

Performances de croissance et risques d'odeurs de verrat de porcs mâles entiers selon les apports alimentaires en acides aminés essentiels ou en protéines

Nathalie QUINIOU et Patrick CHEVILLON

IFIP – Institut du Porc, Domaine de la Motte, BP 35104, 35651 Le Rheu cedex, France

nathalie.quiniou@ifip.asso.fr

Cette étude a été réalisée avec la collaboration technique de

J.-P. COMMEUREUC, B. PELTIER, P. ROCHER, D. LOISEAU, R. RICHARD et T. LHOMMEAU.

Performances de croissance et risques d'odeurs de verrat de porcs mâles entiers selon les apports alimentaires en acides aminés essentiels ou en protéines

Les effets de la teneur en acides aminés (AA) essentiels et en matières azotées totales (MAT) des aliments croissance (C) et finition (F) sont étudiés chez 140 porcs mâles entiers (ME). Les teneurs en AA sont raisonnées pour couvrir les besoins des ME (AA_{ME} , C : 0,94, F : 0,81 g de lysine digestible/MJ d'énergie nette) ou ceux des mâles castrés (AA_{MC} , C : 0,84, F : 0,71 g/MJ) et les teneurs en MAT sont proches des valeurs standards (MAT_{STD} , C : 16,5, F : 14,5%) ou abaissées (MAT_{BAS} , C : 14,5, F : 12,7%). Les données du lot $AA_{ME}-MAT_{BAS}$ sont exclues de l'analyse pour cause de non-conformité des aminogrammes des aliments. Les performances de croissance et les caractéristiques de carcasse ne sont pas pénalisées par la baisse de la MAT (au niveau AA_{MC}). Quand la teneur en AA augmente, l'indice de consommation diminue significativement de 0,13 point et l'épaisseur de muscle augmente de 3,1 mm ($P = 0,02$) ; la diminution de l'épaisseur de gras (-1,2 mm) n'est pas significative. Les rejets azotés, estimés avec InraPorc après calibrage d'un profil animal à partir du lot $AA_{ME}-MAT_{STD}$, diminuent de 24% quand le niveau de MAT diminue (niveau AA_{MC}), et de 5% quand la teneur en AA augmente (niveau MAT_{STD}). Les teneurs moyennes en androsténone et scatol dans le gras ne sont pas influencées par les niveaux d'apports en AA ou MAT. Les résultats obtenus démontrent l'intérêt technico-économique et environnemental d'alimenter les ME avec une stratégie biphasé $AA_{MC}-MAT_{BAS}$ ou $AA_{ME}-MAT_{STD}$, en comparaison avec une référence $AA_{MC}-MAT_{STD}$.

Growth performance and boar taint risk of entire male pigs obtained with different dietary amino acids or crude protein supplies

The effects of dietary amino acid (AA) and crude protein (MAT) contents in diets used before (C) or after (F) 65 kg body weight were investigated in 140 entire male (ME) pigs. The AA contents were based on requirement of either entire male (AA_{ME} , C: 0.94, F: 0.81 g digestible lysine /MJ net energy) or castrated male (AA_{MC} , C: 0.84, F: 0.71 g/MJ) and MAT contents were either close to standard levels (MAT_{STD} , C: 16.5, F: 14.5%) or reduced by 2 points (MAT_{BAS} , C: 14.5, F: 12.7%). Diets formulated with AA_{ME} and MAT_{BAS} contents did not meet the expectations, thereafter corresponding data were removed from the study. Neither growth performances nor carcass characteristics were negatively affected by MAT contents (at AA_{MC} level). When AA supply increased, the feed conversion ratio significantly decreased by 0.13 and muscle thickness increased (+3.1 mm, $P = 0.02$); the decrease in backfat thickness (-1.2 mm) was not significant. Nitrogen output was estimated with InraPorc after calibration of an average animal profile from pigs receiving the diets $AA_{ME}-MAT_{STD}$. It decreased by 24% when MAT decreased (diets AA_{MC}) and by 5% when AA increased (diets MAT_{STD}). Average androstenone and skatole levels in pure liquid fat were not influenced by the treatment. According to this trial, compared to diets $AA_{MC}-MAT_{STD}$, both diets $AA_{MC}-MAT_{BAS}$ and $AA_{ME}-MAT_{STD}$ can be used in a biphasé strategy to feed the EM pigs with an improved margin on feed and a reduced environmental impact.

