

Effets des conditions de granulation des aliments sur les performances des porcs en engraissement

Didier GAUDRÉ (1), Nathalie QUINIOU (1), David GUILLOU (2), Thierry MENER (3), Maud LE GALL (4), Alice HAMARD (5), Arnaud SAMSON (6), Sandy ROUCOUSE (7), Fabrice PUTIER (7), Stephan ROUVERAND (8)

(1) IFIP-Institut du Porc, La Motte au Vicomte, 35650 Le Rheu, France

(2) MIXSCIENCE, 2-4 avenue de Ker Lann, CS 17228, 35172 Bruz, France

(3) Cooperl Arc Atlantique, 1 rue de la gare, 22640 Plestan, France

(4) Provimi Cargill France, Parc d'activités de Ferchaud, 35320 Crévin, France

(5) CCPA, ZA du bois de Teillay, 35150 Janzé, France

(6) Neovia, Rue Eglise, 02400 Chierry, France

(7) Tecaliman, 2 impasse Fontaine, 44300 Nantes, France

(8) Valorial, 8 rue Gournerie, 35000 Rennes, France

didier.gaudre@ifip.asso.fr

Avec la collaboration des personnels de la station IFIP de Romillé (35)
et de l'atelier de fabrication d'aliments de l'INRAE Saint-Gilles (35)

Effets des conditions de granulation des aliments sur les performances des porcs en engraissement

Cette étude s'inscrit dans le prolongement de travaux menés sur l'effet de la granulation sur l'utilisation digestive de l'énergie de la ration chez le porc à l'engrais. Le premier essai porte sur l'effet de la granulation et de la température de granulation d'un aliment composé de matières premières dont l'utilisation digestive est améliorée par la granulation. Un même régime est comparé sous forme de farine (FAR) et de granulés préparés à basse (R1) et haute (R2) température sur 72 mâles castrés élevés en case individuelle. Le second essai compare l'effet de la température de granulation et de la composition de l'aliment sur la base de quatre régimes distribués à 2 x 128 mâles castrés et femelles (32 cases de quatre porcs). Les régimes R1 et R2 précédents, formulés à 9,5 MJ d'énergie nette (EN)/kg, sont comparés à deux autres régimes (R3 et R4) granulés à température haute et formulés pour une teneur en EN de 9,8 MJ/kg. Le régime R3 contient des matières grasses en plus des matières premières déjà incorporées dans R1 et R2. Le régime R4 est formulé à partir de matières premières répondant peu ou pas à la granulation. Le régime R1 permet d'obtenir un indice de consommation amélioré de 5% par rapport au régime FAR (essai 1) et des performances équivalentes au régime R4 (essai 2). La granulation à haute température (R2) ne permet pas de gain de performances par rapport à celles obtenues avec le régime FAR (essai 1), tandis que l'ajout de matières grasses dans ces conditions (R3) affecte négativement la composition corporelle (essai 2).

Influence of processing conditions of pellets on performance of growing-finishing pig

This study followed research assessing the improvement of energy digestibility due to diet pelleting on the growing-finishing pig. The first trial focused on pelleting and pelleting temperature effects on a diet composed of raw materials whose energy digestibility was previously assessed to be improved by pelleting. The same diet was compared in the form of meal (FAR) and pellets conditioned at low (R1) and high (R2) temperature on 72 castrated males reared in individual cases. In the second trial, two batches of 128 castrated males (32 pens, 4 pigs/pen) and gilts were used to characterise the effects of pelleting temperature and diet composition. Diets R1 and R2 of the trial 1 were used again and compared to two other diets (R3 and R4) pelleted at high temperature and formulated for a higher net energy content than R1 and R2 (9.8 vs 9.5 MJ/kg). Fat was incorporated in diet R3 in addition to the raw materials already incorporated in R1 and R2. Formulation of diet R4 was performed with feedstuffs whose energy digestibility was not improved by pelleting. Feed conversion ratio was improved by 5% with R1 compared to the FAR diet (trial 1) and performances were equivalent to those obtained with diet R4 (trial 2). In contrast, similar performances were obtained with the high pelleting temperature (R2) and the FAR diet (trial 1), while the addition of fat in such conditions (R3) impaired the body composition (trial 2).

