

Effet d'une alimentation multiphase à bas taux protéique sur les performances, les rejets et les émissions gazeuses chez le porc à l'engraissement

Solène LAGADEC (1), Hervé ROY (1), Paul LANDRAIN (1), Mélynda HASSOUNA (2), Stéphanie LECUELLE (3)

(1) Chambre d'agriculture de Bretagne, Rond point Maurice Le Lannou, 35042 Rennes Cedex, France

(2) INRA, UMR Sol-Agro et hydrosystèmes-Spatialisation, 65 rue de St Brieuc, 35042 Rennes Cedex, France

(3) AJINOMOTO EUROLYSINE S.A.S., 153 rue de Courcelles, 75817 Paris Cedex 17, France

Solene.lagadec@bretagne.chambagri.fr

Avec la collaboration du personnel de la station expérimentale de Crécom

Effet d'une alimentation multiphase à bas taux protéique sur les performances, les rejets et les émissions gazeuses chez le porc à l'engraissement

L'alimentation « multiphase » consiste à ajuster les apports de nutriments en fonction des besoins des animaux au cours de leur croissance. L'objectif de cette étude est d'analyser l'effet d'une alimentation multiphase à bas taux en matière azotée totale (MAT) sur les performances, les rejets et les émissions gazeuses. A la station expérimentale de Crécom, deux bandes de 144 porcs en engraissement ont été réparties dans deux salles identiques de 72 porcs. Les animaux de la salle « biphasé » ont reçu un aliment croissance (16,5% de MAT) jusqu'à 65 kg de poids vif (PV) puis un aliment finition (15,0% de MAT). Les animaux de la salle « multiphase » ont reçu un régime à faible concentration en MAT constitué d'un mélange de deux aliments (« croissance » à 14,5% et « finition » à 13% de MAT) dont les proportions ont été ajustées progressivement aux besoins des animaux jusqu'à 65 kg PV puis l'aliment finition (13,5% de MAT) jusqu'à l'abattage. L'alimentation « multiphase à bas taux protéique » a permis de réduire la consommation de MAT de 14 % et celle de lysine de 12 %. Pour les deux bandes suivies, aucune différence significative n'a été observée sur les performances zootechniques entre les deux stratégies d'alimentation. Avec une alimentation « multiphase », les rejets phosphorés sont réduits de 35% (bande 1) et de 31% (bande 2), les rejets azotés de 31 % (bande 1) et de 21% (bande 2). Par conséquent, des réductions des émissions d'ammoniac de 40% et de 21% ont été mesurées respectivement pour les bandes 1 et 2. Aucun effet sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre n'a été démontré. Les plus-values au kilo de carcasse étant très proches entre les deux régimes, ces résultats démontrent bien l'intérêt de cette distribution et formulation plus ajustées.

Effect of a low crude protein multiphase feeding strategy on performance, manure production and gaseous emission in fattening pigs

The multiphase feeding system consists in adjusting nutrient supplies according to the evolution of animal requirements over time. The objective of this study was to evaluate the effect of a low crude protein (CP) multiphase feeding strategy on animal performance, slurry composition and gaseous emission. At the experimental station of Crécom (Brittany, France), two batches of 144 fattening pigs were assigned to two rooms of 72 pigs. The animals in the "two-phase" room received a growing diet (16.5% CP) up to 65 kg live weight (LW) and then a finishing diet up to slaughter (15.0% CP). The animals in the "multiphase" room received up to 65 kg LW a low CP diet consisting of a blend of two diets (growing diet at 14.5% CP and finishing diet at 13% CP) in proportions that were gradually adjusted to the needs of animals and then they were fed the finishing diet (13.5% CP) until slaughter. The low CP multiphase feeding strategy reduced the MAT consumption by 14% and lysine by 12. No significant difference was observed in any of the two batches on growth performance between the two feeding strategies. With the low CP multiphase feeding strategy, phosphorus excretion was reduced by 35% (batch 1) and 31% (batch 2), nitrogen excretion by 31% (batch 1) and 21% (batch 2). Consequently, reductions in ammonia emissions by 40% and 21% were measured respectively for batches 1 and 2. No effect on the reduction of greenhouse gas emissions was demonstrated. Gains on kilo of carcass are very close between the two feeding strategies; these results clearly demonstrate the environmental benefits of the multiphase feeding system.