INTRODUCTION

En conditions d'alimentation à volonté, les mâles entiers (ME) ne présentent pas systématiquement un gain de poids quotidien (GMQ) plus élevé que les mâles castrés (MC). En revanche, compte tenu de l'appétit plus élevé des MC, un même apport alimentaire pour les deux types de porcs, raisonné en deçà de l'appétit des ME, revient à rationner plus sévèrement les MC et leur GMQ est alors inférieur à celui des ME. Toutefois, qu'ils soient alimentés à volonté ou rationnés à un niveau donné d'apports énergétiques, les ME déposent quotidiennement plus de protéines que les MC et moins de lipides comme le montrent nombre de travaux disponibles dans la bibliographie (Campbell et Taverner, 1988 ; Noblet *et al.*, 1994). La teneur en protéines dans le gain de poids est alors plus élevée chez les ME que chez les MC, la teneur en lipides étant au contraire plus faible.

Le dépôt protéique contribue fortement au besoin en acides aminés (AA), tandis que le dépôt lipidique détermine de façon majeure le besoin en énergie. Ainsi, l'équilibre entre protéines et lipides dans le gain de poids détermine le besoin en AA par unité d'énergie ingérée, qui est donc plus élevé chez les ME.

Pour une quantité d'énergie ingérée donnée, l'expression du potentiel de dépôt protéique (ou de dépôt de muscle) suppose que les besoins azotés soient couverts par les apports alimentaires. Si ce n'est pas le cas et que l'apport de tous les acides aminés essentiels (aliment carencé en AA) ou de certains d'entre eux (aliment déséquilibré en AA) est insuffisant, le dépôt protéique reste inférieur au potentiel de l'animal ou au niveau de dépôt permis par la quantité d'énergie ingérée. L'énergie ingérée non utilisée pour le dépôt de protéines (muscle) est alors utilisée pour déposer des lipides (gras) et cela peut conduire à atténuer l'écart de performances entre ME et MC.

D'après l'évolution du poids vif (PV) et de la consommation d'aliment au cours de la croissance, le besoin en lysine digestible (LYSd) par unité d'énergie nette (EN) ingérée a été estimé à 0,94 et 0,81 g/MJ, respectivement au début des périodes de croissance et de finition chez des ME croisés (Large White x Landrace) x (Large White x Piétrain) (Quiniou *et al.*, 2010). Les valeurs correspondantes sont, respectivement, de 0,84 et 0,71 g/MJ chez les MC. Ces niveaux sont retenus dans l'étude mise en place pour comparer les performances de ME, issus du même croisement que celui mentionné ci-dessus, lorsqu'ils sont alimentés avec des aliments formulés sur la base de leurs besoins (notés AA_{ME}) ou ceux des MC (notés AA_{MC}). Parallèlement, dans une perspective de maîtrise des rejets azotés des ME, la possibilité d'utiliser des aliments à teneur réduite en matières azotées totales (MAT) est également étudiée.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Dispositif expérimental

L'essai est réalisé à la station de Romillé et implique 140 ME. A l'entrée en engraissement, les porcs sont mis en lot selon leur PV de la veille (62 j d'âge) et leur origine de portée afin de pouvoir disposer de frères ou demi-frères dans chaque lot. Des blocs de quatre cases de cinq porcs sont constitués. Chaque case est affectée à l'un des quatre lots expérimentaux, conçus suivant un dispositif factoriel 2x2 résultant de la combinaison

entre deux niveaux de formulation en AA (AA_{ME} ou AA_{MC}) et deux taux de MAT dans les aliments distribués pendant les périodes de croissance (C) et de finition (F). Les teneurs en MAT sont égales ou proches des maxima tolérés par le Corpen (2003) (MAT_{STD}, C : 16,5, F : 14,5%) ou abaissées de 2 points (MAT_{BAS}, C : 14,5, F : 12,7%). Les mesures portent sur les performances de croissance, les caractéristiques de carcasse et le risque d'odeurs de verrat, tandis que les rejets azotés sont estimés.

Un problème de non conformité est constaté sur les aliments AA_{ME} formulés pour une MAT réduite, ce qui conduit à retirer les données des porcs de ce lot de l'analyse des résultats.

1.2. Caractéristiques des aliments et alimentation

Les aliments sont présentés sous forme de granulés. Ils sont formulés pour atteindre une teneur en EN de 9,7 MJ/kg (Tableaux 1 et 2). Les teneurs en phosphore total respectent les recommandations du Corpen (2003), et la teneur en phosphore digestible est de 2,5 et 2,0 g/kg, respectivement, pendant les périodes de croissance et de finition. La teneur en calcium est fixée au minimum à 2,9 fois la teneur en phosphore digestible. Des rapports minimaux entre AA essentiels et LYSd sont fixés pour la méthionine (30%), la méthionine + cystine (60%), la thréonine (65%), le tryptophane (19%), l'isoleucine (53%), la valine (70%), la leucine (100%) et l'histidine (32%).

Les porcs sont alimentés à volonté pendant toute la durée de l'essai. Chaque case est équipée d'un nourrisseur biplace et d'une pipette d'eau. L'aliment croissance est utilisé jusqu'à ce que les porcs de la case pèsent en moyenne 65 kg.