INTRODUCTION

La granulation des aliments est une pratique courante pour la production porcine. Les granulés sont obtenus à partir d'un aliment sous forme de farine, chauffée et humidifiée par ajout de vapeur d'eau, avant d'être introduite dans une filière constituée d'un anneau métallique équipé de canaux radiants. La farine est conduite sous pression par action mécanique à travers ces canaux desquels elle ressort sous forme de granulés. La densité de l'aliment augmente et les particules sont ainsi agglomérées. A l'action thermique initiale lors de la préparation de la farine, s'ajoute une action mécanique et thermique lors du passage de l'aliment dans la filière. Cependant, l'effet de la granulation sur l'utilisation digestive de l'aliment n'est pas suffisamment connu pour être pris en compte dans les tables de valeur alimentaire des matières premières qui se rapportent plutôt à des aliments sous forme de farine (Noblet *et al.*, 2003).

Cette étude s'inscrit dans le prolongement de travaux menés par Labussière *et al.* (2020) portant sur les effets induits de la granulation à basse et haute température sur l'utilisation digestive et métabolique de l'azote et de l'énergie chez le porc en croissance de deux aliments formulés à partir de matières premières se différenciant par leur comportement à la granulation. Nos travaux visent à caractériser les conséquences sur les performances d'élevage et les caractéristiques des carcasses, de la granulation des aliments à basse et haute température, dont la composition fait essentiellement appel à des matières premières réagissant favorablement à la granulation (Labussière, données non publiées).

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Dispositif expérimental

Les porcs expérimentaux sont issus de truies croisées Large-White × Landrace et de verrats Piétrain. L'étude est composée de deux essais réalisés à la station IFIP de Romillé (35). Les régimes sont composés chacun d'un aliment croissance et d'un aliment finition formulés, respectivement, pour des porcs de 25 à 65 kg et de 65 à 120 kg de poids vif. Les aliments sont fabriqués par l'INRAE Saint-Gilles (35) en veillant à utiliser pour tous les régimes les mêmes lots de matières premières.

Dans le 1^{er} essai, un régime farine (FAR), un régime granulé à basse température (R1) et un régime granulé à haute température (R2) sont comparés sur un total de 72 porcs mâles castrés logés en case individuelle et conduits en deux bandes. Les régimes sont de même composition et formulés à base de blé, de tourteau de colza et de pois (Tableau 1).

Dans le 2^{ème} essai, quatre régimes granulés sont comparés à partir de deux bandes de 32 cases de quatre porcs dans lesquelles les mâles castrés et les femelles sont élevés séparément. Les régimes R1 et R2 sont également utilisés dans l'essai 2. Les deux autres régimes (R3 et R4) sont granulés à température haute, et formulés pour présenter une teneur en énergie nette (9,8 MJ/kg) plus élevée que R1 et R2 (9,5 MJ/kg). Les valeurs alimentaires des matières premières des tables INRA (Sauvant *et al.*, 2004) sont utilisées pour la formulation de tous les régimes. Le régime R3 contient des matières grasses en plus des matières premières déjà incorporées dans R1 et R2. Le régime R4 est formulé à partir de matières premières répondant peu ou pas à la granulation. La température de granulation est contrôlée lors de la préparation de la farine avant son

introduction dans la filière (température de préparation) puis est mesurée en sortie de filière. Les températures moyennes enregistrées sont présentées dans le tableau 1. Lors de la 2^{ème} bande, la température de préparation des aliments haute température est réduite de 5°C afin de réduire le taux d'humidité des granulés et faciliter leur conservation et leur utilisation. La teneur en lysine digestible des aliments croissance et finition est identique pour tous les régimes ; respectivement, 8,2 et 6,9 g/kg. Les teneurs minimales en méthionine, méthionine + cystine, thréonine, tryptophane et valine digestibles de tous les aliments, respectent les ratios habituellement recommandés ; respectivement, 30, 60, 65, 19 et 70% de la teneur en lysine digestible. Un plan de rationnement est appliqué afin de distribuer les mêmes quantités d'acides aminés digestibles pour tous les régimes. Il est calculé à partir du poids vif initial (correspondant à 4% du poids moyen de la case ou au poids individuel au début de l'essai) et suit une progression de 27 g/j jusqu'à un plafond de 2,5 kg quel que soit le sexe. Les quantités d'aliments distribués sont ajustées en fonction du taux de matière sèche contrôlé de façon hebdomadaire en prenant pour référence le taux de matière sèche de l'aliment FAR. Les porcs sont mis en lots à l'entrée en engraissement selon un plan en bloc complet en fonction de leur poids individuel et leur sexe en cases collectives, de leur poids individuel en cases individuelles. Ils sont conduits en moyenne, de 31 à 112 kg de poids vifs moyens en cases collectives, et de 29 à 104 kg en cases individuelles. En cases individuelles, le poids d'abattage est volontairement choisi plus léger afin de ne pas détériorer l'équipement des cases avec des animaux trop lourds. D'autre part, toujours en cases individuelles, les conditions d'abattage ont différé selon les deux bandes mises en œuvre. Au cours de la 1^{ère} bande, tous les porcs ont été abattus le même jour et précocement afin d'éviter une surcharge de travail en période estivale. Lors de la 2^{ème} bande, les porcs logés en cases individuelles ont été abattus en trois fois lorsqu'ils atteignaient le poids d'abattage objectif sans tenir compte du régime auquel ils étaient soumis.

