



Optimum économique du niveau en acides aminés dans les aliments pour porcs charcutiers

Impact du contexte de prix des matières premières et de la conduite d'élevage



Un niveau de performance moyen est en général calculé à l'échelle de la bande ou de l'élevage pour une année de référence (voir GTE). Ce niveau n'est cependant pas le plus pertinent comme référence pour formuler des aliments couvrant au mieux les besoins. Formuler sur la base d'un porc «moyen» signifie que les besoins des «meilleurs» ne seront pas couverts. En revanche, formuler de telle sorte que l'apport en lysine digestible corresponde à 110 % du besoin moyen calculé pour l'ensemble de la population permet une bonne valorisation du potentiel de croissance (Brossard et al., 2007).

L'objectif de cet article est d'évaluer l'impact de la teneur en acides aminés de l'aliment alloué pendant l'engraissement sur les performances zootechniques et l'intérêt économique de ces différentes stratégies de formulation. Le travail s'appuie sur des profils de croissance individuels établis en station expérimentale dans des conditions non limitantes d'apports en acides aminés et sur des simulations de performance à l'aide du logiciel InraPorc®.

Matériel et méthodes

Description du jeu de données

Les données utilisées sont issues d'un test de performance réalisé à la station expérimentale IFIP de Romillé (35) en 2003 sur 126 porcs (59 mâles castrés et 67 femelles) issus d'un croisement entre des truies LWxLD et des verrats PPxLW. Dans ce type de test, les porcs entrent en engraissement à l'âge moyen de 63 jours après cinq semaines de post-sevrage. Ils sont élevés par groupes de 12-13 porcs dans des cases équipées de distributeurs automatiques de concentrés (DAC). La surface mini-

male par porc respecte les recommandations en vigueur (0,65 m²/porc). L'eau et l'aliment sont disponibles à volonté. Les porcs reçoivent un aliment croissance jusqu'à ce que le poids moyen de case atteigne 60 kg, puis ils reçoivent de l'aliment finition jusqu'à l'abattage (Tableau 1). La teneur en lysine digestible standardisée (LYSd) par unité d'énergie nette (EN) de ces aliments est respectivement de 0,88 et 0,79 g/MJ, soit des valeurs proches des recommandations ITP (2002) pour ne pas limiter les performances (0,90 g/MJ en croissance et 0,80 g/MJ en finition). Les teneurs en méthionine, méthionine+cystine, thréonine et tryptophane digestibles respectent le profil de la protéine idéale (respectivement 30, 60, 65 et 19 % au minimum de l'apport en lysine digestible).

Des pesées ont lieu régulièrement entre la naissance et l'abattage. Pendant l'engraissement, les porcs sont pesés à 8 h tous les quinze jours après une mise à jeun à 16 h la veille, jusqu'au premier départ pour l'abattoir. Entre deux pesées, la quantité d'aliment consommée par la case est mesurée manuel-

Résumé

A partir de 104 courbes de croissance individuelles établies en station expérimentale, le logiciel InraPorc® est utilisé pour évaluer l'optimum technico-économique du niveau de formulation en acides aminés pendant l'engraissement. Les calculs montrent qu'il ne suffit pas de s'intéresser au prix de l'aliment : en effet, réduire les acides aminés dans la formule permet d'en diminuer le coût mais, dans le même temps, les performances de la bande se détériorent notamment en termes d'indice de consommation, de poids et de qualité de carcasse et donc de marge par porc. Cette perte de marge est moins forte quand les bâtiments permettent de prolonger la durée d'engraissement pour maintenir le poids d'abattage. La décision opérationnelle de formuler à un niveau en acides aminés ou un autre dépend du contexte de prix des matières premières. Quand celles-ci sont chères, la stratégie d'alimentation qui permet de minimiser l'indice de consommation est alors la plus intéressante, soit une formulation à 15% au-dessus de la moyenne du besoin calculée pour les 104 porcs.

Nathalie QUINIOU¹
Ludovic BROSSARD²
Didier GAUDRE¹
Jaap van MILGEN²
Yvon SALAÜN¹

¹. IFIP, Institut du Porc, Pôle Techniques d'Élevage, BP35104, 35650 Le Rheu

². INRA, UMR 1079, Systèmes d'Élevage Nutrition Animale et Humaine, 35590 Saint-Gilles



Tableau 1 : Caractéristiques nutritionnelles des aliments alloués

Aliment	Croissance	Finition
Matières azotées totales, %	16,5	15,0
Lysine totale, g/kg	9,8	8,8
Lysine digestible (LYSd), g/kg	8,5	7,7
Energie nette (EN), MJ/kg	9,71	9,71
LYSd / EN, g/MJ	0,88	0,79

lement, ce qui permet de calculer le niveau moyen de consommation de la bande et de vérifier la cohérence des données fournies par les DAC. Ces derniers enregistrent les consommations d'aliment individuelles chaque jour ce qui permet ensuite de déterminer les cinétiques individuelles de prise alimentaire (Annexe 1). Les performances moyennes de la bande de porcs étudiée sont reportées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Performances entre l'entrée en engraissement et le dernier abattage¹

Bande 12.6	Femelles	Mâles castrés
Nombre d'observations	67	59
Poids vif, kg		
Début	26,4 ± 2,8	27,1 ± 2,8
Fin	112,1 ± 5,3	113,5 ± 5,2
Age moyen à l'abattage, j	162 ± 11	159 ± 10
Aliment ingéré, kg/j	2,20 ± 0,21	2,44 ± 0,23
Vitesse de croissance, g/j	860 ± 88	891 ± 82
Indice de consommation	2,57 ± 0,16	2,76 ± 0,23
Abattage		
Nombre d'observations	66	59
TVM, %	62,3 ± 1,5	59,7 ± 2,9
TMP, % ²	60,7 ± 1,9	58,4 ± 2,5

¹. Du 29 avril au 19 août 2003, moyenne ± écart-type

². Recalculée à partir des mesures G1, G2 et M2

Hypothèses de simulation

Les détails du paramétrage du logiciel InraPorc® sont présentés en annexe.

Stratégies d'alimentation

Pour réaliser les simulations de performances, l'engraissement est

découpé en 10 périodes sur la base d'un pas de 8 kg (moins de 38 kg, 38-46 kg..., Annexe 3). A chaque période de croissance correspond une séquence d'alimentation caractérisée par le niveau du besoin moyen en LYSd (choisi comme la moyenne des besoins moyens individuels sur la période). Pour chaque séquence, des régimes sont formulés au moindre coût avec le logiciel PORFAL pour couvrir 85, 90, 95, 100, 105, 110 ou 120 % du besoin moyen en LYSd. Les niveaux minimaux d'apports en méthionine, méthionine et cystine, thréonine et tryptophane digestibles correspondent à 30, 60, 65 et 19 % de l'apport en LYSd. La teneur en EN est identique à celle des aliments ayant permis d'acquiescer les données de référence en station, soit 9,7 MJ EN/kg.

