

Effet d'un protocole de déplétion-réplétion en lysine chez le porc en croissance

Laetitia CLOUTIER (1-2), Marie-Pierre LÉTOURNEAU MONTMINY (2), Jean F. BERNIER (1), Jesus POMAR (3), Candido POMAR (2)

(1) Département des sciences animales, Université Laval, Québec, Québec, G1K 7P4 Canada

(2) Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2000 rue Collège, Sherbrooke, Québec, J1M 1Z3, Canada

(3) Département d'ingénierie agricole, Universitat de Lleida, Alcalde Rovira Roure 191, 25198 Lleida, Espagne

Candido.Pomar@AGR.GC.CA

Cette étude a été réalisée au Centre de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Sherbrooke, Québec, avec la participation économique d'Aliments Breton Inc., St-Bernard, Québec, et la collaboration technique de N. OUELLET et le personnel du Centre porcin.

Effet d'un protocole de déplétion-réplétion en lysine chez le porc en croissance

L'effet d'une restriction en lysine suivie d'une période de réplétion sur les performances de porcs en croissance a été étudié pendant 3 phases d'alimentation de 28 jours chacune. Ainsi, 47 mâles castrés (poids vif initial de $26,7 \pm 2,7$ kg) ont reçu quotidiennement 70 ou 100 % de leurs besoins en lysine selon les séquences suivantes : 70-70-70, 70-70-100, 70-100-70, 70-100-100 et 100-100-100. Les besoins en lysine ont été estimés individuellement et quotidiennement en fonction de la consommation et du gain de poids des porcs. À l'issue de la première phase, les porcs recevant 100 % de leurs besoins en lysine avaient une consommation moyenne journalière (CMJ ; $P = 0,01$), un gain moyen quotidien (GMQ ; $P < 0,01$) et un dépôt protéique (PD ; $P < 0,01$) plus élevés que les porcs recevant 70 % des besoins. Des résultats similaires ont été observés pendant la deuxième et troisième phase. À la fin de la deuxième phase, les porcs de la séquence 70-100 n'ont pas montré de réponse compensatrice, car leur CMJ, GMQ et PD n'étaient pas différents de ceux de la séquence 100-100. Des résultats similaires ont été observés pendant la troisième phase. Bien qu'aucune croissance compensatrice n'ait été observée pendant les phases de croissance, le fait que les porcs du traitement 70-100-100 aient été en mesure de rattraper leur retard par rapport aux porcs de la séquence 100-100-100 en termes de poids vif et de masse protéique corporelle semble indiquer qu'une compensation de faible amplitude a eu lieu.

Effect of a lysine depletion-repletion protocol in growing pigs

The effect of dietary lysine restriction followed by a repletion period was studied during three feeding-phases of 28 days each on the performance of growing-finishing pigs. Thus, 47 pigs (initial body weight 26.7 ± 2.7) received daily 70 or 100% of the estimated lysine requirement according to the following sequences: 70-70-70, 70-70-100, 70-100-70, 70-100-100 and 100-100-100. Lysine requirements were estimated individually based on the daily estimated feed intake and weight gain of pigs. At the end of the first feeding-phase, pigs fed at 100% of their lysine requirement had an average daily feed intake (ADFI, $P = 0.01$), average daily gain (ADG, $P < 0.01$) and average protein deposition (PD; $P < 0.01$) higher than pigs fed at 70% of requirements. Similar results were observed for the second and third phases. At the end of the second phase, pigs on the 70-100 sequence showed no compensatory responses because their ADFI, ADG and PD were not different from those of the 100-100 sequence. Similar results were observed during the third phase. Although no compensatory growth was observed during any of the feeding phases, the fact that pigs on the 70-100-100 sequence were able to catch up in terms of body weight and body protein compared to pigs fed under the 100-100-100 sequence suggests that some compensation but of low amplitude has occurred.

INTRODUCTION

La croissance compensatrice concerne la capacité d'un animal à rattraper un retard de croissance causé principalement par une déplétion alimentaire ou nutritionnelle. Ce rattrapage peut résulter d'une augmentation de la consommation d'aliment accompagnée d'une accélération du gain de poids (Fabian *et al.*, 2002), d'une modification de la composition du gain, de l'amélioration de l'efficacité d'utilisation des nutriments (Reynolds et O'Doherty, 2006) ou de l'ensemble de ces facteurs (Fabian *et al.*, 2004). Toutefois, certaines études n'ont pas observé de réponse compensatrice suite à une restriction en lysine (Chiba *et al.*, 2002) ou cette réponse a été insuffisante pour permettre aux animaux d'atteindre le poids du marché au même moment que les porcs non restreints (O'Connell *et al.*, 2006 ; Reynolds et O'Doherty, 2006). Sans oublier que des restrictions trop sévères empêcheraient l'expression d'une croissance compensatrice lors de la réplétion (Kamalakar *et al.*, 2009). L'objectif de cette étude était donc d'évaluer l'incidence d'une déplétion en lysine suivie d'une réplétion sur les performances et les dépôts protéique et lipidique des porcs en croissance.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Régimes expérimentaux

