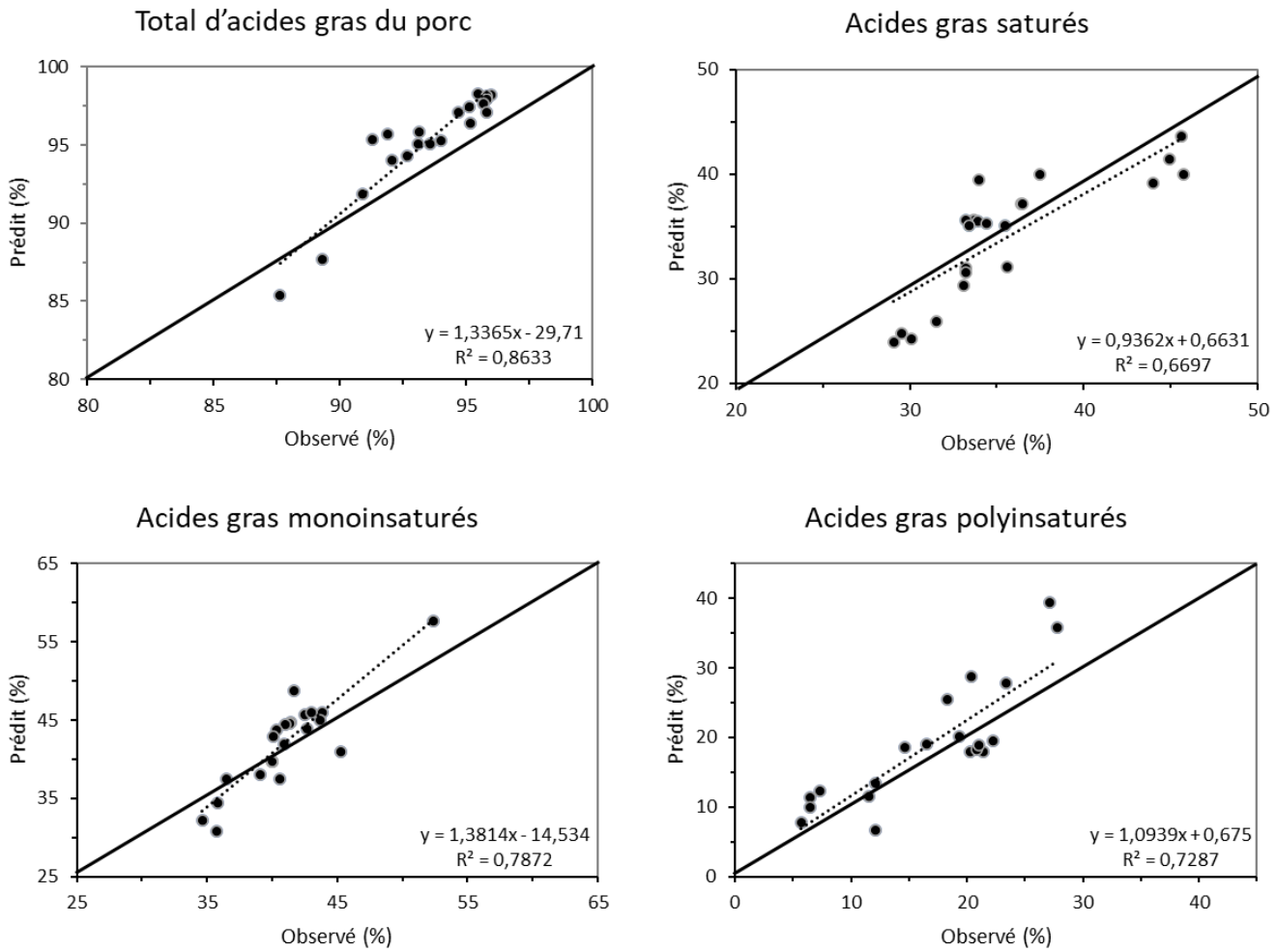

Figure 4 – Comparaison entre valeurs analysées (Tibau *et al.*, 2002 ; Kloareg *et al.*, 2007 ; Duran-Montgé *et al.*, 2010 ; Skiba *et al.*, 2015 ; Raj *et al.*, 2017) et prédites par le modèle de la totalité des AG ou de la somme des pourcentages par famille (AG saturés, monoinsaturés et polyinsaturés) dans l'animal entier (chaque point correspond à un régime expérimental et le trait noir à la bissectrice de l'angle entre valeurs observées et prédites).