Pour les séquences n°1 à n°5, les contraintes nutritionnelles de formulation sont celles d'un aliment croissance (sauf en ce qui concerne les teneurs en acides aminés) (Tableau 3). Pour les séquences n°6 à n°10, les contraintes sont celles d'un aliment finition.

Prix des aliments

Deux contextes de prix des matières premières sont utilisés pour optimiser les formules (Tableau 4).

Les prix du contexte 1 correspondent à la moyenne mensuelle des prix de matières premières «rendues Rennes» (voir Notes de Conjoncture IFIP) entre juillet 2005 et juin 2006. Au regard de l'envolée du cours des céréales pendant le second semestre 2006, les prix du contexte 2 correspondent aux moyennes mensuelles relevées entre juillet et décembre 2006. Le triticales ayant été coté seulement deux fois pendant l'été 2006, il ne figure plus dans le contexte de prix 2.

Au coût des matières premières de l'aliment sont ajoutés le coût de fabrication et la marge du fabricant, soit par hypothèse 0,02 €/kg pour une livraison de 25 tonnes en farine.

Décisions d'abattage

En pratique, le choix de la date d'abattage des porcs d'une bande résulte d'un compromis entre le nombre de départs possibles et le moment auquel un nombre ou une proportion maximale de porcs atteint le poids d'abattage escompté. Des scénarios ont été appliqués pour simuler l'impact de la règle de décision de départ à l'abattage, en interaction avec la stratégie d'alimentation, sur les performances moyennes de bande.

Tableau 3 : Contraintes de formulation des aliments pendant les périodes de croissance et de finition (hors acides aminés)

Période	Croissance	Finition
Séquences	1 à 5	6 à 10
Energie nette, MJ/kg	fixée à 9,7 MJ	
Matières azotées, %		
Apport en LYSd < besoin moyen	13,0-16,5	13,0-15,0
Apport en LYSd > besoin moyen	14,8-16,5	13,0-15,0
Cellulose brute, %	2,0-5,0	2,0-5,5
Calcium, g/kg	7,2-7,5	5,8-6,0
Phosphore total, g/kg	maxi 4,8	maxi 4,4
Phosphore digestible, g/kg	mini 2,5	mini 2,0
Acide gras C18:2, g/kg	maxi 14,9	



Tableau 4 : Matières premières disponibles pour formuler les aliments croissance-finition et contextes de prix

Matières premières ¹	Contexte de prix 1 Juillet 2005-juin 2006	Contexte de prix 2 Juillet - décembre 2006	Taux d'incorporation, g/kg
Blé	112	141	
Orge	112	135	
Maïs	116	150	
Tourteau de soja	197	204	
Tourteau de tournesol	126	127	maxi 50
Pois	134	160	
Tourteau de colza	145	149	maxi 150
Remoulage demi-blanc	98	109	maxi 120
Triticale	109	-	Prix 1 : maxi 100 Prix 2 : non utilisé
Son de blé	83	97	
Graine de colza	227	276	maxi 50
Huile de soja	484	538	maxi 15
Lysine HCl	1380	1392	
Thréonine	3400	2234	
Méthionine	2450	2450	
Sel	90		fixé à 3
Carbonate de calcium	50		
Phosphate bicalcique	315	323	
Mélasse de canne	135	145	
Oligo-vitamines	384		fixé à 5
Phytases	12500	12000	maxi 0,1

¹. La formulation est réalisée avec les caractéristiques des matières premières indiquées dans les Tables INRA-AFZ (2004)

des. La décision initiale correspond à trois départs en appliquant deux règles : un poids minimal de 112 kg lors des deux premiers départs et d'un écart maximal de 14 jours entre le 1^{er} et le 3^{ème} départ.

Valeur des carcasses

Le rendement de carcasse est estimé à partir du rendement moyen réel du groupe de porcs (79,2 %) corrigé de l'écart entre le poids réel moyen d'abattage de la bande (112 kg) et le poids de fin de simulation du même porc à l'aide d'équations obtenues par Aubry (2004) :

$$\text{rendement} = 79,2 + 0,015 (PV_{\text{fin simulation}} - 112)$$

La rémunération des porcs s'effectue à partir de la grille de paiement des carcasses sur la base de la teneur en viande maigre (TVM), grille en place jusqu'au 18 décembre 2006. Le prix de vente du 8 décembre 2006 est retenu comme base de paiement pour 54 % de TVM, soit 1,017 €/kg. Les différences de plus-values de la grille TVM sont appliquées à chaque porc. A ce jour, le logiciel InraPorc® ne permet pas de simuler la teneur en maigre des pièces (TMP) ; la qualité des carcasses n'est donc pas estimée sur cette base. Néanmoins, des calculs sont effectués pour déterminer la proportion de porcs dont le poids de carcasse entre dans la gamme de poids TVM (75-100 kg), dans la gamme TMP (80-102 kg), voire

dans le cœur de gamme TMP (85-97 kg).

Hypothèse de dépenses par porc

Le coût de la main-d'œuvre par porc produit est calculé en additionnant le coût des tâches fixes par porc (0,088 heure par porc) et celui des tâches quotidiennes liées au temps d'occupation de la salle (0,001381 heure par jour par porc). Le revenu horaire est fixé à 16,54 €. Les frais financiers ne sont pas pris en compte dans la mesure où les calculs réalisés ne tiennent pas compte de la rotation dans les salles. De même, les coûts liés à des interventions ponctuelles et inévitables ne sont pas pris en compte (vaccination, nettoyage-



désinfection...) car ces derniers sont constants pour un effectif de porcs produits. Tous les porcs sont supposés être présents jusqu'à l'abattage.

La «marge» est calculée pour chaque simulation par différence entre le prix payé pour les carcasses et les dépenses de main-d'œuvre et d'aliment. Dans les tableaux sont présentés les écarts de marges entre les différentes stratégies d'alimentation.

Calculs

Dans un premier temps, les niveaux de performance et de marge sont quantifiés pour chaque stratégie d'alimentation, toutes choses égales par ailleurs quant à la conduite des abattages (voir paragraphe Décisions d'abattage). Dans un deuxième temps, des modifications de la conduite d'élevage sont envisagées afin de réduire la variation de revenu en modulant les dates de départs et le poids minimal de départ. Le niveau d'apport à 100 % du besoin moyen dans le contexte de prix 1 constitue le niveau de base pour évaluer l'écart de marge sur coût alimen-

taire et main-d'œuvre par porc avec les autres stratégies.