Quatre aliments expérimentaux (A1, A2, B1 et B2) ont été utilisés dans cette expérimentation (Tableau 1). Seul le niveau de lysine synthétique ajoutée différait entre les aliments A1 et A2, ainsi qu'entre les aliments B1 et B2. Les aliments A1 et B1 ont été formulés afin de satisfaire les besoins en lysine (Lys) digestible iléale standardisée (DIS) de porcs de 20 kg et 110 kg de poids vif (PV), respectivement, alors que les aliments A2 et B2 ont été formulés pour fournir 70 % de ces mêmes besoins. Les apports en phosphore (P) et calcium (Ca) alimentaires ont été estimés selon Jondreville et Dourmad (2005) et de la phytase microbienne (Phyzyme XP, Danisco Animal Nutrition, Canada) a été incorporée dans les aliments. Du maïs, du tourteau de soja (48 % de protéine brute) et du blé ont été utilisés comme ingrédients principaux. De la Lys synthétique, de la thréonine, du tryptophane et de la méthionine ont été incorporés pour optimiser l'équilibre en acides aminés (AA; NRC, 1998). Les cinq ingrédients principaux des aliments ont été analysés pour leur contenu en matière sèche (MS) et en azote total avant le début de l'expérimentation (AOAC, 1990). Les aliments ont été formulés en accord avec les valeurs analysées corrigeant la proportion d'AA par rapport à celle de l'ingrédient de référence correspondant (tables INRA-AFZ, Sauvante *et al.*, 2004).

1.2. Estimation du besoin en lysine et des autres nutriments

La consommation journalière (CJ) individuelle était mesurée chaque jour pendant que le PV l'était chaque semaine. Au début de chaque journée, la CJ, le PV et le gain de poids étaient estimés par régression en fonction de l'historique de CJ et PV. Les besoins quotidiens en Lys (g/j) ont été calculés en additionnant les besoins d'entretien et de croissance selon la méthode proposée par Hauschild *et al.* (2012). Finalement, la concentration quotidienne en Lys requise pour chaque animal a été estimée en divisant les besoins par la CJ estimée.

Tableau 1 - Ingrédients et caractéristiques nutritionnelles des aliments expérimentaux

Ingrédients (g/kg)	Aliments expérimentaux			
	A1	A2	B1	B2
Blé dur	182	182	510	510
Maïs	400	400	300	300
Orge	88,5	93,7	162,2	164,2
Gru rouge	55,0	55,0	-	-
Fin gluten de maïs	45,0	45,0	-	-
Tourteau de soja (48%)	172	172	-	-
Huile de tournesol	15,0	15,0	-	-
L-lysine HCl (98%)	5,20	-	2,0	-
L-thréonine	1,93	1,93	-	-
L-tryptophane	0,50	0,50	-	-
DL-méthionine	1,61	1,61	-	-
Phosphate monocalcique	3,40	3,40	-	-
Carbonate de calcium	17,2	17,2	13,4	13,4
Sel	5,98	5,98	5,73	5,72
Prémélange minéral et vitaminique ¹	5,0	5,0	5	5
Phytase (Phyzyme XP)	0,15	0,15	0,15	0,15
Composants majeurs² (%)				
Matière sèche	89,30	89,14	88,57	88,59
Énergie nette (EN, MJ/kg)	10,05	10,03	10,12	10,11
Protéine brute (PB)	17,71	17,98	11,79	11,30
Calcium	0,77	0,82	0,51	0,52
Phosphore total	0,46	0,45	0,35	0,34
Phosphore digestible	0,18	0,18	0,11	0,11
Lysine totale	1,18	0,76	0,52	0,33
Lysine DIS	1,09	0,66	0,47	0,28
Méthionine DIS	0,48	0,46	0,22	0,21
Tryptophane DIS	0,20	0,21	0,11	0,11
Thréonine DIS	0,75	0,77	0,31	0,30
Histidine DIS	0,39	0,41	0,24	0,24
Isoleucine DIS	0,63	0,65	0,37	0,36
Leucine DIS	1,44	1,50	0,83	0,80
Cystine DIS	0,28	0,29	0,25	0,25
Phénylalanine DIS	0,81	0,86	0,48	0,47
Tyrosine DIS	0,62	0,65	0,34	0,33
Valine DIS	0,71	0,74	0,46	0,45