INTRODUCTION

L'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'azote par le porc permet d'une part de réduire les rejets azotés (et par conséquent de limiter les émissions gazeuses azotées directes : ammoniac, protoxyde d'azote) et d'autre part, de diminuer le coût de l'aliment en évitant le gaspillage de protéines (Dourmad *et al.*, 1993). Pour y parvenir, l'enjeu est de réduire l'apport de protéines selon les besoins des animaux au cours de leur croissance tout en ajustant l'équilibre en acides aminés de la ration (Dourmad *et al.*, 2009).

Entre 2000 et 2010, le nombre de porcs en France recevant une alimentation dite « biphase » est passé de 50% à 80%. Cette conduite alimentaire consiste à distribuer deux aliments successifs au cours de l'engraissement à des teneurs azotées plus proches des besoins des animaux qu'avec un aliment unique. Elle permet une réduction des rejets azotés de 10% à 15% tout en maintenant les performances techniques et économiques de l'élevage par rapport à une alimentation dite « unique » (Latimier *et al.*, 1993). L'alimentation dite « multiphase » a pour but de s'approcher plus précisément des besoins nutritionnels des animaux tout au long de leur croissance. Elle consiste à moduler les proportions de deux aliments sur la période d'élevage. L'étude réalisée par Chauvel et Granier (1996) a ainsi montré une réduction de 9% des rejets azotés par rapport à une conduite « biphase ». Parallèlement, de nombreuses études ont montré que l'alimentation des porcs à l'engrais avec un régime à bas taux protéique permet de réduire l'excrétion d'azote sans dégrader l'ingestion journalière ni l'indice de consommation si les teneurs en énergie nette et en acides aminés essentiels sont maintenues (Bourdon *et al.*, 1995 ; Portejoie *et al.*, 2004 ; Osada *et al.*, 2011 ; Quiniou *et al.*, 2011 ; Roy *et al.*, 2014).

Ainsi, l'objectif de cette étude est, en appliquant une alimentation « multiphase » à basse teneur en matières azotées totales (MAT), de mesurer les rejets azotés et l'incidence sur les émissions gazeuses tout en s'assurant du maintien des performances zootechniques.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Dispositif expérimental et animaux

L'expérimentation a eu lieu dans la station expérimentale des Chambres d'agriculture de Bretagne de Crécom (22, St Nicolas du Pélem) dans deux salles d'engraissement identiques de 72 places. Elles contiennent chacune 12 cases de six porcs (0,7 m²/porc) et chaque case dispose d'un abreuvoir et d'une auge collective (alimentation à sec). Les porcs sont engraisés sur caillebotis intégral, avec stockage du lisier en préfosse pendant toute la durée de l'engraissement. Les salles sont ventilées mécaniquement (dépression) avec une entrée d'air par plafond diffuseur et une extraction basse.

Deux bandes de porcs ont été suivies entre janvier 2014 et février 2015. 144 porcs par bande (Piétrain x (Large White x Landrace)) ont été répartis entre les deux régimes (72 porcs dans la salle « biphase » et 72 porcs dans la salle « multiphase ») par poids vif (PV) et sexe à la mise à l'engrais (61 jours d'âge).

1.2. Aliments et plan d'alimentation

Les animaux de la salle « biphase » ont reçu un aliment croissance (16,5% de MAT) jusqu'à 65 kg de PV puis un aliment finition (15,0% de MAT) jusqu'à l'abattage.

Les porcs de la salle « multiphase » ont reçu un régime à faible concentration en MAT constitué d'un mélange de deux aliments (« croissance » à 14,5% de MAT et « finition » à 13% de MAT) dont les proportions ont été ajustées progressivement aux besoins des animaux pour reconstituer un aliment distribué à 14,5% de MAT en début de période jusqu'à 13% de MAT à la fin de l'engraissement (Tableau 1).