Résultats

Conséquence d'une variation du niveau en lysine autour du besoin moyen

Effet sur le niveau de performances sans modification de la conduite

Les effets du niveau d'apport en acides aminés sur les performances (Tableau 5) sont en accord avec ceux rapportés à partir d'essais zootechniques dans la bibliographie (Bikker, 1994 ; Dourmad et al., 1995; Mohn et al., 2000 ; Noblet et al., 1987, 1999 ; Quiniou et al., 2005, 2006). Formuler en-dessous du besoin moyen revient à restreindre les performances de la majorité des porcs tandis que la formulation au-dessus du besoin moyen permet d'améliorer seulement les performances des porcs à plus fort potentiel. Il est donc logique de constater que la réduction des apports en acides aminés par pas de 5 points en-dessous du besoin moyen a un impact plus important sur les performances moyennes du lot que le fait d'augmenter ces mêmes

apports par pas de 5 points. Ainsi la réduction de 15 % de la teneur en LYSd entraîne une réduction de 89 g/j du GMQ, une détérioration de 0,25 de l'IC et une chute de 1,2 point de la TVM par rapport au besoin moyen. A l'inverse, l'augmentation de 15 % de la teneur en LYSd entraîne une amélioration de 26 g/j du GMQ, de 0,06 de l'IC et de 0,3 point de la TVM.

Outre ces critères zootechniques, une formulation en-deçà du besoin moyen provoque une chute importante de la proportion de porcs dans la gamme TVM ou TMP si aucune adaptation de la conduite n'est envisagée (Tableau 6). En effet, dans le cas où les dates de départ pour l'abattoir ne sont pas modifiées, l'allongement de la durée moyenne d'engraissement (+4 jours à 85 % du besoin) ne compense pas la chute de GMQ (-89 g/j) et les carcasses sont en moyenne 5,1 kg plus légères et sont plus hétérogènes qu'avec la situation de base (Tableau 5). Au contraire, la formulation à un niveau plus élevé permet d'alourdir les carcasses et de les homogénéiser.

L'augmentation de l'hétérogénéité des carcasses lorsque les niveaux

Tableau 5 : Impact zootechnique du niveau de couverture du besoin en acides aminés

Niveau de couverture	85	90	95	100	105	110	115	120
GMQ moyen, g/j	778	814	844	867	882	891	893	896
CMJ, kg/j	2,32	2,34	2,36	2,37	2,38	2,38	2,38	2,38
IC	2,98	2,87	2,79	2,73	2,69	2,67	2,67	2,66
Durée moyenne, j ¹	101	99	98	97	97	96	96	96
Age maxi, j ¹	167	167	167	167	167	167	167	167
Poids vif moyen, kg	106	108	110	112	113	113	113	114
Ecart-type	10	9	8	7	6	6	6	5
Poids moyen de carcasse, kg	81,6	83,6	85,3	86,7	87,3	87,9	88,0	88,2
Ecart-type	8,4	7,6	6,6	5,9	5,1	4,6	4,8	4,3
TVM ² %	59,3	59,8	60,2	60,5	60,7	60,8	60,8	60,8
Ecart-type	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4
Poids de carcasse vendu, kg	8484	8699	8871	9012	9077	9137	9149	9171
Aliment ingéré total, kg	24460	24339	24199	24172	24032	24034	24032	24014

1. Trois départs à 153, 160 et 167 j, poids minimal lors des 1^{er} et 2nd départs : 112 kg.

2. Prédiction InraPorc® corrigée de l'écart observé en conditions non limitantes entre la valeur prédite et la valeur mesurée au poids réel d'abattage.

Formuler au-dessus du besoin moyen permet de valoriser les porcs à très fort potentiel.



d'apports en acides aminés diminue s'explique par la conduite des abattages. La durée maximale d'engraissement étant fixée par les disponibilités en salles d'engraissement, tous les porcs ne pesant pas 112 kg lors des deux premiers départs sont abattus au 3^{ème} départ quel que soit leur poids. Or, quand le niveau des apports décroît, la proportion de porcs abattus lors des deux premiers départs diminue. Par conséquent, lors du 3^{ème} départ, le risque d'abattre des porcs trop légers est plus important et résulte dans une plus grande hétérogénéité des poids.

L'IC s'améliore jusqu'à des apports à 120 % du besoin moyen, l'amélioration n'étant toutefois que de 0,01 point seulement entre les niveaux 110 et 120 %. En ce qui concerne la TVM, elle atteint un maximum à 110 % du besoin moyen. La meilleure homogénéité des carcasses dans le scénario retenu de gestions des départs pour l'abattoir est atteinte à 120 % du

besoin moyen, ce qui correspond au maximum de porcs entrant dans la gamme (soit TVM, soit TMP, Tableau6).

Contexte de prix et optimum de formulation sans modification de la conduite

Lorsque les apports sont inférieurs au besoin moyen, la chute de marge est du même ordre de grandeur dans les deux contextes de prix (Tableau 6). Chaque diminution du niveau de couverture entraîne une chute des performances zootechniques que ne compense pas le moindre coût de l'aliment. En revanche, au-dessus du besoin, l'impact du prix des matières premières influence le choix de la stratégie de formulation. Dans un contexte d'aliment cher, formuler à un niveau plus élevé en acides aminés est intéressant tant que le minimum d'IC n'est pas atteint. Ainsi, dans le contexte de prix 2, la marge la plus intéressante (à 0,2 €/porc près) est obtenue

quand l'apport se situe entre 110 et 120 % du besoin moyen, soit la gamme d'apport qui permet de minimiser l'IC. Dans un contexte de matières premières moins chères (contexte de prix 1), ajouter des acides aminés influence beaucoup plus fortement le prix de l'aliment. Ainsi, ce dernier augmente plus rapidement que les performances ne s'améliorent quand le niveau d'acides aminés s'accroît. Dans ce cas, une formulation à 110-115 % du besoin s'avère être la plus intéressante, l'écart de marge étant plus faible au-delà.

Quand l'aliment est cher, il faut rechercher la formule qui minimise l'IC.