1.3. Mesures

La consommation d'aliment par case est mesurée chaque semaine. Les porcs sont pesés individuellement toutes les 2 semaines le mardi à 14h00 après vidange des trémies à 8h00. Ils sont abattus par cases entières en deux départs réalisés à 2 semaines d'intervalle. A l'abattoir, leur carcasse est pesée à chaud, les épaisseurs de gras G2 et de muscle M2 entre les troisième et quatrième vertèbres lombaires sont mesurées à l'aide d'un capteur CGM (Sydel, Lorient), et des échantillons de gras de bardière sont prélevés pour déterminer leur teneur en androsténone (A) et en scatol (S) par HPLC (laboratoire INRA, St-Gilles). Les seuils de détection pour l'androsténone et le scatol sont, respectivement, de 240 et 30 ng/g de gras liquide.

1.4. Calculs et analyses statistiques

L'indice de consommation (IC) est calculé comme le rapport entre les quantités d'aliments consommées par case entre deux pesées et le cumul des gains de poids individuels réalisés entre ces deux mêmes pesées. En cas de mort (ou sortie) d'un porc dans la case, son gain de poids entre le début de la période et la mort (ou sortie) est pris en compte. La consommation moyenne journalière (CMJ) est calculée en divisant le cumul des quantités d'aliments consommées par les porcs de la case par la durée de la période considérée et la taille moyenne du groupe sur la période. Les porcs qui meurent avant la fin de la période sont pris en compte au *pro rata temporis*. Le GMQ est calculé seulement pour les porcs étudiés jusqu'à l'abattage. Le taux de muscle des pièces (TMP) est calculé de façon indicative à partir des valeurs de G2 et M2 à l'aide de l'équation : $62,19 - 0,729 \times G2 + 0,144 \times M2$.

Tableau 1 – Caractéristiques des aliments expérimentaux

Stade	Croissance			Finition		
	1	2	3	1	2	3
Lot						
Niveau en AA	MC	MC	ME	MC	MC	ME
Niveau en MAT	BAS	STD	STD	BAS	STD	STD
Ingrédients, g/kg						
Blé	110	27	635	-	144,5	728,8
Orge	318	106	64	143	-	-
Maïs	345	543	38	597	560	55
Tourteau de colza	-	78	54	-	72	75
Tourteau de soja 48	149	173,5	130	105	111	58
Son de blé tendre	19,8	20,0	20,0	96,0	60,0	26,0
Mélasse de canne	20	20	20	30	30	30
L-Lysine (50%)	5,1	2,6	6,3	4,7	3,0	6,6
L-Thréonine	1,1	0,1	1,3	0,8	0,1	1,2
L-Tryptophane (10%)	1,7	-	-	2,4	-	-
Méthio hydroxy analogue	0,6	-	0,6	0,3	-	0,4
Huile de colza	6,5	8,2	9,0	2,0	2,0	2,0
CaCO ₃	9,3	8,5	8,9	8,9	8,1	8,0
Phosphate bicalcique dihydraté	5,8	5,0	4,8	1,8	1,2	0,9
Sel	4	4	4	4	4	4
Phytases	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Oligo vitamines	4	4	4	4	4	4
Caractéristiques nutritionnelles¹						
Matière sèche (MS), g/kg	867	868	868	861	863	864
Matières azotées totales (MAT), g/kg	145	165	165	127	145	146
Matières azotées digestibles, g/kg	120	135	141	100	116	123
Matières grasses (MG), g/kg	30	37	26	32	31	19
Amidon, g/kg	456	423	436	475	455	470
Sucres, g/kg	38	43	43	42	45	45
Matières minérales (MM), g/kg	48	50	48	43	44	42
Cellulose brute, g/kg	37	40	34	36	37	32
Fibres fermentescibles, g/kg	146	146	145	137	138	137
Tryptophane total, g/kg	1,8	1,8	2,0	1,5	1,6	1,8
Tryptophane DIS, g/kg	1,6	1,6	1,7	1,3	1,3	1,5
Energie nette (EN), MJ/kg	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
Lysine DIS, g/MJ EN	0,84	0,84	0,94	0,71	0,71	0,81

¹ Estimées à l'aide du logiciel Evapig à partir des caractéristiques chimiques des matières premières communiquées par le service formulation de l'usine qui fabrique les aliments ; la digestibilité des matières azotées est considérée au niveau fécal ; fibres fermentescibles = MS-MAT-MM-MG-Amidon-Sucres-Lignine ; DIS : digestibilité iléale standardisée.

Les porcs sont répartis entre trois classes de risque pour chacun des composés impliqués dans les odeurs de verrat sur la base de leur teneur dans les lipides. Les seuils retenus sont de 0,1 et 0,2 $\mu\text{mol/g}$ pour le scatol, et 1 et 2 $\mu\text{mol/g}$ pour l'androsténone.