Tableau 1 – Teneurs en MAT et en lysine totale recalculées des aliments « biphase » et « multiphase » distribués au cours de l'engraissement.

Semaine d'engraissement	Biphase		Multiphase	
	MAT (%)	Lysine (%)	MAT (%)	Lysine (%)
1	16,5	9,20	14,5	9,20
2	16,5	9,20	14,3	9,15
3	16,5	9,20	14,1	9,10
4	16,5	9,20	13,9	9,05
5	16,5	9,20	13,7	9,00
6	16,5	9,20	13,4	8,96
7	16,5	9,20	13,2	8,91
8 à 16	15,0	8,85	13,0	8,85

Les aliments croissance et finition des deux régimes ont respectivement une teneur en lysine totale de 9,20 g et 8,85 g par kg d'aliment. Tous les aliments ont été formulés sur une base de blé tendre (35%), maïs (15%), triticale (10%) et tourteaux de soja, colza et tournesol ; ils sont iso-énergétiques (9,5 MJ EN/kg) et équilibrés en respectant le concept de la protéine idéale selon les recommandations d'Ajinomoto Eurolysine S.A.S. (Roy *et al.*, 2014).

La conduite alimentaire, commune aux deux salles, est basée sur une ration de 40 g d'aliment par kg de PV (moyenne de case) à la mise à l'engraissement suivie d'une progression de 30 g par jour jusqu'à un plafond journalier de 2,5 kg. Pour le régime « biphase », le passage à l'aliment finition se fait case par case au poids moyen de 65 kg. L'aliment est sec et distribué manuellement, deux fois par jour.

1.3. Mesures effectuées et traitements statistiques

1.3.1. Analyse des aliments

Avant le début de l'essai, un aminogramme complet a été réalisé sur chacun des aliments afin d'en contrôler la teneur en acides aminés (Ajinomoto Eurolysine S.A.S., 80 Amiens France) ainsi que des analyses (Labocéa, 22 Ploufragan France) des paramètres suivants : matière sèche, matières minérales totales, matières organiques, matière grasse, MAT, cellulose, calcium et phosphore.

1.3.2. Suivi des performances zootechniques

Chaque porc est pesé à la mise à l'engrais, après 42 et 84 jours d'engraissement et lors de son départ à l'abattage (113 kg de PV minimum). Les traitements individuels ou collectifs sont enregistrés ainsi que les mortalités (identification, date, poids, cause). Les consommations d'eau sont mesurées à l'aide de compteurs d'eau. Les consommations d'aliments journalières ont été mesurées case par case ainsi que les refus, ce qui permet de calculer les indices de consommation (IC) par case et une consommation moyenne journalière (CMJ) par régime. L'identification de chaque porc permet de mesurer le gain moyen quotidien (GMQ) individuellement puis par régime. Les caractéristiques des carcasses sont issues des données des « bons Uniporc ».

1.3.3. Suivi de la quantité et de la composition des effluents produits

Dans chaque salle, le volume de lisier produit a été mesuré et échantillonné en fin de bande. Le volume d'effluents est déterminé par comptabilisation du nombre de cuves de 1 m³ remplies réceptionnant la totalité du lisier présent dans les salles avant qu'il soit dirigé vers la fosse extérieure. Après remplissage de la cuve graduée de 1 m³, le lisier est homogénéisé par brassage. Un échantillon de 2 L est prélevé et versé dans un bac de 75 L. Cette étape est réalisée pour chaque cuve pleine. Pour réaliser l'échantillon final, le lisier contenu dans le bac de 75 L est mélangé et 2 L de ce mélange sont prélevés. Les échantillons finaux sont envoyés au laboratoire (Labocéa, 22, Ploufragan) pour analyse. Les teneurs en azote total, azote ammoniacal, carbone total, carbone organique, phosphore et matière sèche de chaque échantillon sont déterminées.