1.2. Mesures

Les porcs sont pesés individuellement toutes les trois semaines. Les quantités d'aliments distribués et les éventuels refus sont enregistrés quotidiennement. Les événements sanitaires et les interventions thérapeutiques sont également notés. Les porcs sont abattus lorsqu'ils atteignent l'objectif de poids vif d'environ 110-115 kg en cases collectives et de 100-105 kg en cases individuelles. A l'abattage, les données de classement des carcasses comprenant le poids de la carcasse entière avant refroidissement, le rendement de carcasse calculé comme le rapport entre ce poids de carcasse et le poids vif mesuré avant abattage, le taux de muscle des pièces (TMP) calculé à partir des mesures d'épaisseurs de gras (G3 et G4) et de muscle (M3 et M4) sont enregistrées. Les pourcentages de muscle et de gras des demi-carcasses gauches présentées sans tête, sans queue ni panne et récupérées le lendemain de l'abattage après refroidissement, sont mesurés à l'aide d'un scanner à rayons X (Monziols *et al.*, 2014). Le scanner réalise des images en coupe transversale de la carcasse espacées de 3 mm. Ces images sont composées de pixels de 1 mm². Chaque pixel est caractérisé par la valeur d'un signal (exprimé en unités hounsfield (HU)) représentatif du degré d'absorption des rayons X) et permettant de différencier les tissus osseux (>120 HU), des tissus musculaires (de 0 à 120 HU) et des tissus gras (de -500 HU à -1 HU). Les volumes de tissus musculaires et gras sont

convertis en poids en considérant des densités respectives de 1,04 et 0,95 pour ces deux tissus. Le poids des os est calculé par différence entre le poids de la demi-carcasse et les poids des tissus gras et musculaires. Les pourcentages de muscle (MUSCAN) et de gras (GRASCAN) sont calculés à partir des poids de muscle, de gras et d'os.

1.3. Analyses statistiques

Le logiciel SAS (v9.4, SAS Inst. Inc., Cary, NC) est utilisé pour réaliser les analyses statistiques. Pour le 1^{er} essai, le porc constitue l'unité expérimentale. Les performances zootechniques et les caractéristiques de carcasse selon les régimes sont comparées par analyse de variance (procédure GLM) en prenant en compte les effets du régime, de la bande, du bloc et de l'interaction entre bande et régime. Pour le 2^{ème} essai, la case constitue l'unité expérimentale et l'analyse de variance prend dans ce cas en compte les effets du régime, de la bande, du bloc, du sexe et des interactions entre régime et bande et régime et sexe. Les comparaisons de moyennes deux à deux sont effectuées à l'aide du test de Tukey.

Tableau 1 – Composition et caractéristiques nutritionnelles des régimes

Régimes	FAR	R1	R2	R3	R4
Composition^{1,2}, %					
Blé		67		64	
Maïs					65
Pois		15		14	
Son		7		7	
Remoulage					18
Tourteau de soja					14
Tourteau de colza		9		10	
Huile				2	
Caractéristiques nutritionnelles estimées^{1,3}					
Protéines			14,8		
Matières grasses		1,6		3,4	3,3
Cellulose brute		4,0		4,1	3,5
Matières minérales		4,5		4,5	4,6
Amidon		48,4		46,7	46,7
Energie nette		9,5		9,8	9,8
Lysine digestible			7,3		
Phosphore digestible			2,0		
Températures de granulation⁴, °C					
1	Sortie préparateur	43	80	80	80
	Sortie presse	68	74	71	74
2	Sortie préparateur	45	74	75	75
	Sortie presse	67	74	70	71