Les données de croissance et de teneur en composés odorants dans le gras sont soumises à une analyse de la variance (proc GLM, SAS version 9.2, Inst. Inc. Cary, NC) avec le lot ($n = 3$) et le bloc en effets fixes ; l'unité expérimentale est la case. Le poids chaud est introduit dans le modèle en covariable pour analyser les caractéristiques de carcasse. L'effet du lot sur la répartition des porcs entre les classes d'odeurs de verrat est analysé par un test du Chi² (proc Freq).

Les porcs du lot 3 sont supposés être alimentés dans des conditions leur permettant d'exprimer leur potentiel de croissance. Leurs données sont utilisées pour paramétrer un profil animal moyen avec le module de calibrage du logiciel InraPorc. Des simulations sont ensuite réalisées avec les trois stratégies de formulation pour calculer les différentes fractions d'utilisation de l'azote (retenu ou excrété). Les rejets sont également estimés par la méthode du Bilan Réel Simplifié (BRS, Corpen, 2003) à partir des données collectées par case dans l'essai. Dans l'équation Corpen (2003) pour le calcul de la rétention d'azote, le critère de composition corporelle est remplacé par TMP + 1,6 (Daumas, 2008).

Tableau 2 - Effet du lot sur les performances de croissance et sur les caractéristiques de carcasse (moyennes ajustées)

Lot	1	2	3	Statistiques	
Niveau en AA	MC	MC	ME		
Niveau en MAT	BAS	STD	STD	ETR	P
Nombre de porcs	34	35	35		
Nombre de cases	7	7	7		
Poids vif initial, kg¹	23,8	24,0	23,7	2,0	0,18
Poids vif final, kg¹	110,8	112,2	111,3	10,4	0,84
Age à l'abattage, j¹	164,0	161,8	159,8	0,5	0,37
CMJ, kg/j²	2,08	2,13	2,06	0,09	0,37
GMQ, g¹	853	886	898	98	0,29
IC, g/g²	2,43 ^a	2,39 ^a	2,28 ^b	0,06	<0,01
Carcasse					
Poids chaud, kg	86,3	86,9	86,2	7,7	0,95
Rendement, % ³	78,0	77,3	77,4	1,4	0,46
G2, mm ³	11,6	12,7	11,5	2,0	0,17
M2, mm ³	55,1 ^a	54,5 ^a	57,9 ^b	3,9	<0,01
M2/G2, mm/mm ³	4,9	4,5	5,2	0,9	0,07
TMP ³	61,7	60,8	62,1	1,6	0,07

AA : acides aminés, MAT : matières azotées totales, CMJ : consommation moyenne journalière, GMQ : gain moyen quotidien, IC : indice de consommation, G2 / M2 : épaisseurs de gras / muscle, TMP : teneur en muscle des pièces, ETR : écart-type résiduel, P : P-value de l'effet du lot.

¹ Analyse multifactorielle de la variance avec en effets principaux le lot et le bloc, et la case en unité expérimentale.

² Analyse de la variance à partir des données obtenues par case avec en effets principaux le lot et le bloc.

³ Le poids chaud est pris en compte en covariable.

2. RESULTATS

2.1. Performances de croissance (Tableau 2)

L'engraissement dure en moyenne 101, 99 et 97 jours, respectivement pour les porcs des lots 1, 2 et 3 ($P = 0,40$). Au changement d'aliment, après 51 jours d'engraissement, les porcs pèsent en moyenne 65,3 kg ($P = 0,92$). Entre 24 et 111 kg, la CMJ est en moyenne de 2,09 kg/j ($P = 0,37$) pour les porcs des trois lots. Les différences de GMQ ne sont pas significatives ($P = 0,29$) mais contribuent à un IC significativement plus faible (-0,13) avec le niveau AA_{ME} par rapport au niveau AA_{MC} (contraste lot 3 vs 1 et 2 : $P < 0,01$), tandis que la baisse de la MAT n'influence pas significativement ce critère (contraste lot 1 vs 2 : $P = 0,29$).

2.2. Caractéristiques de carcasse (Tableau 2)

En moyenne, pour les porcs des trois lots, la carcasse chaude pèse 86,5 kg, le rendement est de 77,6% et l'épaisseur de gras G2 est de 11,9 mm ($P > 0,10$). Après ajustement pour un même poids de carcasse, l'augmentation du niveau en AA s'accompagne d'une augmentation de l'épaisseur de muscle M2 (+3,1 mm, contraste lot 3 vs 1 et 2 : $P < 0,01$). Le rapport M2/G2 tend à diminuer de 5,2 à 4,5 avec la baisse du niveau en AA (lot 3 vs 2), mais dans une moindre mesure quand la MAT baisse également (4,9). La baisse de G2 et l'augmentation de M2 quand la MAT diminue ne sont pas significatives mais contribuent à un rapport M2/G2 qui tend à l'être.