Niveau des apports en lysine et adaptation de la conduite d'élevage

Dans un premier temps, l'impact du délai entre les deux premiers départs à l'abattage est testé sur la répartition des porcs dans la gamme de poids de la grille TMP, le 3^{ème} départ ayant lieu deux semaines après le 1^{er}. La stratégie qui consiste à effectuer trois

Tableau 6 : Impact économique du niveau de couverture du besoin en acides aminés

Niveau de couverture	85	90	95	100	105	110	115	120
Ecart de GMQ, g/j	-89	-53	-23	0	15	24	26	29
Ecart d'âge moyen à la vente, j	4	2	1	0	0	-1	-1	-1
Ecart d'IC engraissement	+0,25	+0,14	+0,06	0	-0,04	-0,06	-0,06	-0,07
Ecart de TVM, %	-1,2	-0,7	-0,3	0	+0,2	+0,3	+0,3	+0,3
Ecart de porcs dans la gamme, %								
Gamme TVM	-10	-7	-2	0	+2	+2	+2	+3
Gamme TMP	-25	-12	-3	0	+4	+7	+6	+7
Cœur de gamme TMP	-23	-14	-10	0	+5	+9	+9	+11
Plus-value de gamme TMP, €/kg	-0,0545	-0,0298	-0,0121	-0,0014	0,0062	0,0096	0,0089	0,0113
Contexte de prix 1								
Ecart de prix aliment, €/tonne	-3,5	-2,6	-1,5	0	+1,3	+2,7	+4,2	+9,7
Ecart de marge, €/porc ¹	-9,1	-5,1	-2,0	0	+1,0	+1,5	+1,3	+0,4
€/100 kg carcasse ¹	-11,2	-6,1	-2,3	0	+1,1	+1,7	+1,5	+0,5
Contexte de prix 2								
Ecart de prix aliment, /tonne	-3,3	-2,5	-1,5	0	+1,0	+2,1	+3,3	+4,7
Ecart de marge, €/porc ¹	-9,2	-5,1	-2,0	0	+1,1	+1,7	+1,6	+1,6
€/100 kg carcasse ¹	-11,3	-6,1	-2,3	0	+1,3	+1,9	+1,8	+1,8

1. Sur coût alimentaire et main d'œuvre. Cotation base 54 TVM : 1,017€ (cours du 08/12/06), La marge du niveau 100 est considérée en niveau de base.



abattages à une semaine d'intervalle s'avère être celle qui permet d'obtenir le pourcentage le plus élevé de porcs dans le cœur de gamme TMP (Figure 1). L'impact de l'organisation des départ apparaît important notamment quand l'âge de 1^{er} départ pour l'abattoir ne permet pas d'obtenir un poids moyen de lot situé lui-même dans le cœur de gamme. Ainsi, avec un départ à 167 jours, les carcasses pèsent en moyenne 88 kg (au lieu de 82 kg avec un 1^{er} départ à 153 jours) et le 2nd départ peut avoir lieu indistinctement entre 3 et 11 jours après le 1^{er}. Bien que l'homogénéité des carcasses suivant la grille TMP ne soit pas un critère utilisable à l'heure actuelle

dans les simulations réalisées, il est d'un intérêt majeur depuis le changement de grille du 18 décembre 2006, réactualisé le 4 juin 2007. Ainsi, la plus-value par porc liée au poids de carcasse est moins pénalisante avec un 2^{ème} abattage environ 7 jours après le 1^{er}, notamment lorsque le poids moyen de lot est pénalisé par le niveau des apports nutritionnels (Figure 2). Le principe de trois abattages à 7 jours d'intervalle est donc maintenu afin de rechercher les adaptations de conduite à mettre en place pour limiter la diminution de marge liée au poids de carcasse.

En pratique, la durée d'engraissement est allongée lorsque les

performances sont moindres. Les calculs suivants sont réalisés avec l'objectif de produire des porcs ayant un poids de carcasse moyen de 88 kg, poids qui correspond à la situation des porcs alimentés à 120 % du besoin moyen et au milieu du cœur de gamme TMP actuel. Cet objectif est atteint suivant différents itinéraires :

- un allongement de la durée d'engraissement via un âge supérieur lors des trois départs pour l'abattoir,
- un alourdissement de 5 kg des porcs lors des deux premiers départs, soit 117 kg, et une modification de la durée d'engraissement.

Les points rouges correspondent à la situation détaillée dans le Tableau 5.

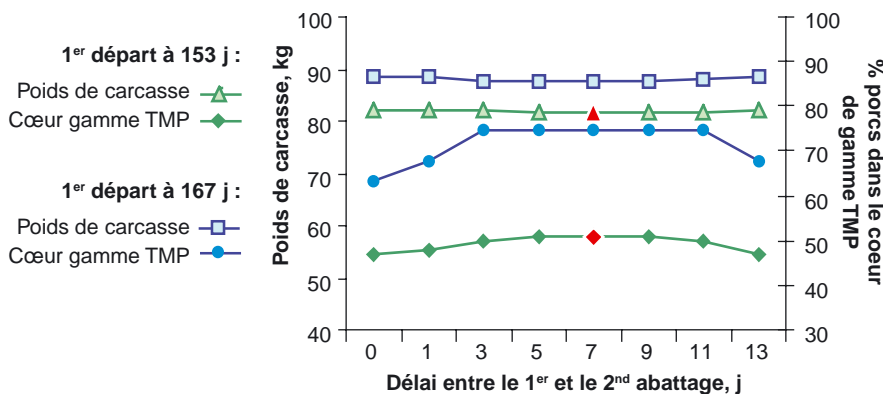


Figure 1 : Evolution du poids moyen de carcasse des porcs alimentés à 85 % du besoin moyen en lysine selon l'âge au 1^{er} départ pour l'abattoir et le délai entre le 1^{er} et le 2nd départ (le 3^{ème} départ a lieu 14 jours après le 1^{er})

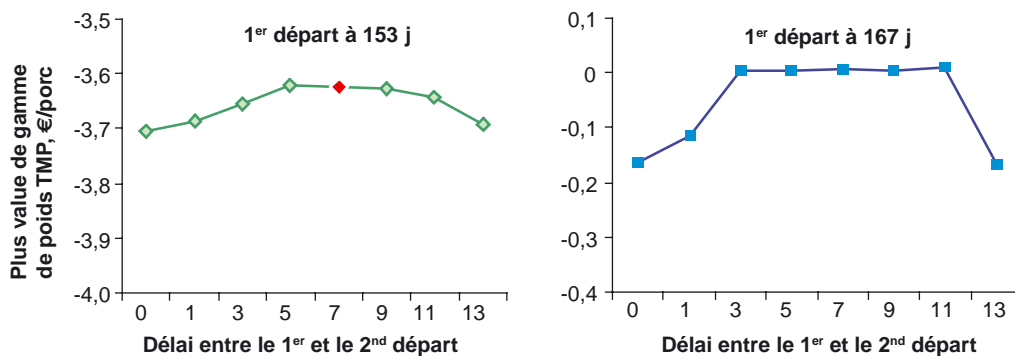


Figure 2 : Evolution de la plus-value de poids de carcasse par animal des porcs alimentés à 85% du besoin moyen selon l'âge au 1^{er} départ et l'intervalle entre les 1^{er} et 2nd départs