1.3.4. Calcul des quantités d'éléments excrétés

Les quantités de phosphore, d'azote, de carbone et d'eau excrétés ont été calculées par la réalisation d'un bilan réel simplifié (CORPEN, 2003) en utilisant les données zootechniques, les quantités d'effluents produits et leurs compositions.

1.3.5. Mesure de la qualité de l'air et des émissions gazeuses

Les concentrations gazeuses en ammoniac (NH₃), protoxyde d'azote (N₂O), méthane (CH₄), dioxyde de carbone (CO₂) et eau (H₂O) ont été mesurées dans l'air ambiant de chacune des salles (pour l'analyse de la qualité de l'air), dans l'air extrait des salles (pour l'analyse des émissions gazeuses) et à l'extérieur du bâtiment (air entrant) toutes les 12 minutes, à l'aide d'un analyseur de gaz photo-acoustique à infrarouge INNOVA 1412.

Les émissions de chaque gaz sont calculées à partir des gradients de concentrations de gaz (en mg/m³) et des débits d'air dans les salles (m³/h/porc). Les gradients de concentrations correspondent à la différence entre les concentrations mesurées dans l'air extrait de la salle (gaine d'extraction) et dans l'air extérieur. Le débit de ventilation est estimé à partir du bilan CO₂ en considérant que la ventilation explique la relation entre la production et le gradient de CO₂ : le taux de ventilation est calculé comme étant le rapport du gradient de CO₂ divisé par la production de CO₂ sortant de la ventilation (Hassouna et Eglin, 2015). Pour chaque bande, les émissions cumulées sont obtenues, correspondant aux émissions totales émises durant toute la période de mesure. Ce cumul permet de déterminer les émissions moyennes de chaque gaz par porc et par jour d'engraissement (en g/porc/jour) et de faciliter la comparaison avec les données existantes.

1.3.6. Contrôle des mesures d'émissions gazeuses

Le contrôle des mesures d'émissions est réalisé en trois étapes (Hassouna et Eglin, 2015). La première étape est la réalisation d'un bilan de masse sur le phosphore, élément non volatil. L'écart entre le phosphore « sortant » (rejeté et retenu par les animaux durant l'engraissement) et le phosphore « entrant » (ingéré) doit être nul (aux incertitudes près) pour valider les mesures réalisées (données d'entrée, prélèvements des effluents). Etant donné la difficulté pour échantillonner les effluents, les incertitudes sur les analyses et les données d'entrée, on peut considérer comme acceptable une erreur inférieure ou égale à 10%. Ainsi, le rapport des sorties sur les entrées de phosphore doit être supérieur ou égal à 90%.

La seconde étape consiste à calculer des bilans de masse sur l'eau, l'azote et le carbone. La différence, appelée « défaut de bilan de masse » est alors présumée correspondre, aux erreurs de mesure près, aux quantités de H₂O, N ou C volatilisées, respectivement, sous forme de vapeur pour l'eau (H₂O), d'ammoniac (NH₃), de protoxyde d'azote (N₂O), et de diazote (N₂) pour l'azote (N) et sous forme de méthane (CH₄) et de dioxyde de carbone (CO₂) pour le carbone (C).

La troisième étape consiste à comparer les défauts de bilan de masse (correspondant aux pertes gazeuses) avec les émissions mesurées par l'analyseur de gaz. Elles doivent correspondre entre-elles selon les équations suivantes :

- Emission cumulée H₂O = H₂O volatilisé
- Emissions cumulées N-NH₃ + N-N₂O <= N volatilisé
- Emissions cumulées C-CH₄ + C-CO₂ <= C volatilisé

Seul l'élément H₂O permet de valider les mesures. En effet, pour l'azote et le carbone, les émissions cumulées de ces gaz peuvent être inférieures aux défauts de bilan de masse. Etant donné les incertitudes de mesure, on considère qu'une différence inférieure à 30% entre ces deux modalités d'estimation des pertes est acceptable (Hassouna et Eglin, 2015). Ainsi le rapport entre les défauts de bilans et les pertes mesurées en H₂O doit être supérieur à 70% pour valider la mesure avec l'analyseur de gaz sur l'azote, le carbone et l'eau.