2.3. Estimation des rejets azotés (Tableau 3)

Les données moyennes du lot 3 sont utilisées pour paramétrer un profil animal moyen dans InraPorc®. Les valeurs des critères nécessaires à la description de l'évolution du poids en fonction de l'âge, de la CMJ en fonction du poids et du dépôt protéique moyen sont indiquées ci-dessous :

Poids vif (PV) = f(Age) (courbe de Gompertz)	Entrée	Premier départ pour l'abattoir	
	Age, j	62	153
	PV, kg	24,3	104,4
Précocité		0,01135	
Consommation d'aliment CMJ (kg/j) = a PV(kg) ^b	a	0,1853	
	b	0,5817	
Dépôt protéique, g/j		146,3	

Bien que la variabilité entre les porcs ne soit pas prise en compte, les performances de croissance simulées avec ce profil moyen sont très proches des résultats *in vivo* du lot 3. Les séquences alimentaires des lots 1 et 2 sont appliquées à ce profil moyen pour simuler les performances associées. Pour ces simulations, le changement d'aliment est réalisé quand le porc moyen a consommé autant d'aliment croissance que dans l'essai (voir plus loin).

De même que dans l'essai, la CMJ du lot 1 reste proche de celle du lot 3. En revanche pour les lots 1 et 2, la CMJ estimée est inférieure à celle qui est mesurée, ce qui pourrait indiquer que les porcs de ces lots ont gaspillé un peu d'aliment. Ces écarts de CMJ entre simulations et observations expliquent que l'IC augmente de façon moins importante que dans l'essai *in vivo* quand le niveau en AA diminue, et qu'un IC similaire soit estimé pour les lots 1 et 2. Ils se répercutent également sur la quantité d'azote ingérée, et par la suite sur la quantité

Tableau 3 - Simulation des effets du lot sur les performances de croissance et l'utilisation de l'azote (N)

Lot		1	2	3
Niveau en AA		MC	MC	ME
Niveau en MAT		BAS	STD	STD
Simulations avec InraPorc®¹				
Performances de croissance	CMJ, kg ²	2,03	2,04	2,04
	GMQ, g ²	873	874	897
	IC ³	2,32	2,34	2,27
Utilisation de l'azote, kg/porc	N ingéré	4,33	5,08	4,88
	N retenu	2,24	2,28	2,27
	N excrété total	2,09	2,79	2,60
	(base 100 = lot 2)	75	100	93
Bilan réel simplifié, kg/porc³				
	N ingéré	4,53	5,17	4,92
	N retenu	2,22	2,24	2,24
	N excrété total	2,31	2,94	2,68
	(base 100 = lot 2)	79	100	91

¹ Simulations réalisées avec InraPorc® sur la gamme de poids de chaque lot indiquée dans le Tableau 2 et le profil animal moyen établi à partir des porcs du lot 3. ² Voir Tableau 2. ³ Calculs réalisés à partir des données moyennes par case de l'essai.

Tableau 4 - Effet du lot sur les composés à risque d'odeurs

Lot		1	2	3	Statistiques	
Niveau en AA		MC	MC	ME	ETR ¹	P
Niveau en MAT		BAS	STD	STD		
Echantillons, n		34	33	35		
Androsténone (A)						
A > seuil de détection, % ^{2,3}		64	85	77	F	0,15
Teneur quand A > SD, ng/g ²		770	933	913	651	0,69
Répartition des porcs, % ³						
Elevé, ≥ 2,0 µg/g		3	6	6		
Moyen, 1,0-2,0 µg/g		6	24	17		
Bas, < 1,0 µg/g		91 ^a	70 ^b	77 ^b	F	0,09
Scatol (S)						
S > seuil de détection, % ^{2,3}		97	97	97		
Teneur quand S > SD, ng/g ²		202	165	164	152	0,51
Répartition des porcs, % ³						
Elevé, ≥ 0,2 µg/g		38	24	29	F	0,44
Moyen, 0,1-0,2 µg/g		18	39	34		
Bas, < 0,1 µg/g		44	36	37	F	0,78

¹ Quand l'ETR est renseigné : analyse de variance (voir Tableau 3), sinon F indique un test de Fisher ; dans les deux cas la P-value correspond à l'effet du lot. ² SD : seuils de détection ; androsténone : 0,24 µg/g, scatol : 30 ng/g. ³ En pourcentage des échantillons initiaux.

d'azote rejetée compte tenu du fait que la quantité d'azote retenue estimée avec InraPorc® est comparable pour les trois lots. Elle est très proche de celle calculée par le BRS.