¹Un kg d'aliments expérimentaux devrait fournir les nutriments suivants : vitamine A, 11400 UI ; vitamine D, 1140 UI ; vitamine E, 35 UI ; vitamine B12, 0,03 mg ; vitamine K (ménadiolone), 2 mg ; biotine, 0,15 mg ; acide folique 0,7 mg ; niacine, 20 mg ; acide pantothénique, 15 mg ; pyridoxine, 2 mg ; riboflavine, 3 mg ; thiamine, 2 mg ; choline, 500 mg ; cuivre, 122 mg ; iode, 0,3 mg ; fer, 100 mg ; manganèse, 63,3 mg ; sélénium, 0,3 mg ; zinc, 152 mg.

²L'EN et le P digestible ont été estimés à partir des tables INRA-AFZ (Sauvante *et al.*, 2004).

La DIS du Trp, de l'Ile, de la Leu, de la Cys et de la Val ont été obtenues à partir des tables INRA-AFZ corrigée par la teneur en PB des aliments expérimentaux.

Les DIS des autres AA ont été obtenues à partir des tables INRA-AFZ corrigées par leur teneur en AA total dans les aliments expérimentaux.

1.3. Animaux et traitements

Quarante-sept porcs mâles castrés *G-Performer 8,0 x Fertilis 25* (Génétiporc Inc., Canada) avec un PV initial de $26,7 \pm 2,7$ kg ont été utilisés dans l'expérimentation. À leur arrivée, les porcs ont été logés en un seul groupe et nourris ad libitum avec un aliment commercial de démarrage. Les animaux ont été soignés selon un code de pratique recommandé (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 1993) et selon les directives du Conseil canadien de protection des animaux (1993). Lors de l'expérimentation, les porcs ont été nourris avec un mélange des aliments expérimentaux pour fournir 100 % des besoins en AA et minéraux, mais 70 % ou 100 % de leurs besoins en Lys, selon cinq séquences différentes s'échelonnant sur trois phases de 28 jours chacune. Les séquences testées étaient : 70-70-70, 70-70-100, 70-100-70, 70-100-100, 100-100-100. Dix porcs ont été attribués aux séquences 70-70-70 et 100-100-100 pendant que neuf autres l'ont été aux autres séquences. Les animaux ont été logés dans le même enclos et nourris avec cinq nourrisseurs automatiques fournissant chaque jour et à chaque porc un mélange contenant le niveau de nutriments souhaité.

1.4. Mesures

Au début et à la fin de chaque phase d'alimentation, l'épaisseur du gras dorsal et du muscle de la longe a été mesurée entre la 3^{ème} et la 4^{ème} côte à 5 cm de la colonne avec un système ultrasonique (Ultrascan 50, Alliance Médicale inc., Canada ; 120 mm, 3,5 MHz). Les porcs ont par la suite été anesthésiés et leur corps soumis à des mesures d'absorption biphotonique à rayons X (DXA ; Prodigy, GE Healthcare, Madison, WI). Le balayage a été réalisé en mode mince (PV de 25 kg), standard (PV de 50 kg) et épais (PV de 70 et 100 kg) pour estimer les masses corporelles en maigre et en gras, lesquelles ont été transformées en leur équivalent chimique de protéines et lipides (Pomar et Rivest, 1996). Des échantillons représentatifs des aliments expérimentaux ont été pris chaque semaine et ont été analysés pour connaître leur contenu en MS, en azote total, en AA (chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse; Calder *et al.*, 1999) en Ca et en P total (AOAC, 1990).

1.5. Analyses statistiques

La consommation moyenne journalière (CMJ) a été obtenue en additionnant l'aliment servi dans une journée à chaque porc pendant que le gain de poids (GMQ), de protéines (PD) et de lipides (LD) moyens quotidiens ont été obtenus par différence entre les valeurs mesurées ou estimées au début et à la fin de chaque phase. Les efficacités alimentaires et nutritionnelles sont le rapport entre les valeurs retenues et les ingérées, sauf pour la Lys dont l'entretien a été soustrait de l'ingéré. Des analyses de variance ont été effectuées sur les variables étudiées pour chacune des trois phases avec la procédure Mixed de SAS (SAS 9.2, 2002, Inst. Inc. Cary, NC) après vérification de leur normalité avec le test Shapiro-Wilks, le niveau d'apport étant l'effet fixe et le porc l'unité expérimentale. Des contrastes ont été effectués pour chaque phase. Pour la 3^{ème} phase, les contrastes effectués étaient destinés à évaluer l'effet du moment (70-70-70 ; 70-70-100 ; 70-100-70) et de la durée de la réplétion (70-70-100 ; 70-100-100 ; 100-100-100).