¹Calculées à partir de 35% d'aliment croissance et de 65% d'aliment finition

²Minéraux, vitamines et acides aminés introduits à hauteur de 2,5% dans tous les aliments

³Protéines, matières grasses, cellulose brute, matières minérales et amidon en %, énergie nette en MJ/kg, lysine et phosphore digestibles en g/kg

⁴Températures de préparation avant introduction dans la filière et en sortie de filière, 1, 2 = 1^{ère} et 2^{ème} bande

⁵diamètre des granulés : 4,5 mm, épaisseur comprimante de la filière : 10 cm, débit horaire : 1,25 T

2. RESULTATS

En raison d'une interaction significative ($P < 0,05$) entre régime et bande pour le poids et le rendement carcasse dans l'essai 1, pour l'épaisseur de muscle M3 et le pourcentage de muscle de la carcasse MUSCAN dans l'essai 2, les résultats sont présentés

par bande (Tableaux 2 et 3) pour les critères de performances zootechniques et les caractéristiques de carcasse.

2.1. Comparaison des régimes FAR, R1 et R2 (essai 1)

Lorsque l'on cumule les données des deux bandes, le régime R1 améliore significativement la vitesse de croissance (+5,1%) et l'indice de consommation (-4,7%) par rapport aux régimes FAR et R2 ; on obtient respectivement pour les régimes R1, FAR et R2 : 807, 766 et 771 g/j pour la vitesse de croissance et, 2,61, 2,76 et 2,72 kg/kg pour l'indice de consommation. Ces écarts se produisent essentiellement en période de croissance (du début de l'essai à 6 semaines d'engraissement) car il n'y a pas d'effet des régimes en finition (de 6 semaines d'engraissement à l'abattage). En période de croissance, toujours sur la base des données des deux bandes, le régime R1 présente une amélioration significative de la vitesse de croissance de 9% et de l'indice de consommation de 8% par rapport au régime FAR. Ces mêmes écarts sont significatifs entre les régimes R1 et R2, avec 6% pour la vitesse de croissance et 5% pour l'indice de consommation.

L'interaction significative entre régime et bande pour le poids de carcasse dans l'essai 1 est liée aux conditions d'abattage et à la vitesse de croissance plus élevée des porcs R1. Le poids d'abattage est significativement différent entre les deux bandes, la bande 1 ayant été abattue précocement alors que la bande 2 a séjourné plus longtemps en engraissement (respectivement 89 et 104 jours). De plus, les porcs de la bande 1 ont été abattus en une seule fois alors que les porcs de la bande 2 l'ont été en trois fois. Dans ce cas, les porcs les plus lourds quel que soit leur régime sont abattus en premier. L'interaction signale en définitive que les porcs R1 de la bande 2 sont abattus au même poids que les porcs des deux autres régimes, ce qui n'est pas le cas au cours de la bande 1. L'interaction entre régime et bande est également significative pour le rendement de carcasse. Cependant le test de Tukey ne met en évidence aucune différence significative entre les trois régimes pour le rendement comme pour le poids carcasse. Sur le plan des caractéristiques de composition corporelle, les proportions de gras et de muscle des carcasses ne sont significativement pas différentes selon les régimes, quelle que soit la méthode employée pour les estimer.

2.2. Comparaison des régimes R1, R2, R3 et R4 (essai 2)

Lorsque l'on cumule les données des deux bandes, l'effet du régime est significatif pour la vitesse de croissance et l'indice de consommation quelle que soit la période (croissance ou finition) considérée (Tableau 3). Le test de Tukey met en évidence une différence significative de la vitesse de croissance en période de croissance dans la bande 2 ; le régime R1 présente une amélioration significative de la vitesse de croissance de 7% par rapport au régime R2. Dans la bande 1, la vitesse de croissance des porcs du régime R1 est significativement supérieure à celle des porcs du régime R3 en période de finition (+8%) et sur la totalité de la période d'engraissement (+5%), et l'indice de consommation est amélioré de 8% en période de finition pour R1 par rapport à R3. L'interaction entre régime et sexe est significative en période de finition pour la vitesse de croissance et l'indice de consommation. Dans ce cas, l'observation des moyennes par sexe et par bande indique que la différence entre régimes R1 et R3 semble essentiellement due aux mâles castrés au cours de la bande 1.