Avec le niveau en AA_{ME}, les rejets en azote sont réduits de 9 à 7% selon la méthode de calcul utilisée, pour une moindre ingestion de 5 à 4% d'azote par rapport au niveau AA_{MC} (lot 3 vs 2). La diminution de 2 points du niveau de MAT (lot 1 vs 2)

permet de réduire la quantité d'azote ingérée de 12 à 15% et les rejets de 21 à 25%.

2.4. Risque d'odeurs de verrat (Tableau 4)

Quand la teneur en androsténone est supérieure au seuil de détection, ce qui concerne plus des deux tiers des échantillons, elle n'est pas significativement influencée par le lot. Avec les régimes à basse teneur en MAT, 3% des porcs présentent un risque d'odeur élevé lié à l'androsténone, contre 6% avec le niveau standard, mais cette différence ne peut être testée statistiquement du fait des faibles effectifs correspondants. En revanche, la proportion de porcs à risque d'odeur faible dû à l'androsténone tend à être significativement plus élevée quand la teneur en MAT diminue (91 vs 70%, $P = 0,09$).

Le risque élevé d'odeur lié au scatol concerne un taux élevé de porcs dans cette étude, soit presque 30% des animaux prélevés. Le lot n'influence ni la proportion d'échantillons dont la teneur en scatol est supérieure au seuil de détection, ni la teneur moyenne en scatol dans ce cas, ni la répartition des porcs selon le niveau de risque dû à ce composé.

3. DISCUSSION

La littérature foisonne d'études démontrant qu'une carence en AA entraîne une augmentation de l'IC et une diminution du taux de muscle de la carcasse. Nos résultats sur l'IC et sur le rapport M2/G2 vont dans le même sens et montrent que des aliments biphasés conçus pour MC ne permettent pas aux ME d'optimiser l'utilisation de l'énergie. La carence induite par les aliments AA_{MC} est d'ailleurs suffisamment importante pour être quantifiable par des mesures zootechniques.

Quand l'augmentation de 0,1 g de LYSd/MJ d'EN (et des autres AA en proportions idéales) est réalisée avec des teneurs en MAT standards, le surcoût des formules AA_{ME} sur l'ensemble de l'engraissement est en moyenne de 3,8 €/tonne dans un contexte de sources de protéines onéreuses (avril 2014, Tableau 5). Il est largement compensé par l'épargne d'aliment (-10 kg) induite par la diminution de l'IC et par l'augmentation du prix payé par carcasse (+1,9 €/porc). La marge sur coût alimentaire est en définitive plus élevée (+3,8 €/porc mâle) quand la stratégie biphasée est raisonnée sur les besoins des ME et non des MC.

Ainsi que démontré antérieurement par Quiniou *et al.* (1994), Bourdon *et al.* (1995) et Cahn *et al.* (1998) chez des femelles et des mâles castrés, il est possible de réduire la teneur en MAT de l'aliment sans conséquence négative sur les performances de croissance ou sur les caractéristiques de carcasse quand les aliments sont formulés pour une même teneur en EN et en AA digestibles.

Dans notre étude, la diminution de la MAT des aliments AA_{MC} n'augmente pas la teneur en scatol du gras. La prise en compte de contraintes sur la teneur en glucides fermentescibles lors de la formulation des aliments, ainsi que conseillé par Wesoly et Weiler (2012), contribue sans doute à ce résultat. Il faut cependant remarquer que les niveaux en scatol obtenus sont très élevés, ce qui est susceptible de masquer un effet de l'aliment. Les porcs ont été élevés en fin d'été et abattus en début d'automne, or cette période est favorable à une accélération de la puberté d'après Prunier *et al.* (2013). Par ailleurs, les températures ambiantes estivales interfèrent avec le comportement des porcs, qui accentuent leurs pertes de chaleur par évaporation en se roulant dans leurs déjections.

Ce faisant, ils se salissent ce qui favorise l'absorption cutanée du scatol des fèces (Hansen *et al.*, 1995).

Avec des aliments AA_{ME}, la possibilité de réduire la teneur en MAT reste à démontrer compte tenu des difficultés rencontrées pour disposer d'aliments conformes. Diminuer fortement la MAT en maintenant des teneurs élevées en AA essentiels conduit à amenuiser la marge de sécurité notamment pour les AA secondaires, pour lesquels aucune source synthétique n'est utilisée. En conséquence, dès que les caractéristiques d'une (des) matière(s) première(s) utilisée(s) dans la formule s'écartent de celles prises en compte en formulation, le risque d'obtenir un aliment dont le profil en AA est déséquilibré est élevé. Cela s'est produit dans notre essai et a pénalisé la qualité de la carcasse (non présenté).