2. RÉSULTATS

2.1. Phase 1

Les porcs ayant reçu des aliments fournissant 70 % de leurs besoins en Lys ont consommé moins d'aliment que les porcs non restreints (10 % ; $P < 0,01$) conduisant alors à une baisse plus importante de la consommation en Lys DIS (39% ; $P < 0,01$; Tableau 2) et à une baisse de la protéine ingérée (12 % ; $P < 0,01$). Les porcs restreints ont eu une diminution de leur GMQ (23 % ; $P < 0,01$), de leur PD (26 % ; $P < 0,01$) et de leur efficacité alimentaire (15 % ; $P < 0,01$) et protéique (15 % ; $P < 0,01$). Cependant, l'efficacité d'utilisation de la Lys était supérieure chez ces porcs (30 % ; $P < 0,01$) par rapport à ceux ayant reçu des niveaux adéquats de Lys. Au jour 28, les porcs restreints avaient une masse protéique corporelle, une épaisseur du muscle dorsal et un PV plus faibles que les porcs nourris au besoin ($P < 0,01$). La diminution des apports en Lys n'a cependant pas affecté la rétention de lipides corporels.

Tableau 2 - Impact de l'apport en lysine sur les performances de croissance durant la phase 1

	Taux de lysine fournie par rapport aux besoins (%)		ETR ¹	Valeurs de P ²
	70	100		70 vs 100
Nombre d'observations	37	10		
Jour 1				
Poids vif, kg	26,8	26,2	2,8	0,531
Épaisseur gras dorsal, mm	5,5	5,1	0,7	0,137
Épaisseur muscle dorsal, mm	27,0	26,3	4,4	0,614
Masse protéique, kg	4,07	3,96	0,56	0,542
Masse lipidique, kg	4,01	3,95	0,21	0,429
Jour 28				
Poids vif, kg	45,8	51,0	5,3	0,006
Épaisseur gras dorsal, mm	7,8	8,2	1,62	0,350
Épaisseur muscle dorsal, mm	33,8	38,7	5,2	0,004
Masse protéique, kg	7,55	8,62	0,92	0,002
Masse lipidique, kg	6,52	6,76	1,05	0,529
Performances				
Consommation, kg/j	1,76	1,96	0,22	0,014
Gain moyen quotidien, kg/j	0,678	0,886	0,11	<0,001
Efficacité alimentaire	0,385	0,455	0,056	<0,001
Protéine ingérée, g/j	266	302	33	0,003
Efficacité protéique	0,465	0,546	0,062	<0,001
Lysine DIS ingérée, g/j	9,17	14,98	1,50	<0,001
Dépôt protéique, g/j	124	167	19	<0,001
Dépôt lipidique, g/j	90	100	32	0,368
Protéine dans le gain, %	18,4	18,8	0,7	0,077
Efficacité de la lysine ³	1,07	0,83	0,10	<0,001

¹ ETR = Ecart type résiduel

² Contraste obtenu par analyse de variance, avec l'effet du niveau d'apport en effet fixe.

³ Rapport entre la Lys retenue et disponible, cette dernière étant la Lys ingérée moins celle utilisée pour l'entretien

Tableau 3 - Impact de l'apport en lysine sur les performances de croissance durant la phase 2

	Taux de lysine fournie par rapport aux besoins (%)			ETR ¹	Valeurs de P ²	
	70-70	70-100	100-100		70-70 vs 70-100	70-100 vs 100-100
Nombre d'observations	19	18	10			
Jour 28						
Poids vif, kg	45,4	46,2	51,0	5,3	0,691	0,018
Épaisseur gras dorsal, mm	7,72	7,81	8,21	1,62	0,848	0,444
Épaisseur muscle dorsal, mm	34,1	33,5	38,7	5,2	0,717	0,005
Masse protéique, kg	7,50	7,60	8,62	0,96	0,769	0,006
Masse lipidique, kg	6,39	6,66	6,76	1,11	0,446	0,801
Jour 55						
Poids vif, kg	66,1	74,1	78,6	8,1	0,002	0,125
Épaisseur gras dorsal, mm	11,0	11,6	11,4	2,2	0,389	0,834
Épaisseur muscle dorsal, mm	45,5	50,8	51,3	5,9	0,006	0,849
Masse protéique, kg	10,9	12,2	13,2	1,3	0,001	0,045
Masse lipidique, kg	11,0	12,7	12,8	2,5	0,027	0,957
Performances						
Consommation, kg/j	2,31	2,68	2,62	0,32	<0,001	0,538
Gain moyen quotidien, kg/j	0,740	0,998	0,984	0,127	<0,001	0,739
Efficacité alimentaire	0,320	0,373	0,378	0,030	<0,001	0,647
Protéine ingérée, g/j	318	371	374	45	<0,001	0,792
Efficacité protéique	0,384	0,454	0,436	0,045	<0,001	0,267
Lysine DIS ingérée, g/j	9,9	15,8	16,7	1,6	<0,001	0,112
Dépôt protéique, g/j	121	165	162	19	<0,001	0,613
Dépôt lipidique, g/j	164	217	215	59	0,004	0,926
Protéine dans le gain,%	16,5	16,6	16,5	1,1	0,748	0,849
Efficacité de la lysine	1,01	0,83	0,75	0,12	<0,001	0,055