Tableau 2 – Comparaison des performances zootechniques et des caractéristiques de carcasse selon les régimes FAR, R1 et R2

	Bande 1			Bande 2			Statistiques ¹	
Régimes	FAR	R1	R2	FAR	R1	R2	ETR	Effets
Poids début, kg	29,3			29,2			0,3	B*, B1**
Période de croissance, du début de l'essai à 6 semaines d'engraissement								
GMQ ² , g/j	684 ^b	754 ^a	709 ^{ab}	713 ^b	773 ^a	725 ^{ab}	47	R**
IC ² , kg/kg	2,42 ^b	2,19 ^a	2,29 ^{ab}	2,34	2,17	2,28	0,15	R**
Période de finition, de 6 semaines à la fin de l'essai								
GMQ ² , g/j	797	805	780	836	880	845	69	B**
IC ² , kg/kg	3,04	3,04	3,11	2,98	2,86	2,95	0,26	B**
Période totale								
Poids final, kg	95,3	98,7	95,8	112,7	112,6	113,1	3,5	B**
CMJ ² , kg/j	2,05	2,05	2,04	2,16	2,14	2,15	0,02	B**, B1**
GMQ ² , g/j	744	780	746	787	834	796	48	R*, B**
IC ² , kg/kg	2,77	2,64	2,74	2,75	2,59	2,71	0,18	R*
Caractéristiques de carcasse								
Poids carcasse, kg	74,5	78,1	75,4	91,3	90,0	91,4	3,2	RxB*, B**
Rendement carcasse, %	78,1	79,1	78,7	80,9	79,9	80,8	1,2	RxB*, B**
TMP ² , %	60,8	61,0	61,1	62,5	61,2	61,2	1,7	
G3 ² , mm	11,8	11,2	10,9	11,1	13,7	13,5	2,7	B*
M3 ² , mm	65,6	66,3	65,4	77,6	78,3	78,8	5,7	B**
MUSCAN ² , %	67,8	67,0	67,7	66,4	66,3	66,1	2,7	
GRASCAN ² , %	22,9	23,3	22,7	22,6	23,3	23,4	2,8	

¹ A partir de l'analyse de variance de l'effet du régime (R), de la bande (B), du bloc (B1) et de l'interaction entre régime et bande (R × B); ETR = écart-type résiduel; niveaux de signification : * : P < 0,05 ** : P < 0,01. Les données présentées correspondent aux moyennes ajustées, des lettres différentes pour un même critère indiquent que les moyennes intra-bandes sont significativement différentes selon le test de Tukey au seuil de 5%. ² GMQ = gain moyen quotidien, CMJ = consommation moyenne journalière, IC = indice de consommation, TMP = taux de muscle des pièces, M3 = épaisseur de muscle, G3 = épaisseur de lard, MUSCAN = pourcentage de muscle de la demi-carcasse estimé par scanner, GRASCAN = pourcentage de gras de la demi-carcasse estimé par scanner.

Aucun effet significatif du régime n'est observé en ce qui concerne le poids et le rendement carcasse, ainsi que pour le TMP et l'épaisseur de lard G3. L'épaisseur de muscle M3 ne présente pas de différence significative entre les régimes au cours de la bande 1. Mais dans la bande 2, le M3 des porcs du régime R3 est significativement plus faible que ceux des porcs des régimes R2 et R4. Le pourcentage MUSCAN est significativement détérioré pour les carcasses du régime R3 comparativement aux carcasses des autres régimes au cours de la bande 1. C'est encore le cas dans la bande 2 entre le régime R3 d'une part et les régimes R1 et R2 d'autre part. Dans cette bande, le pourcentage MUSCAN des carcasses du régime R4 est significativement détérioré par rapport aux carcasses du régime R1. Le pourcentage GRASCAN est significativement plus élevé pour les carcasses du régime R3 comparativement à celles du régime R2 dans la bande 1, tandis que ceux des régimes R1 et R4 sont intermédiaires. Dans la bande 2, ce pourcentage est significativement plus élevé entre les carcasses du régime R3 d'une part, et celles des régimes R1 et R2 d'autre part, ainsi qu'entre les carcasses du régime R4 et celles du régime R1.

3. DISCUSSION

La granulation des aliments associant blé, tourteau de colza et pois, améliore les performances zootechniques des porcs mâles castrés, lorsque la température de préparation de la farine avant granulation est limitée à 45°C. Avec une température de 75 ou 80°C, les performances sont diminuées et deviennent très proches de celles obtenues avec la farine.