Pour un poids d'abattage minimal de 112 kg lors des deux premiers départs, le poids de carcasse d'environ 88 kg est atteint avec un apport à 85 % du besoin moyen en allongeant la durée d'occupation de salle de 10 jours par rapport à la date initiale de 1^{er} départ à 153 j (Tableau 7). Cet allongement est évidemment d'autant moins important que le niveau d'apport augmente. Pour les apports à 110 et 115 % du besoin moyen, l'allongement est respectivement de 2 et 1 jours. Hormis l'impact sur la durée d'engraissement, la commercialisation des porcs à un poids identique s'accompagne également de différences de performances selon la stratégie de formulation. Ainsi que décrit plus haut, les porcs alimentés avec les aliments les moins riches en acides aminés sont plus âgés et plus gras à l'abattage. Même si l'aliment distribué est moins coûteux, leur IC moins bon se traduit par une marge sur coût alimentaire et main d'œuvre moins élevée qu'avec des aliments plus riches. Avec ce type de conduite, les niveaux de formulations les plus intéressants (à 0,2 €/porc près) peuvent être revus à la baisse autour de 105-



Tableau 7 : Modification de la durée d'engraissement¹ et niveau de performance selon le niveau d'apport en acides aminés

Niveau d'apport	85	90	95	100	105	110	115	120
Age au 1 ^{er} départ, j ²	168	164	160	158	156	155	154	153
GMQ moyen, g/j	786	819	848	869	883	891	893	896
CMJ, kg/j	2,38	2,39	2,38	2,39	2,39	2,39	2,39	2,38
IC	3,03	2,91	2,81	2,74	2,70	2,68	2,67	2,66
Age moyen départ abattoir, j	175	171	167	165	163	162	162	161
Durée d'occupation de salle, j	182	178	174	172	170	169	168	167
Poids vif moyen, kg	Moyenne 114	114	114	114	114	114	114	114
	Ecart-type 8	8	7	6	6	5	6	5
Poids moyen de carcasse, kg	Moyenne 88,3	88,4	88,1	88,4	88,5	88,3	88,4	88,2
	Ecart-type 6,9	6,4	5,8	5,2	4,8	4,4	4,7	4,3
TVM, %	Moyenne 58,9	59,6	60,1	60,4	60,6	60,8	60,8	60,8
	Ecart-type 2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4
Poids de carcasse vendu, kg	9181	9194	9163	9196	9205	9182	9197	9171
Aliment ingéré, kg	27410	26373	25362	24875	24518	24210	24226	24014
Ecart de prix aliment, €/tonne ³	-3,6	-2,7	-1,5	0	+1,4	+2,8	+4,2	+9,8
Ecart de marge, €/porc ^{3,4}	-6,2	-3,5	-1,2	0	+0,7	+0,9	+0,6	-0,6
Porcs dans la gamme, %								
Gamme TVM	88	91	92	95	96	98	99	99
Gamme TMP	86	89	91	93	95	97	96	97
Cœur de gamme TMP	64	68	73	75	76	88	86	85
Plus-value de gamme €/kg porc	+0,011	+0,154	+0,536	+0,888	+1,010	+1,083	+0,953	+1,085
de poids TMP, €/kg carcasse	-0,0019	-0,0004	+0,0041	+0,0086	+0,0104	+0,0113	+0,0094	+0,0113

1. Objectif : commercialiser des porcs entre 88 et 89 kg de poids de carcasse.

2. Les deux départs suivants ont lieu à 7 jours d'intervalle, le poids minimal lors des deux premiers est de 112 kg.

3. Contexte de prix 1, niveau de base : 100 % du besoin.

4. Marge sur coût alimentaire et main-d'œuvre.

Tableau 8 : Alourdissement¹ des porcs lors des deux premiers départs et conséquences sur la durée d'engraissement et les performances selon le niveau d'apport en acides aminés

Niveau d'apport	85	90	95	100	105	110	115	120
Age au 1 ^{er} départ, j ²	165	160	156	153	151	149	149	149
GMQ moyen, g/j	786	819	848	869	883	891	893	897
CMJ, kg/j	2,39	2,38	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39
IC	3,03	2,91	2,81	2,74	2,70	2,67	2,67	2,66
Age moyen départ abattoir, j	175	171	167	165	163	162	162	162
Durée d'occupation de salle, j	179	174	170	167	165	163	163	163
Poids vif moyen, kg	Moyenne 114	114	114	114	114	114	114	114
	Ecart-type 9	9	9	9	8	8	8	8
Poids moyen de carcasse, kg	Moyenne 88,4	88,3	88,3	88,4	88,5	88,2	88,2	88,5
	Ecart-type 7,8	7,6	7,4	7,2	6,9	6,8	6,5	6,4
TVM, %	Moyenne 58,9	59,6	60,1	60,4	60,6	60,8	60,8	60,8
	Ecart-type 2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4
Poids de carcasse vendu, kg	9194	9186	9186	9197	9201	9172	9176	9208
Aliment ingéré, kg	27459	26335	25455	25615	24529	24185	24153	24175
Ecart de prix aliment, €/tonne ²	-3,6	-2,7	-1,4	0	+1,4	+2,8	+4,3	+9,9
Ecart de marge, €/porc ²	-6,0	-3,2	-1,1	0	+0,6	+0,8	+0,4	-0,7
Porcs dans la gamme, %								
Gamme TVM	91	93	95	96	97	98	96	100
Gamme TMP	88	88	89	90	93	91	92	94
Cœur de gamme TMP	64	63	63	58	67	64	68	71
Plus-value de gamme €/kg porc	-0,464	-0,437	-0,165	-0,218	-0,013	-0,012	+0,116	+0,367
de poids TMP, €/kg carcasse	-0,0090	-0,0088	-0,0051	-0,0055	-0,0029	-0,0028	-0,0013	+0,0024

1. Objectif : commercialiser des porcs entre 88 et 89 kg de poids de carcasse. Trois départs sont envisagés, le poids minimal lors des deux premiers est de 117 kg.