¹ ETR = Ecart type résiduel² Contraste obtenu par analyse de variance, avec l'effet du niveau d'apport en effet fixe

2.2. Phase 2

Les porcs ayant été soumis au traitement 70-70 ont consommé moins d'aliments (14 % ; $P < 0,01$) que le groupe 70-100 ce qui a accentué la baisse de consommation en Lys DIS (40 % ; $P < 0,01$) et causé une diminution de la protéine ingérée (17 % ; $P < 0,01$; Tableau 3). Ces porcs ont également eu une baisse de leur GMQ (35 % ; $P < 0,05$), leur PD (36 % ; $P < 0,05$), leur LD (32 % ; $P < 0,05$) et une baisse de leur efficacité alimentaire (17 % , $P < 0,05$). À la fin de la deuxième phase, le PV, les masses protéiques et lipidiques et l'épaisseur du muscle dorsal étaient significativement inférieures ($P < 0,03$) chez les porcs ayant reçu la séquence 70-70 par rapport à la séquence 70-100 en accord avec les résultats antérieurs. Peu de différences ont été observées entre les variables de performance des porcs nourris avec les séquences 70-100 et 100-100. Seule la masse protéique différait ($P < 0,05$) entre ces deux séquences après cette deuxième phase d'alimentation.

2.3. Phase 3

Les porcs du traitement 70-100-70 avaient une consommation en Lys DIS et un PD inférieurs à ceux du traitement 70-70-100 et leur efficacité d'utilisation de la Lys était supérieure ($P < 0,05$; Tableau 4). En comparant les porcs ayant été soumis au traitement 70-70-70 avec les résultats combinés de ceux des traitements 70-70-100 et 70-100-70, le PV, l'épaisseur du muscle dorsal et la masse protéique à la fin de la phase étaient inférieurs chez les porcs du traitement 70-70-70 ($P < 0,05$). Ces derniers présentaient également une tendance à avoir un

GMQ et une efficacité alimentaire inférieurs ($P < 0,10$). En comparant les porcs du traitement 70-100-100 à ceux du traitement 100-100-100, aucune différence significative n'a été observée. Lorsque les porcs soumis aux traitements 70-100-100 et 100-100-100 étaient comparés aux porcs du traitement 70-70-100, le PV et la masse protéique étaient inférieurs chez les porcs du traitement 70-70-100 à la fin de la phase 3 ($P < 0,01$). De plus, ces derniers avaient également une CMJ et une consommation en Lys DIS et en protéine significativement inférieures ($P < 0,05$).

3. DISCUSSION

Une expérimentation réalisée en parallèle à la présente a démontré que les besoins en Lys des porcs en croissance sont bien estimés par le modèle utilisé dans cette étude (données non publiées). Pendant les trois phases d'alimentation, la baisse de protéines ingérées chez les animaux restreints est liée à la baisse de consommation d'aliment, les deux critères étant d'amplitude similaire (10 %). L'efficacité d'utilisation de la Lys était parfois supérieure à 1 ce qui serait le résultat d'une surestimation de la Lys retenue ou d'une sous-estimation de la Lys ingérée. La méthode d'estimation de l'efficacité étant la même pour tous les traitements, on peut donc supposer que les comparaisons sont valables.