Ces écarts de performances sont observés avant 65 kg de poids vif. Nos résultats indiquent cependant qu'il n'y pas d'incidence de la granulation et de la température de préparation avant la granulation avec cette composition d'aliment sur les caractéristiques de carcasse des porcs mâles castrés.

Les résultats de l'essai 2 associant mâles castrés et femelles confirment le caractère précoce de la réponse des animaux et l'absence d'incidence sur les caractéristiques de carcasse. L'aliment formulé avec ces matières premières et granulé à basse température permet d'obtenir des performances zootechniques et des caractéristiques de carcasse identiques voire supérieures à celles obtenues avec ce même aliment additionné de 2% de matières grasses (représentant un écart de 0,3 MJ d'EN par kg) puis granulé à haute température. Ainsi, les performances zootechniques sont réduites en période de finition (lorsque la température de préparation avant granulation atteint 80°C) et le taux de muscle des carcasses mesuré au scanner est dégradé, que la température de préparation soit de 75 ou de 80°C.

De même, l'aliment mentionné ci-dessus, granulé à basse température permet des performances équivalentes à un aliment granulé à haute température, composé de maïs, de tourteau de soja et de remoulage de blé, malgré un écart de concentration énergétique de 0,3 MJ EN/kg. De plus, les résultats sont également favorables au granulé basse température dans ce cas sur le plan de la composition corporelle des carcasses.

La variabilité de la réponse à la granulation est bien mise en évidence à la lecture de la bibliographie tant qu'ancienne que

Tableau 3 – Comparaison des performances zootechniques et des caractéristiques de carcasse selon les régimes R1, R2, R3 et R4

	Bande 1				Bande 2				Statistiques ¹	
Régimes	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	ETR	Effets
Poids début, kg	31,5				30,8				0,8	B**, BI**, S**
Période de croissance, du début de l'essai à 6 semaines d'engraissement										
GMQ ² , g/j	766	722	765	756	777 ^a	727 ^b	744 ^{ab}	754 ^{ab}	31	R**, BI**
IC ² , kg/kg	2,30	2,35	2,28	2,26	2,23	2,36	2,30	2,27	0,09	R*
Période de finition, de 6 semaines à la fin de l'essai										
GMQ ² , g/j	877 ^a	854 ^{ab}	813 ^b	846 ^{ab}	837	835	835	830	31	R×S**, R*
IC ² , kg/kg	2,81 ^a	2,88 ^{ab}	3,04 ^b	2,91 ^{ab}	2,99	2,99	3,00	3,01	0,11	R×S**, R*, B**, BI*
Période totale										
Poids final, kg	111,5	109,9	108,6	110,3	113,9	113,5	113,3	113,9	2,4	B**, BI**
CMJ ² , kg/j	2,13	2,13	2,14	2,12	2,18	2,18	2,16	2,18	0,02	B**, BI**, S**
GMQ ² , g/j	830 ^a	798 ^{ab}	792 ^b	807 ^{ab}	812	791	799	800	23	R**, BI**, S*
IC ² , kg/kg	2,60	2,67	2,72	2,64	2,69	2,76	2,73	2,73	0,08	R*, B**, S**
Caractéristiques de carcasse										
Poids carcasse, kg	86,5	85,8	84,7	85,9	91,0	90,1	89,8	90,7	1,9	B**, BI**
Rendement carcasse, %	77,6	78,2	78,0	77,9	79,7	79,5	79,3	79,6	0,7	B**
TMP ² , %	61,7	62,1	61,4	61,7	62,3	62,5	61,5	61,9	0,9	BI*, S**
G3 ² , mm	12,0	10,8	12,3	11,2	10,9	11,1	11,5	12,0	1,3	S*
M3 ² , mm	73,7	72,6	73,8	71,5	73,8 ^{ab}	75,7 ^a	71,3 ^b	76,1 ^a	2,7	R×B**, BI**, S**
MUSCAN ² , %	68,4 ^a	68,7 ^a	66,4 ^b	68,9 ^a	68,1 ^a	67,8 ^{ab}	65,5 ^c	66,2 ^{bc}	1,2	R×B*, R**, B**, S**
GRASCAN ² , %	21,5 ^{ab}	21,2 ^a	23,4 ^b	21,6 ^{ab}	20,9 ^a	21,5 ^{ab}	23,6 ^c	23,1 ^{bc}	1,3	R**, S**

¹ A partir de l'analyse de variance de l'effet du régime (R), de la bande (B), du bloc (BI), du sexe (S) et des interactions entre régime et bande (R × B) et entre régime et sexe (R × S); ETR = écart-type résiduel; niveaux de signification : * : P < 0,05, ** : P < 0,01. Les données présentées correspondent aux moyennes ajustées, des lettres différentes pour un même critère indiquent que les moyennes intra-bandes sont significativement différentes selon le test de Tukey au seuil de 5%.