Pour des formules qui se fondent sur les besoins en AA des MC, la diminution du niveau MAT de 2 points permet de baisser le prix des aliments en moyenne de 10 €/tonne dans le contexte retenu pour les calculs technico-économiques (Tableau 5). La substitution de sources de MAT par des AA de synthèse est relativement aisée à ces niveaux de formulation. Dans un contexte de sources de MAT chères, la baisse de la MAT diminue le coût alimentaire par porc (-2,2 €/porc). De même que dans l'étude de Roy *et al.* (2014), réalisée avec des femelles et des mâles castrés et des niveaux de MAT similaires à nos niveaux MAT_{BAS} ou 1 point au-dessus, la plus-value est améliorée quand la MAT diminue. Ceci contribue, avec le moindre coût alimentaire, à augmenter la marge sur coût alimentaire (+3,4 €/porc comparativement au niveau standard de MAT).

Tableau 5 – Marge sur coût alimentaire par porc selon le lot

Lot		1	2	3
Niveau en AA		MC	MC	ME
Niveau en MAT		BAS	STD	STD
Aliment ingéré, kg¹	< 65 kg	88,3	89,9	84,8
	> 65 kg	121,9	120,7	114,8
Prix des aliments, €/tonne²	< 65 kg	245,7	255,6	259,5
	> 65 kg	225,1	234,8	238,6
Coût alimentaire, €/porc²		49,1	51,3	49,4
Plus value moyenne, c€/kg¹		159	134	158
Valeur de la carcasse, €³		139,9	137,8	139,8
Marge sur coût alimentaire, €^{2,3}		89,7	85,3	89,1

¹ D'après les données moyennes brutes de l'essai. ² D'après la Note de conjoncture IFIP (matières premières), sans prise en compte de la marge du fabricant ni des frais de livraison. ³ Pour un poids froid moyen de 84,1 kg et une cotation moyenne du Marché du Porc Breton d'avril 2014 (Base 56 TMP = 1,50 €/kg carcasse).

Le passage de l'aliment croissance à l'aliment finition a été réalisé au poids moyen de 65 kg. D'après les quantités moyennes ingérées de chaque aliment, il apparaît que la transition aurait dû être réalisée à un poids un peu inférieur afin de respecter les contraintes du Corpen. En effet, l'aliment finition représente seulement 57 à 58% de la consommation cumulée d'aliment par porc dans notre essai, soit 2 à 3 points en deçà des 60% recommandés par le Corpen (2003).

Deux méthodes de calculs sont utilisées pour estimer les rejets. Le BRS est très simple à mettre en œuvre et permet de s'appuyer sur les données collectées par case (quantités d'aliment croissance et d'aliment finition consommées, poids initial et final).

La prise en compte de la teneur en muscle de la carcasse dans l'équation de calcul de la rétention azotée pose cependant question. Premièrement, l'équation a été calibrée avec le critère en place dans les abattoirs en 2003 pour estimer la teneur en viande maigre de la carcasse (TVM). Or, ce dernier a été remplacé en 2006 par un critère d'estimation du taux de muscle des quatre pièces principales (TMP), défini à partir de nouvelles dissections de carcasse. L'écart entre les valeurs moyennes prises par ces deux critères a été évalué à 1,6 point (Daumas, 2008), néanmoins ce dernier dépend de nombreux facteurs dont le sexe. Cela renvoie au deuxième point, à savoir que l'équation de calcul du TMP a été calibrée à partir de femelles et de mâles castrés et non de mâles entiers.

Le calcul des rejets avec InraPorc® exploite seulement une partie des données. Elle implique de se référer à un profil animal caractérisé en conditions d'alimentation à volonté, ce qui est le cas des trois lots de l'essai, mais dans des conditions non limitantes d'apport en AA, ce qui est le cas du lot 3 uniquement. Les simulations ne se réfèrent donc pas du tout aux données acquises sur les porcs des lots 1 et 2 et n'intègrent pas la variabilité des performances entre cases. Malgré ces limites méthodologiques, les quantités d'azote retenues estimées par ces deux méthodes sont très proches, quel que soit le lot. Les différences apparaissent pour le calcul d'un critère *a priori* simple : la quantité d'azote ingérée. Lorsque le BRS utilise les quantités réelles d'aliment croissance ou finition distribuées, la modélisation est réalisée avec une courbe d'évolution de la CMJ en fonction du poids. L'écart de CMJ peut provenir de la non détection d'un gaspillage lors des mesures, ou de la non prise en compte en modélisation de sur- ou sous-consommations ponctuelles. Du fait des écarts de quantités d'azote ingérées entre méthodes, des différences sont également constatées pour les quantités rejetées. Néanmoins, si les différences absolues entre lots changent, l'ordre de grandeur et la hiérarchie entre lots sont conservés. La réduction de la teneur en MAT est très efficace pour réduire les rejets azotés. D'après les simulations, la baisse de la MAT permet alors d'augmenter le coefficient de rétention de l'azote de 45 (lot 2) à 52% (lot 1) lorsque les aliments sont formulés

sur la base des besoins des mâles castrés. Dixit le BRS, les valeurs correspondantes sont, respectivement, de 43 et 49%. Des apports en AA essentiels plus élevés associés à une teneur en MAT maîtrisée à un niveau standard permettent également de réduire les rejets azotés des ME, par rapport à la situation de référence où ils sont alimentés comme des MC.