3.1 Effet d'une déplétion en lysine

La baisse du GMQ, de l'efficacité alimentaire et du PD lors d'une restriction en Lys plus ou moins longue a été rapportée

Tableau 4 - Impact de l'apport en lysine sur les performances de croissance durant la phase 3

	Taux de lysine fournie par rapport aux besoins (%)					ETR ¹	Valeurs de P ²			
	1	2	3	4	5		Moment de la réplétion		Durée de la réplétion	
	70-70-70	70-70-100	70-100-70	70-100-100	100-100-100		2 vs 3	1 vs 2&3	4 vs 5	2 vs 4&5
Nombre d'observations	10	9	9	9	10					
Jour 55										
Poids vif, kg	64,0	68,5	71,8	76,4	78,6	8,31	0,343	0,037	0,519	0,004
Épaisseur gras dorsal, mm	10,7	11,3	10,9	12,3	11,4	2,3	0,666	0,602	0,366	0,526
Épaisseur muscle dorsal, mm	45,6	45,4	49,4	52,3	51,3	7,3	0,136	0,418	0,696	0,007
Masse protéique, kg	10,6	11,3	11,9	12,6	13,2	1,3	0,267	0,027	0,260	0,002
Masse lipidique, kg	10,5	11,5	12,0	13,5	12,8	2,6	0,667	0,158	0,523	0,095
Jour 82										
Poids vif, kg	85,1	94,8	94,9	105,8	106,4	11,3	0,978	0,011	0,872	0,004
Épaisseur gras dorsal, mm	13,4	15,3	14,4	15,9	15,8	3,5	0,533	0,231	0,906	0,647
Épaisseur muscle dorsal, mm	50,4	56,4	56,6	61,8	60,2	8,1	0,958	0,017	0,578	0,080
Masse protéique, kg	13,3	15,0	14,9	16,6	16,8	1,7	0,937	0,002	0,704	0,002
Masse lipidique, kg	18,6	20,3	20,7	23,5	23,1	4,7	0,823	0,204	0,825	0,061
Performances										
Consommation, kg/j	2,76	2,91	2,86	3,20	3,17	0,42	0,764	0,330	0,791	0,038
Gain moyen quotidien, kg/j	0,76	0,94	0,82	1,05	1,00	0,26	0,141	0,051	0,473	0,199
Efficacité alimentaire	0,273	0,317	0,288	0,327	0,315	0,061	0,113	0,054	0,533	0,819
Protéine ingérée, g/j	351	383	380	429	430	42	0,877	0,041	0,964	0,003
Efficacité protéique	0,368	0,387	0,389	0,403	0,414	0,090	0,034	0,117	0,237	0,449
Lysine DIS ingérée, g/j	10,2	16,2	11,6	18,5	18,7	1,6	<0,001	<0,001	0,701	<0,001
Dépôt protéique, g/j	97,5	131	108	145	132	38	0,036	0,020	0,211	0,458
Dépôt lipidique, g/j	289	313	311	358	369	106	0,951	0,461	0,775	0,123
Protéine dans le gain, %	12,9	14,1	13,1	13,8	13,2	1,4	0,090	0,166	0,252	0,256
Efficacité de la lysine	0,842	0,665	0,810	0,643	0,577	0,185	0,024	0,051	0,277	0,305

¹Ecart type résiduel²Contraste obtenu par analyse de variance, avec l'effet du niveau d'apport en effet fixe.

précédemment (O'Connell *et al.*, 2006 ; Kamalakar *et al.*, 2009 ; Zhang *et al.*, 2012). Pour ce qui est de la CMJ, une baisse de 30 % de l'apport en Lys a engendré une diminution de la CMJ d'environ 10 % dans les phases 1 et 2 de cette étude accentuant ainsi la baisse de consommation en Lys à 40 %. L'impact de l'apport en Lys sur la CMJ varie dans la littérature. Ainsi, dans certaines études, la restriction en Lys n'a pas eu d'impact sur la CMJ (Kamalakar *et al.*, 2009 ; Zhang *et al.*, 2012) alors que d'autres auteurs ont observé une diminution (Rodriguez-Sanchez *et al.*, 2011), ou encore, une augmentation de la CMJ (Fabian *et al.*, 2002 ; Yang *et al.*, 2008). Ces différences pourraient être en partie causées par le mode de restriction. Ainsi, certains auteurs ont étudié l'impact du niveau de Lys des aliments en modifiant le ratio maïs et soja. Dans cette méthode, même si la Lys est le premier AA limitant, elle comporte des changements nutritionnels importants qui peuvent aussi affecter la CMJ. Une autre méthode consiste à étudier l'effet du niveau de Lys des aliments en supplémentant un aliment dont le niveau de nutriments, autre que la Lys, excède les besoins des animaux (Rodriguez-Sanchez *et al.*, 2011). Cette deuxième méthode est celle utilisée dans cette étude et elle permet de mieux évaluer l'effet du niveau d'incorporation de la Lys puisque cet AA est le seul nutriment variant dans les aliments. Dans la présente étude, une carence en Lys s'est traduite par une diminution de la CMJ et ce en accord avec des études similaires (Martinez et Knabe, 1990 ; Rodriguez-Sanchez *et al.*, 2011).