² GMQ = gain moyen quotidien, CMJ = consommation moyenne journalière, IC = indice de consommation, TMP = taux de muscle des pièces, M3 = épaisseur de muscle, G3 = épaisseur de lard, MUSCAN = pourcentage de muscle de la demi-carcasse estimé par scanner, GRASCAN = pourcentage de gras de la demi-carcasse estimé par scanner.

récente. Ainsi Quéméré *et al.* (1988) constatent une amélioration importante des performances (+10%) de croissance et d'efficacité alimentaire qu'ils comparent à la synthèse de Vanschoubroek *et al.* (1971). Ces derniers à partir de la compilation de 26 essais concluent à une augmentation de GMQ de 4,4% et une réduction de l'indice de consommation de 5,1%, mais indiquent qu'une grande disparité des résultats est également observée. Pour expliquer cette variabilité, Quéméré *et al.* (1988) évoquent plusieurs pistes dont la technologie de fabrication, la nature de la céréale employée et considèrent que la granulation améliore l'utilisation digestive voire métabolique des régimes alimentaires en s'appuyant sur les travaux de nombreux auteurs, dont notamment, Aumaître *et al.* (1977), Bertrand *et al.* (1977) et Skoch *et al.* (1983). Plus récemment, Longpré *et al.* (2016) observent une amélioration de la vitesse de croissance de 2,6% en croissance et de 3,9% en finition, et de l'indice de consommation de 6,0 et de 10,3%, respectivement au cours de ces deux périodes. Il en est de même des résultats de Nemechek *et al.* (2015) avec +3,0 et -6,0% d'amélioration respective de la vitesse de croissance et de l'indice de consommation pour des porcs de 50 kg de poids vif initial. Overholt *et al.* (2016) parviennent à des chiffres similaires avec +3,2 et -5,0% respectivement chez des porcs de 26 kg suivis pendant 13 semaines. Enfin De Jong *et al.* (2016) obtiennent une amélioration de 5,0% de l'indice de consommation mais la granulation est sans effet sur la vitesse de croissance. Dans ce cas le couple temps/température appliquée avant granulation est de 74°C pendant 45 s. La durée de traitement thermique est

plus courte (20 s) dans les travaux de Nemechek *et al.* (2015) pour une température proche (71°C). Il est à noter que la température de traitement des aliments n'est pas toujours indiquée dans les publications et lorsque c'est le cas, il n'est pas fait mention du respect ou non de ces consignes. Skoch *et al.* (1983) donnent des indications précises sur ces valeurs et présentent les températures obtenues après ajout de vapeur puis en sortie de filière.

La composition des aliments est également peu variable dans le cas des publications récentes qui portent surtout sur l'étude de régimes maïs-soja. Cependant, Overholt *et al.* (2016) utilisent des drèches de maïs pour une partie des régimes étudiés et mettent en évidence une interaction entre composition des aliments et granulation pour la consommation d'aliment et l'indice de consommation.

Sur le plan de la composition des carcasses, certaines études concluent à l'absence d'incidence de la granulation sur les caractéristiques de carcasse (De Jong *et al.*, 2016). D'autres observent des différences; augmentation de l'épaisseur de lard et diminution du taux de muscle (Overholt *et al.*, 2016), carcasses plus grasses mais seulement avec le régime enrichi en matières grasses (Nemechek *et al.*, 2015). Ces considérations confirment que la nature des matières premières employées et les conditions de granulation et notamment de traitement thermique sont des facteurs majeurs de la performance des animaux nourris avec des granulés. La granulation induit des effets sur la valeur nutritionnelle des aliments (acides aminés digestibles et énergie digestible voire énergie nette) qu'il est

nécessaire de clarifier pour permettre une pleine exploitation des atouts de ce procédé pour la formulation des aliments porcs.