CONCLUSION

Cette étude montre que des aliments biphasés formulés pour les MC placent les ME en situation de carence en AA. Bien que plus chers, les aliments formulés pour +0,1 g de LYSd /MJ EN améliorent la marge sur coût alimentaire par porc mâle. Quand des niveaux en AA pour MC sont utilisés, les résultats indiquent qu'il est possible de diminuer la teneur en MAT sans dégradation des performances de croissance, ni des caractéristiques de carcasse des ME. Quand la formulation intègre des contraintes sur la teneur en glucides fermentescibles, la baisse de la MAT de 2 points en deçà des normes Corpen n'est pas associée à des teneurs en scatol plus élevées dans le gras des ME.

Quand la teneur en MAT diminue avec des niveaux AA_{MC}, l'effet sur la marge sur coût alimentaire est plus important que lorsque les apports en AA augmentent avec une MAT_{STD}. Il n'est pas certain que ces deux avantages se cumulent lorsque la teneur en MAT est abaissée avec des niveaux AA_{ME}, compte tenu du nombre accru d'AA de synthèse à incorporer à des taux parfois très élevés. Toutefois ceci reste à déterminer, dans des conditions de maîtrise absolue des lots de matières premières utilisées pour la fabrication de ces aliments.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par le Programme National pour le Développement Agricole et Rural.

Les auteurs remercient la société Ajinomoto Eurolysine SAS pour la réalisation des aminogrammes et S. Jaguelin (INRA) pour le dosage des composants à risque d'odeurs dans le gras.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bourdon D., Dourmad J.-Y., Henry Y., 1995. Réduction des rejets azotés chez le porc en croissance par la mise en oeuvre de l'alimentation multiphase, associée à l'abaissement du taux azoté. Journées Rech. Porcine, 27, 269-278.
- Canh T.T., Aarnink A.J.A., Schutte J.B., Sutton A.L., Langhout D.J., Verstegen M.W.A., 1998. Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. Livest. Prod. Sci., 56, 181-191.
- Corpen, 2003. Estimation des rejets d'azote - phosphore - potassium - cuivre et zinc des porcs. Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections produites. Rapport 41 pp. http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN_2003_06_rejet_porc.pdf.
- Campbell R.G., Taverner C.T., 1988. Genotype and sex effects on the relationship between energy intake and protein deposition in growing pigs. J. Anim. Sci., 66, 676-686.
- Daumas G., 2008. Taux de muscle des pièces et appréciation de la composition corporelle des carcasses. Journées Rech. Porcine, 40, 61-68.
- Hansen L.L., Larsen A.E., Hansenmoller J., 1995. Influence of keeping pigs heavily fouled with feces plus urine on skatole and indole concentration (boar taint) in subcutaneous fat. Acta Agric. Scand. Section A-Anim. Sci., 45, 178-185.
- Noblet J., Karege C., Dubois S., 1994. Prise en compte de la variabilité de la composition corporelle pour la prévision du besoin énergétique et de l'efficacité alimentaire chez le porc en croissance. Journées Rech. Porcine, 26, 267-276.
- Quiniou N., Dourmad J.-Y., Henry Y., Bourdon D., Guillou D. 1994. Influence du potentiel de croissance et du taux protéique du régime sur les performances et les rejets azotés des porcs en croissance-finition, alimentés à volonté. Journées Rech. Porcine, 26, 91-96.
- Quiniou N., Courboulay V., Salaün Y., Chevillon P., 2010. Conséquences de la non castration des porcs mâles sur les performances de croissance et le comportement : comparaison avec les mâles castrés et les femelles. Journées Rech. Porcine, 42, 113-118.
- Prunier A., Brillouet A., Merlot E., Meunier-Salaün M.-C., Tallet C., 2013. Influence of housing and season on pubertal development, boar taint compounds and skin lesions of male pigs. Animal, 7, 2035-2043.
- Roy H., Lecuelle S., Corrent E., 2014. Effet de la réduction de la teneur en matières azotées totales sur les performances zootechniques et de carcasses de porcs charcutiers. Journées Rech. Porcine, 46, 127-128.
- Wesoly R., Weiler U. 2012. Nutritional influences on skatole formation and skatole metabolism in the pig. Animals, 2, 221-242.