3.2 Effet d'une réplétion suite à une déplétion en lysine

3.2.1 Effet de la durée de la réplétion

Les performances finales des porcs alimentés avec la séquence 70-100-100 n'étaient pas significativement différentes de celles des porcs alimentés avec la séquence 100-100-100. Les porcs du traitement 70-100-100 n'ont toutefois pas montré de GMQ ou de PD supérieurs suite à leur phase de déplétion, mais ils ont néanmoins rattrapé leur retard de croissance observé après la première période. L'effet compensatoire n'a donc pas été mis en évidence à l'intérieur des phases expérimentales individuelles. Cependant, le fait que les porcs aient su rattraper leur retard de croissance en termes de PV et de masse protéique corporelle permet de croire qu'une certaine compensation a eu lieu.

Les porcs ayant été soumis au traitement 70-70-100 ont eu une baisse importante de leurs performances de croissance puisque leur PV et leur masse protéique sont inférieurs de 10 % par rapport aux porcs du traitement 70-100-100 à la fin de l'expérimentation. Lors de la réplétion, les performances de croissance de ces porcs n'ont d'ailleurs pas augmenté suffisamment pour compenser leur retard de croissance. Durant la troisième phase, la CMJ et la consommation en Lys DIS sont significativement inférieures chez les 70-70-100 par rapport aux 70-100-100, alors que ces deux groupes recevaient le même traitement alimentaire durant cette période.

Ces résultats s'expliquent par le fait que les 70-70-100 avaient un PV inférieur aux 70-100-100 au début de cette phase. En effet, lorsque les performances sont exprimées par rapport au poids métabolique, aucune différence n'est observée pour ces critères (résultats non présentés).

3.2.2 Effet du moment de la réplétion

La comparaison des deux groupes de porcs ayant complété une phase de réplétion à la deuxième (70-100-70) ou à la dernière phase (70-70-100) ne montrait aucune différence significative sur leur masse protéique et leur PV à la fin de l'expérimentation. Une réplétion de 50 à 70 kg ou de 70 à 100 kg a donc le même impact sur les résultats finaux. Les différences observées entre ces deux groupes lors de la troisième phase sont donc associées aux traitements alimentaires durant cette phase. Cependant, à la différence des performances observées dans les autres phases lorsque les porcs consommaient des aliments fournissant 70 % ou 100 % de leurs besoins en Lys, le GMQ, la CMJ et l'efficacité alimentaire n'étaient pas différents entre ces deux groupes. Il est possible que la restriction alimentaire en Lys ait été moins importante que prévu en finition. Dans la méthode d'estimation des besoins, il est supposé que le gain de poids est composé de 16 % de protéine. Ceci était près des valeurs observées durant les deux premières phases, mais les porcs de 70 à 100 kg de PV ont plutôt déposé 13 % de protéine dans leur gain, indiquant que ces porcs ont reçu plus de Lys que prévu par rapport à leurs besoins. Une restriction inférieure à l'objectif pourrait donc expliquer en partie l'absence de

différences de performance entre les deux groupes. Il est également possible que, due à une restriction préalable de 25 à 50 kg, ces porcs étaient moins sensibles à la carence démontrant ainsi une certaine adaptation physiologique. Néanmoins, le PD était inférieur chez les porcs consommant 70 % de leurs besoins en Lys démontrant que ce critère demeure plus sensible à une restriction en Lys que le GMQ.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Une alimentation à 70 % des besoins en Lys cause une baisse d'environ 10 % de la CMJ, 25 % du GMQ et du PD et 15 % de l'efficacité alimentaire durant la phase de restriction. Lors de la réplétion, les porcs n'ayant été restreints qu'au cours de la première phase semblent avoir rattrapé leur retard de manière à atteindre un même poids et composition corporelle que les porcs n'ayant pas été restreints. Malgré le fait que l'effet compensatoire n'a pas été mis en évidence dans l'une ou l'autre des phases expérimentales, le fait que ces porcs aient rattrapé leur retard de croissance nous permet de croire qu'une certaine compensation, mais de faible amplitude, a eu lieu. Quant aux porcs subissant une restriction plus longue, ils n'ont pas été en mesure de rattraper leur retard.