2. Voir Tableau 7.



Tableau 9 : Evolution de la marge¹ selon le niveau d'apport en acides aminés et le type de conduite

Niveau de couverture	85	90	95	100	105	110	115	120
Contexte de prix 1								
Salle occupée jusqu'à 167 j d'âge maxi.	-9,1	-5,1	-2,0	0	+1,0	+1,5	+1,3	+0,4
Durée d'occupation variable	-5,2	-2,5	-0,2	+1,0	+1,7	+1,9	+1,6	
Durée variable + 1 ^{er} départs à 117 kg	-5,2	-2,4	-0,3	+0,8	+1,4	+1,6	+1,2	+0,1
Contexte de prix 2								
Salle occupée jusqu'à 167 j d'âge maxi.	-9,2	-5,1	-2,0	0	+1,1	+1,7	+1,6	+1,6
Durée d'occupation variable	-5,9	-3,0	-0,5	+0,9	+1,7	+2,0	+1,8	
Durée variable + 1 ^{er} départs à 117 kg	-5,9	-2,9	-0,5	+0,7	+1,4	+1,7	+1,4	+1,3

1. Ecart de marge sur coût alimentaire et main d'œuvre, €/porc. Une couleur est appliquée aux écarts de marge les plus intéressants à plus ou moins 0,2 € par porc.

110 % du besoin moyen quand les aliments sont bon marché et 110-115 % quand les aliments sont chers.

Simultanément à un changement de la durée d'engraissement, une modification du poids minimal d'abattage est testée. Cette hypothèse consiste à faire partir les porcs au poids minimal de 117 kg lors des deux premiers départs, au lieu de 112 kg (Tableau 8). En comparaison avec les résultats de simulation présentés dans le Tableau 7, cette option permet de gagner entre 3 et 5 jours de durée d'occupation de salle pour pro-

duire des carcasses de 88 kg environ. Avec ce type de conduite, le niveau de formulations préconisé sera 5 à 10 % au-dessus du besoin moyen avec des aliments bon marché et 10 % au-dessus avec des aliments chers.

En comparaison avec la situation de référence (100 % du besoin moyen, Tableau 5), les deux modifications de la conduite suggérées permettent de minimiser la réduction de marge par porc quand les apports en acides aminés sont inférieurs au besoin moyen. Toutefois, l'allongement de la durée d'engraissement sans alourdissement semble être l'alternative la plus intéressante au vu de l'écart de marge avec la situation de référence (Tableau 9). En effet, le retard d'enlèvement des porcs lors des deux 1^{er} départs induit une plus grande hétérogénéité du lot comme l'indiquent les écarts-types du poids vif et du poids de carcasse. En effet, dans ce cas le poids de carcasse moyen de 88 kg est obtenu à la fois à partir de porcs plus lourds lors des premiers départs et de porcs plus légers lors du dernier abattage. Il en résulte donc un pourcentage plus faible de porcs dans la gamme, quelle que soit la gamme concernée. La plus-value de gamme TMP est alors moins intéressante (Figure 3) et pénalise le résultat.

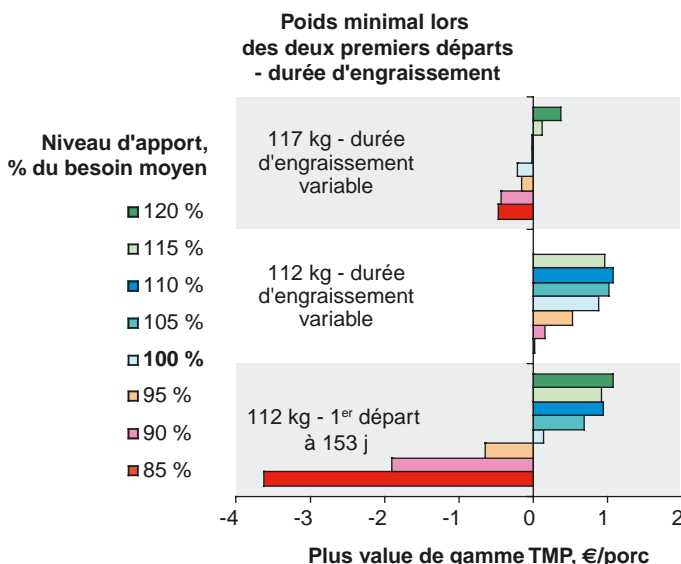
Perspectives d'évolution de la méthode de simulation appliquée

Les simulations réalisées dans cet article ont permis de dégager des résultats intéressants pour évaluer l'intérêt économique des différentes stratégies de formulation et de conduite. Cependant, elles s'appuient sur des courbes de croissance individuelles obtenues entre l'entrée en engraissement et le 1^{er} départ des porcs de la bande. Par conséquent, les calculs réalisés n'intègrent pas l'amélioration de performances qui s'opère en fin d'engraissement pour les porcs qui restent dans les cases une fois les têtes de lot abattues. Ces améliorations sont liées à la réduction de la densité (Courboulay, 2007) et à la modification de la hiérarchie au sein du groupe. Cela signifie que nos calculs sur-estiment sans doute l'impact de la politique de départ à l'abattoir sur les résultats de la bande.

Le modèle utilisé pour décrire la croissance des porcs permet difficilement d'obtenir des paramètres pour les animaux ayant subi une chute de croissance (qu'elle soit temporaire ou non) pendant l'engraissement. Ainsi, sur l'ensemble de la bande, 104 porcs seulement ont pu être utilisés dans les simu-

Alourdir les porcs lors des premiers départs augmente l'hétérogénéité du lot.

Figure 3 : Evolution de la plus-value moyenne de gamme TMP par porc selon la stratégie de formulation et d'abattage





lations présentées. Réussir à intégrer ces porcs dans les simulations représente un enjeu majeur à l'avenir, avec notamment la perspective de prise en compte de l'incidence d'évènements sanitaires ayant un effet sur la croissance des porcs.

Enfin, le TMP est un paramètre d'intérêt économique important pour lequel la simulation serait intéressante. Il n'est cependant pas disponible dans la version actuelle du logiciel InraPorc®. Son intégration dans les versions futures du logiciel permettrait de compléter et affiner nos résultats.

Conclusions

Les simulations réalisées dans cette étude permettent de dégager quelques idées majeures sur l'impact des apports en acides aminés sur les performances, tant zootechniques qu'économiques. Celles-ci s'appuient sur des résultats chiffrés. Néanmoins, l'utilisateur averti gardera en mémoire que de nombreux facteurs de variation peuvent moduler la réponse des porcs à un

facteur nutritionnel donné, parmi lesquels les conditions d'élevage et le statut sanitaire des animaux. Aussi, ce sont les tendances générées par une modification de la stratégie de formulation qu'il faut analyser, plutôt que les niveaux absolus.