CONCLUSION

La granulation des aliments contribue à l'amélioration des performances des porcs en engraissement. Nos données indiquent une amélioration de 5% de l'indice de consommation et de la vitesse de croissance chez des mâles castrés avec un aliment granulé à basse température et composé de matières premières métropolitaines. L'accroissement de la température de granulation au-delà conduit à une détérioration des résultats et milite pour un meilleur contrôle de ce paramètre en

conditions de fabrication, malgré que cet accroissement permette d'augmenter le débit de production des granulés lors de la fabrication d'aliment. Nos résultats indiquent également que la granulation ainsi maîtrisée permet de compenser un écart de 0,3 MJ/kg d'équivalent en énergie nette. Enfin nos observations sur les carcasses suggèrent des modifications de la valeur nutritionnelle des aliments liées à la granulation qu'il sera nécessaire de préciser dans des travaux ultérieurs.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme DY+Pig, financé par les Régions Bretagne et Pays de la Loire (FEADER Union Européenne) et animé par Valorial.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aumaître A., Melcion J.P., Vaissade P., Peiniau J., 1977. L'agglomération des aliments de sevrage précoce du porcelet : conséquences nutritionnelles de la technologie de préparation. Journées Rech. Porcine, 9, 211-215.
- Bertrand G., Chauvel J., Quéméré P., 1977. L'utilisation comparée de deux présentations (farine et granulé) et de trois céréales (orge, blé, maïs) par le porcelet sevré précocement. Bulletin ITP, n°6/77, 27-38.
- De Jong J. A., DeRouchey J. M., Tokach M. D., Dritz S.S., Goodband R. D., Woodworth J. C., Allerson M. W., 2016. Evaluating pellet and meal feeding regimens on finishing pig performance, stomach morphology, and carcass characteristics. J. Anim. Sci. 94: 4781-4788.
- Labussière E., Rouchouse S., Gaudré D., 2020. Effets de la granulation des aliments sur l'utilisation de l'énergie chez le porc en croissance : conséquences sur les teneurs en énergie nette des régimes. Journées Rech. Porcine, 52, 93-98.
- Longpré J., Fairbrother J. M., Fravallo P., Arsenault J., LeBel P., Laplante B., Surprenant C., Massé D., Letellier A., 2016. Impact of mash feeding versus pellets on propionic/butyric acid levels and on total Escherichia coli load in the gastrointestinal tract of growing pigs. J. Anim. Sci. 94:1053-1063.
- Monziols M., Hémonic A., Vautier B., Brossard L., van Milgen J., Quiniou N. 2014. Utilisation de la tomographie RX pour étudier l'évolution de la composition corporelle au cours de la croissance chez des porcs alimentés à volonté ou rationnés. Journées Rech. Porcine, 46, 45-50.
- Nemeček J. E., Tokach M. D., Dritz S. S., Goodband R. D., DeRouchey J. M., Woodworth J. C., 2015. Effects of diet form and type on growth performance, carcass yield, and iodine value of finishing pigs. J. Anim. Sci. 93:4486-4499.
- Noblet J., Bontemps V., Tran G., 2003. Estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. INRA Prod. Anim., 16 (3), 197-210.
- Overholt M. F., Lowell J. E., Arkfeld E. K., Grossman I. M., Stein H. H., Dilger A. C., Boler D. D., 2016. Effects of pelleting diets without or with distillers dried grains with solubles on growth performance, carcass characteristics, and gastrointestinal weights of growing-finishing barrows and gilts. J. Anim. Sci. 94:2172-2183.
- Quéméré P., Castaing J., Chastanet J.P., Latimier P., Saulnier J., Willequet F., Grosjean F., 1988. Influence de la forme de présentation de l'aliment aux porcs charcutiers. Journées Rech. Porcine, 20, 351-360.
- Sauvant D., Pérez J.M., Tran G., 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. Editions INRA, Paris, France.
- Skoch E. R., Binder S. F., Deyoe C. W., Allee G. L., Behnke K.C., 1983. Effects of pelleting conditions on performance of pigs fed a corn-soybean meal diet. J. Anim. Sci. 57: 922-928.
- Vanschoubroek F., Coucke L., Van Spaendonck R., 1971. The quantitative effect of pelleting feed on the performance of piglets and fattening pigs. Nutr. Abstr. Rev.; 41(1):1-9.