Si d'autres études confirment ces résultats, une restriction en Lys pourrait permettre de diminuer les coûts d'alimentation sans avoir d'effet important sur les performances globales des porcs. D'autres études sont cependant nécessaires afin de confirmer ces résultats et mieux comprendre les mécanismes impliqués.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agriculture et Agroalimentaire Canada, 1993. Code de pratiques recommandées pour le soin et la manipulation des animaux de ferme – Porcs. Publ. No. 1898E., Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, ON.
- Association of Official Analytical Chemists, 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. Washington DC: AOAC 777.
- Calder A.G., Garden K.E., Anderson S.E., Lobleby G.E., 1999. Quantification of blood and plasma aminoacids using isotope dilution electron impact gas chromatography/mass spectrometry with U-13C aminoacids as internal standard. Rapid Commun. Mass Spectrom., 2080-2083.
- Chiba L.I., Kuhlers D.L., Frobish L.T., Jungst S.B., Huff-Lonergan E.J., Lonergan S.M., Cummins K.A., 2002. Effect of dietary restrictions on growth performance and carcass quality of pigs selected for lean growth efficiency. Livest. Prod. Sci., 74, 93-102.
- Conseil canadien de protection des animaux. 1993. Guide sur le soin et l'utilisation des animaux de laboratoire. Vol. 1., Conseil canadien de protection des animaux, Ottawa, ON.
- Fabian J., Chiba L.I., Kuhlers D.L., Frobish L.T., Nadarajah K., Kerth C.R., McElhenney W.H., Lewis A.J., 2002. Degree of amino acid restrictions during the grower phase and compensatory growth in pigs selected for lean growth efficiency. J. Anim. Sci., 80, 2610-2618.
- Fabian J., Chiba L.I., Frobish L.T., McElhenney W.H., Kuhlers D.L., Nadarajah K., 2004. Compensatory growth and nitrogen balance in grower-finisher pigs. J. Anim. Sci., 82, 2579-2587.
- Hauschild L., Lovatto P.A., Pomar J., Pomar C., 2012. Development of sustainable precision farming systems for swine: Estimating real-time individual amino acid requirements in growing-finishing pigs. J. Anim. Sci., 90, 2255-2263.
- Jondreville C., Dourmad J.Y., 2005. Phosphorus in pig nutrition. Inra Prod. Anim., 18, 183-192.
- Kamalakar R.B., Chiba L.I., Divakala K.C., Rodning S.P., Welles E.G., Bergen W.G., Kerth C.R., Kuhlers D.L., Nadarajah N.K., 2009. Effect of the degree and duration of early dietary amino acid restrictions on subsequent and overall pig performance and physical and sensory characteristics of pork. J. Anim. Sci., 87, 3596-3606.
- Martinez G.M., Knabe D.A., 1990. Digestible lysine requirement of starter and grower pigs. J. Anim. Sci., 68, 2748-2755.
- O'Connell M.K., Lynch P.B., O'Doherty J.V., 2006. The effect of dietary lysine restriction during the grower phase and subsequent dietary lysine concentration during the realimentation phase on the performance, carcass characteristics and nitrogen balance of growing-finishing pigs. Livest. Sci., 101, 169-179.
- Pomar C., Rivest J., 1996. The effect of body position and data analysis on the estimation of body composition of pigs by dual energy x-ray absorptiometry (DEXA). Proceedings of the 46th Annual conference of the Canadian Society of Animal Science (Abstr.), p. 26.
- Reynolds A.M., O'Doherty J.V., 2006. The effect of amino acid restriction during the grower phase on compensatory growth, carcass composition and nitrogen utilisation in grower-finisher pigs. Livest. Sci., 104, 112-120.
- Rodriguez-Sanchez J.A., Sanz M.A., Blanco M., Serrano M.P., Joy M., Latorre M.A., 2011. The influence of dietary lysine restriction during the finishing period on growth performance and carcass, meat, and fat characteristics of barrows and gilts intended for dry-cured ham production. J. Anim. Sci., 89, 3651-3662.
- Sauvant D., Perez J.M., Tran G., 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage: porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. Éditions INRA, Paris, France, 301 p.
- Yang Y.X., Jin Z., Yoon S.Y., Choi J.Y., Shinde P.L., Piao X.S., Kim B.W., Ohh S.J., Chae B.J., 2008. Lysine restriction during grower phase on growth performance, blood metabolites, carcass traits and pork quality in grower finisher pigs. Acta Agr. Scand. A - An., 58, 14-22.
- Zhang G.H., Pomar C., Pomar J., Del Castillo J.R.E., 2012. L'alimentation de précision chez le porc charcutier: estimation des niveaux dynamiques de lysine digestible nécessaires à la maximisation du gain de poids. Journées Rech. Porcine, 44, 171-176.