La simple observation de l'évolution des masses d'AG analysées et prédites semble indiquer une bonne estimation par le modèle. Cela étant, à 140 kg PV, il semblerait que le modèle pourrait surestimer de 2-3 points la teneur en AG oléique et stéarique, tout en sous-estimant la teneur en AG linoléique de 2 points (données non présentées). Les AG palmitique et linolénique seraient quant à eux bien estimés.

Dans les quatre autres études (Kloareg *et al.*, 2007, Duran-Montgé *et al.*, 2010, Skiba *et al.*, 2015, Raj *et al.*, 2017), les animaux d'un essai donné avaient été abattus à un poids vif similaire. En revanche, ils avaient été nourris avec une vingtaine de régimes alimentaires contenant des sources et des niveaux de matières grasses très variables. Par conséquent, la composition et/ou contenu en AG était aussi variable et donc, très intéressant pour valider et étudier les réponses lors des simulations avec le modèle. Les données observées ont été utilisées pour évaluer les résultats de la composition en AG de l'animal entier obtenus par simulation avec le modèle. Pour cela, les procédures PROC CORR et PROC REG du logiciel SAS (SAS Inst., Cary, NC) ont été utilisées.

La durée d'engraissement, la consommation moyenne journalière de chaque régime expérimental et le dépôt maximal de protéines des porcs ont été ajustés empiriquement sur InraPorc afin obtenir un gain moyen quotidien et une consommation totale d'aliment similaires aux résultats rapportés dans ces études. Les teneurs d'AG observées dans l'animal entier variaient de 18,2 à 28,7% pour l'AG palmitique, de 1,3 à 3,4% pour l'AG palmitoléique, de 9,9 à 1,8% pour l'AG stéarique, de 33,1 à 51,0% pour l'AG oléique, de 5,3 à 27,1% pour l'AG linoléique, et de 0,4 à 13,9% pour l'AG linolénique.

Les valeurs prédites variaient entre 14,9 et 27,0% pour l'acide palmitique et concordaient (r = 0,89) avec les observations. Des résultats similaires ont été obtenus pour l'acide palmitoléique qui variait de 1,2 à 3,0% (r = 0,89 ; $P < 0,001$). Bien qu'aucun écart systématique par rapport aux valeurs observées n'ait été observé pour l'acide stéarique (8,8-16,4%), les prévisions n'étaient pas très précises (r = 0,66 ; $P = 0,001$). Les prévisions pour les acides oléique (28,9-56,4%), linoléique (6,2-35,0%) et linolénique (5,24-23,1%) étaient plus précises (respectivement r = 0,87, r = 0,85, r = 0,98 ; all $P < 0,001$). La pente de la courbe des acides stéarique, oléique et linolénique est, quant à elle, différente de 1 ($P < 0,01$) tandis que l'ordonnée à l'origine n'est en aucun cas différente de 0 ($P > 0,05$). Ceci semble indiquer une sous- ou surestimation des valeurs observées lors de concentrations très élevées de ces AG et donc pas très habituelles dans le gras du porc. Dans la gamme de valeurs

plutôt observées (plus de 80%) pour le porc, le modèle semble prédire raisonnablement la totalité de la masse d'AG de l'animal entier (r = 0,93 ; *P* < 0,001; Figure 4), de même que les familles des AG saturés (r = 0,82; *P* < 0,001) et polyinsaturés (r = 0,85; *P* < 0,001). Malgré la bonne corrélation obtenue pour AG monoinsaturés (r = 0,89 ; *P* < 0,001), que ce soit la pente de la courbe ou l'ordonnée à l'origine sont très différents de 1 et 0, respectivement. Ce résultat pourrait être la conséquence de l'inclusion d'un régime synthétique lipidoprive (Duran-Montgé *et al.,* 2010), par ailleurs très rarement utilisé dans la pratique. Les résultats obtenus auparavant pour la bardière (Lizardo *et al.*, 2002b), étaient plutôt satisfaisants mais ne représentaient qu'une partie de l'animal et il fallait voir l'effet sur l'ensemble et même si des ajustements sont encore nécessaires, les résultats actuels semblent raisonnables confirmant l'intérêt de l'utilisation de ce genre d'outils pour prédire la qualité du gras de porc.