Formuler à un niveau d'apport en acides aminés bas permet de baisser le coût de l'aliment. Cependant, dans le même temps, les performances moyennes de la bande se détériorent et en définitive la marge par porc diminue. Si aucune modification de la conduite n'est réalisée, les carcasses sont plus légères. En pratique, ce n'est pas le cas et l'engraissement dure plus longtemps. L'allongement de la durée d'engraissement est plus intéressant que la modification du poids minimal d'abattage, tant pour améliorer la marge que le pourcentage de porcs dans la gamme TMP (critère non valorisé encore dans les simulations réalisées). Encore faut-il que l'organisation de la chaîne de bâtiments le permette. Dans le cas contraire, des calculs complémentaires intégrant

la rotation des salles et les charges de structure doivent être réalisés.

Le niveau de formulation optimal dépend du contexte de prix des matières premières. Formuler au niveau qui permet d'atteindre le meilleur indice de consommation est pertinent dans un contexte de matières premières chères. Dans ce cas, l'impact des acides aminés de synthèse sur le prix de l'aliment est proportionnellement moins marqué que lorsque les céréales et tourteaux sont meilleur marché. Ainsi, pour une teneur de 9,7 MJ d'énergie nette par kilogramme, l'objectif de formulation se situera sans doute autour de 110 % du besoin dans un contexte d'aliment bon marché, tandis que dans un contexte d'aliment cher l'objectif glissera vers 115 % du besoin moyen.

D'autres simulations sont envisagées qui intègrent notamment le niveau de concentration énergétique de l'aliment et l'intensité de rationnement, appliqués à d'autres types génétiques de porcs. ■

ANNEXES

Détermination des profils individuels pour InraPorc®

Détermination des cinétiques individuelles de croissance

Les pesées successives des porcs depuis la naissance jusqu'au premier départ pour l'abattoir sont utilisées afin de décrire à l'aide d'un modèle de Gompertz les courbes individuelles d'évolution du poids (Equation 1). En accord avec Brossard et al. (2006), le paramètre Age1 est fixé à 65 j et le paramètre PV2 est fixé à 110 kg. La procédure NLIN (SAS, 1990) est utilisée pour calculer par itération les paramètres B, Age2 et PV1, B étant un paramètre de précocité lié au GMQ, Age2 l'âge du porc à 110 kg, PV1 le poids à 65 j.

$$\text{Equation 1 : } PV(AGE) = PV2 \times \left(\frac{PV2}{PV1} \right)^{\left(- \frac{\left\{ e^{(-B \times (Age2 - Age1))} - e^{(-B \times (AGE - Age1))} \right\}}{(-1 + e^{(-B \times (Age2 - Age1))})} \right)}$$

Détermination des cinétiques individuelles de consommation d'aliment

Les pesées successives en engraissement permettent de segmenter cette phase en périodes successives de croissance. Ainsi, pour chaque porc et pour chaque journée pour laquelle la consommation d'aliment est connue, le poids vif correspondant est estimé à partir de l'équation de Gompertz individuelle obtenue au préalable. Cela permet d'obtenir un couple d'information «ingéré – poids» par porc par jour.

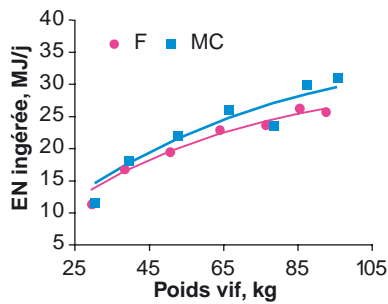


Figure 4 : Evolution moyenne de l'ingéré avec le poids selon le sexe

A partir des données recueillies entre l'entrée en engraissement et le premier départ pour l'abattoir, l'évolution moyenne de la consommation moyenne journalière en fonction du poids vif (PV), exprimée en énergie nette (EN, MJ/j) dans la Figure 4, semble suivre une relation telle que décrite par l'équation 2.

$$\text{Equation 2 : } EN (MJ/j) = a (1 - e^{-b \times PV})$$

Les paramètres «a» et «b» sont estimés pour chaque porc à l'aide de la procédure NLIN (SAS, 1990). Les données ne permettant pas toujours au modèle de converger, les paramètres «a» et «b» ne sont pas disponibles pour certains porcs.

Paramétrage des profils animaux dans InraPorc®

Une fois l'étape de détermination des cinétiques de prise de poids et de consommation d'aliment réalisée, 104 jeux complets de paramètres sont obtenus. Ils permettent de décrire autant de profils animaux dans le logiciel InraPorc®. Chaque jeu de cinq paramètres, d'une part «PV1», «Age2» et «B» pour la cinétique de prise de poids et, d'autre part, «a» et «b» pour la cinétique de prise alimentaire sont entrés dans InraPorc®. Dans une 1^{ère} étape, une valeur de dépôt protéique («PD moyen») est choisie a priori. Le coefficient d'entretien est fixé à 1. Une 1^{ère} simulation des performances est alors réalisée dans un contexte nutritionnel similaire à celui de l'acquisition des données. Dans une 2^{ème} étape, la comparaison du GMQ obtenu par cette 1^{ère} simulation InraPorc® à celui calculé à partir de l'équation 1 permet d'ajuster le critère «PD moyen» au niveau de performance modélisé par l'équation de Gompertz. Cette valeur combinée aux cinq paramètres précédents permet de finaliser le profil de chaque animal dans InraPorc®. Les paramètres du profil moyen des femelles et des mâles castrés sont indiqués en Annexe 1.

Annexe 1 : Paramètres moyens des profils animaux entrés dans InraPorc®

Sexe	Femelles (n=57)	Mâles castrés (n=47)
PV = f(Age) ¹		
B	0,0104	0,0109
PV1	27,3	28,2
Age2	159	155
EN = f(PV) ²		
a	33,44	41,32
b	0,0175	0,0138

1. Evolution du poids vif en fonction de l'âge à partir d'une équation de Gompertz avec Age 1 fixé à 65 jours et PV2 fixé à 110 kg.

2. Evolution de la quantité d'énergie nette ingérée en fonction du poids à partir de l'équation : $a (1 - e^{-b \cdot PV})$.

Compte-tenu des stratégies d'abattage appliquées, il est nécessaire de disposer de résultats de simulation au-delà du poids réel d'abattage, notamment pour les têtes de lot. Ainsi, les simulations sont réalisées jusqu'au poids final de 140 kg. Pour les porcs qui pèsent au moins 112 kg lors des deux premiers départs pour l'abattoir, les journées de simulations disponibles au-delà de ces dates ne sont ensuite pas prises en compte pour le calcul de leurs performances moyennes.

Correction du résultat TVM fourni par InraPorc®

L'estimation de la valeur absolue de la TVM par le logiciel InraPorc® n'est pas précise. Dans la situation de référence, la TVM estimée par InraPorc® au poids réel d'abattage de chaque porc est comparée avec la TVM obtenue à l'abattoir. La différence entre ces deux valeurs est ensuite appliquée aux résultats de TVM des simulations ultérieures pour ce porc.