CONCLUSION

Le couplage du module des AG avec le modèle InraPorc peut être envisageable car l'amélioration de la prédiction de masse de lipides corporels peut contribuer à son tour, à une amélioration de la prédiction des différents AG. Par ailleurs, l'utilisation des résultats de études portant sur la composition de l'animal entier montre bien que modèle peut aussi bien fonctionner pour l'ensemble de l'animal que pour certains tissus comme celui de la bardière démontré auparavant. Ainsi, au regard de ces résultats, il est possible de conclure sur l'intérêt du développement du module de composition en AG couplé au modèle InraPorc afin d'étudier l'influence des stratégies alimentaires et prédire la qualité du gras du porc.

REMERCIEMENTS

L'étude a été réalisée dans la cadre du projet Feed-a-Gene financé par le programme H2020 de l'Union européenne (n° accord 633631).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- De Lange C.F.M., 1995. Framework for a simplified model to demonstrate principles of nutrient partitioning for growth in the pig. In "Modelling Growth in the Pig", P.J. Moughan, M.W.A. Verstegen, M.I. Visser-Reyneveld (Eds.), Wageningen Pers., Wageningen, Pays-Bas, 71-85.
- Desmoulin B., Girard J.P., Bonneau M., Frouin, A., 1983. Aptitudes à l'emploi des viandes porcines suivant le type sexuel, le système d'alimentation et le poids d'abattage. Journées Rech. Porcine, 15, 177-192.
- Duran-Montgé P., Realini C.E., Barroeta A.C., Lizardo R., Esteve-Garcia E., 2010. De novo fatty acid synthesis and balance of fatty acids of pigs fed different fat sources. Livest. Sci., 132, 157-164.
- Girard J.P., Bout J., Salort D., 1988. Lipides et qualités des tissus adipeux et musculaires de porc, facteurs de variation. I. Lipides et qualités des tissus adipeux, facteurs de variation. II. Lipides et qualités des tissus musculaires, facteurs de variation. Journées Rech. Porcine, 20, 255-278.
- Kloareg M., Noblet J., van Milgen J., 2007. Deposition of dietary fatty acids, de novo synthesis and anatomical partitioning of fatty acids in pigs. British J. Nutr., 97, 35-44.
- Lebret B., Mourot J., 1998. Caractéristiques et qualité des tissus adipeux chez le porc. Facteurs de variation non génétiques. INRA Prod. Anim. 11, 131-143.
- Lizardo R., van Milgen J., Mourot J., Noblet J., Bonneau M., 2002. Modélisation du dépôt de lipides et de la composition en acides gras du tissu adipeux au cours de la croissance du porc. Journées Rech. Porcine, 32, 305-309.
- Lizardo R., Le Bellego L., Noblet J., van Milgen J., Mourot J., 2002. Effet de la température d'élevage et de la nature du régime sur la composition en acides gras du tissu adipeux du porc. Journées Rech. Porcine, 34, 45-51.
- Lizardo R., van Milgen J., Mourot J., Noblet J., Bonneau M., 2002. A nutritional model of fatty acid composition in the growing-finishing pig. Livest. Prod. Sci., 75, 167-182.
- Raj S., Skiba G., Sobol M., Pastuszewska B., 2017. Effects of dietary fat on the saturated and monosaturated fatty acid metabolism in growing pigs. Arch. Anim. Nutr., 71, 257-271.
- Skiba G., Polawska E., Sobol M., Raj S., Weremko D., 2015. Omega-6 and omega-3 fatty acids metabolism pathways in the body of pigs fed diets with different sources of fatty acids. Arch. Anim. Nutr., 69, 1-16.
- Tibau J., Gonzalez J., Soler J., Gispert M., Lizardo R., Mourot J., 2002. Influence du poids à l'abattage du porc entre 25 et 140 kg de poids vif sur la composition chimique de la carcasse : effets du génotype et du sexe. Journées Rech. Porcine, 34, 1-7.
- 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. Technol., 143, 387-405.

2022. Journées Recherche Porcine, 54, 6-6.