Détermination du besoin moyen en lysine

Situation de référence

A partir de chaque profil, le besoin en différents nutriments, dont la lysine digestible, est calculé pour les différentes stratégies d'alimentation étudiées. La situation de référence correspond aux résultats de simulation obtenus quand les porcs reçoivent à volonté deux aliments correspondant à ceux décrits dans le Tableau 1, avec changement vers 70 kg.

Alimentation à 10 séquences et détermination du niveau moyen du besoin en lysine

L'engraissement est divisé en dix séquences d'alimentation sur la base d'un pas de 8 kg, ce qui permet de définir une séquence alimentaire à dix aliments (Annexe 2). Le changement d'aliment intervient quand le porc atteint le poids limite de la séquence. Pour chaque gamme de poids couverte, la valeur moyenne des besoins moyens individuels sur cette période est retenue comme valeur de besoin en lysine.

Annexe 2 : Moyenne des besoins moyens individuels en lysine digestible (LYSd) par séquence

Séquence	Gamme de poids (kg)	Moyenne des besoins moyens individuels ¹		Moyenne des besoins moyens de la population ²
		g /MJ EN	g /kg à 9,71 MJ EN/ kg	g /MJ EN
Croissance				
1	38 kg et moins	0,76	7,34	0,77
2	38-46	0,72	6,98	0,73
3	46-54	0,69	6,73	0,70
4	54-62	0,67	6,52	0,67
5	62-70	0,65	6,34	0,66
Finition				
6	70-78	0,63	6,16	0,64
7	78-86	0,62	5,99	0,62
8	86-94	0,60	5,82	0,60
9	94-102	0,58	5,65	0,59
10	plus de 102 kg	0,56	5,48	0,57

1. A partir des profils individuels.

2. A partir du profil moyen de la population de porcs étudiés.

Commentaires sur le choix du niveau moyen

Définir un niveau moyen du besoin à partir de la moyenne des besoins moyens conduit à des teneurs en lysine inférieures à celles obtenues lorsque c'est la valeur maximale des besoins moyens individuels qui est retenue (hypothèse de calcul retenue par Brossard et al., 2007). Néanmoins, cette dernière suppose la connaissance des profils individuels et de leur dispersion. Lorsque seul le profil moyen est connu, elle ne peut donc être appliquée.

Le niveau de besoin moyen défini quand seule une information synthétique et non individuelle permet de caractériser une population de porcs, est supérieur à celui calculé à partir des profils individuels en début de croissance et en fin d'engraissement. Cette évolution différente est inhérente à la définition même du profil moyen. En effet, à partir d'une cinétique de population, le besoin moyen évolue d'une règle à l'autre de façon continue. L'écart entre les deux méthodes reste faible (Annexe 2), en raison du nombre élevé de règles d'alimentation.

En définitive, quelle que soit la méthode utilisée, une certaine marge de sécurité apparaît indispensable. Les calculs réalisés plus haut indiquent que celle-ci correspond à 10 ou 15 % du besoin moyen. Ainsi, les aliments devraient être formulés sur la base de 0,84-0,87 g de LYSd par MJ EN pour la séquence n°1 et 0,69-0,72 g de LYSd par MJ EN pour la séquence n°6, soit des valeurs inférieures mais proches des recommandations ITP (2002), respectivement pour les aliments croissance et finition.



Références bibliographiques

- Aubry A., 2004. Y a-t-il un intérêt économique à alourdir les carcasses ? *TechniPorc* 27(1), 33-36.
- Bikker P., 1994. Protein and lipid accretion in body components of growing pigs: effects of body weight and nutrient intake. Thesis Wageningen, pp 203. Pays-Bas.
- Brossard L., Van Milgen J., Lannuzel P.-Y., Bertinotti R., Rivest J., 2006. Analyse des relations entre croissance et ingestion à partir de cinétiques individuelles : implications dans la définition de profils animaux pour la modélisation. *Journées Rech Porcine* 38, 217-224.
- Brossard L., Dourmad J.-Y., van Milgen J., Quiniou N., 2007. Analyse par modélisation de la variation des performances d'un groupe de porcs en croissance en fonction de l'apport de lysine et du nombre de phases dans le programme d'alimentation. *Journées Rech Porcine* 39, 95- 102.
- Courboulay V., 2007. Le point sur les effets de la densité en post-sevrage et engraissement. *TechniPorc* 29(6) : 7-13.
- Dourmad J.-Y., Guillou D., Sève B., Henry Y., 1995. Influence de l'apport en lysine sur les performances du porc en finition. *Journées Rech. Porcine Fr.* 27, 253-260.
- INRA AFZ, 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. Ed. Sauvant D., Perez J.-M., Tran G., 301 pp.
- InraPorc, 2007. Logiciel de prédiction des besoins et de l'utilisation des nutriments par le porc, et plus particulièrement la truie reproductrice et le porc en croissance, version 1.0.5.0., www.rennes.inra.fr/inraporc.
- ITP-ITCF-ADEASO-UNIP-CETIOM, 2002. Tables d'alimentation pour les porcs. Ed. ITP, Paris, 40 pp.
- Mohn S., Gillis A.M.M., Moughan P.J., de Lange C.F.M., 2000. Influence of dietary lysine and energy intakes on body protein deposition and lysine utilization in the growing pig. *J. Anim. Sci.* 78, 1510-1519.
- Noblet J., Henry Y., Dubois S., 1987. Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilisation in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 65, 717-726.
- Noblet J., Quiniou N., 1999. Principaux facteurs de variation du besoin en acides aminés du porc en croissance. *TechniPorc* 22(4), 9-16.
- PORFAL, Un progiciel d'optimisation technique et économique de formules et de rations alimentaires pour les porcs, version 4.0.16., www.ifip.asso.fr/tec/porfal/index.htm.
- Quiniou N., Gaudré D., Royer E., Alibert L. 2005. Quel doit être le rapport lysine digestible / énergie nette dans les aliments pour porcs charcutiers ? *TechniPorc* 28(5), 37-43.
- Quiniou N., Hamelin E., Noblet J. 2006. Le besoin en lysine digestible relativement à l'énergie nette des porcs rationnés est-il plus élevé que celui des porcs alimentés à volonté ? *J. Rech. Porcine* 38, 149-156.
- SAS 1990. SAS User's guide : statistics. SAS Inst., Inc., Cary, NC.

Les auteurs remercient Alain VALANCOGNE (INRA-UMR SENAH) pour son aide à la réalisation des simulations InraPorc® et Claudie GOURMELEN (IFIP) pour le paramétrage des modèles économiques.

Contact :

nathalie.quiniou@ifip.asso.fr