1.4. Analyse des résultats

Les données des deux bandes ont été traitées au moyen d'une analyse de variance (logiciel R 3.1.2), le poids d'abattage étant considéré en covariable pour les caractéristiques de carcasse. Les effets régime, bandes et sexe ainsi que leurs interactions ont été testées. Une comparaison numérique a été réalisée entre les concentrations gazeuses dans l'air ambiant et les émissions gazeuses mesurées dans la salle « biphasé » et celles mesurées dans la salle « multiphasé ». Cela permet d'analyser l'effet de l'alimentation « multiphasé » sur la qualité de l'air et les émissions en ammoniac, méthane et protoxyde d'azote. La comparaison entre les deux salles a également été réalisée sur les rejets azotés et la composition des effluents (Hassouna et Eglin, 2015).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Performances zootechniques

Aucun effet bande sur les performances (p = 0,27) et la qualité des carcasses (p = 0,48) n'a été constaté, les données de ces deux bandes ont de ce fait été cumulées.

Au début de l'engraissement, la croissance des porcs du régime « multiphasé » était plus faible en comparaison avec le régime « biphasé ». Cette différence s'est réduite pour n'être qu'une tendance sur l'ensemble de la période d'engraissement (P=0,096) : elle peut être attribuée à une période de distribution de l'aliment croissance multiphasé seul trop courte (1 semaine). Aucune différence significative n'a été constatée entre les sexes pour chacun des régimes pour les poids à différents stades et sur l'ensemble de la période, le GMQ, et pour la qualité de carcasse (Tableau 2).

Aucun effet significatif n'a été observé sur les performances, sur les quatre composantes de la carcasse (G3, G4, M3, M4) et le TMP moyen mesuré entre les deux régimes. La plus-value obtenue est identique quels que soient le régime et le sexe (Tableau 2). Aucune interaction entre régime et sexe n'est également constatée.

Les indices de consommation standardisés (Aubry *et al.*, 2004) étant déterminés par case, le nombre de valeurs n'est pas suffisant pour réaliser un traitement statistique sur ce critère. Une légère dégradation de cet indice est observée pour le régime « multiphase » (2,50) par rapport au régime « biphasé » (2,42). En utilisant les valeurs de MAT mesurées ainsi que la teneur en lysine totale, le régime « multiphase » a permis de réduire la consommation de MAT de 14 % et celle de lysine de 12 % et ceci bien que les animaux aient un indice de consommation moins performant.

Tableau 2 : Effet des régimes « biphasé » et « multiphase » (bandes cumulées) sur les performances de porcs en engraissement¹

Régimes	Biphase	Multiphase	ETR ²
Sexe ³	C + F	C + F	
Nb de porcs	128	131	/
Poids début, kg	25,2	25,2	3,0
Poids après 42 jours, kg	58,9	56,9	5,9
Poids après 84 jours, kg	100,5	96,8	7,2
Durée d'engraissement, j	101,7	103,8	6,7
GMQ, g/j ⁴	907	877	71
CMJ, kg/j ⁴	2,18	2,14	
IC, g/g ⁴	2,42	2,50	
Poids de carcasse, kg	90,2	89,4	
G3, mm ⁵	13,3	13,7	2,6
G4, mm ⁵	21,1	21,0	2,6
M3, mm ⁵	78,2	77,6	5,6
M4, mm ⁵	62,6	62,3	4,6
TMP, % ⁵	61,7	61,6	1,9
Plus-value, cent €/kg	17,3	17,6	2,7

¹ Les valeurs exprimées sont des valeurs brutes. ² ETR : écart-type résiduel. Absence d'effet significatif du régime, du sexe et de l'interaction régime*sexe ³ C : castrats F : femelle. ⁴ GMQ : gain moyen quotidien ; CMJ : consommation moyenne journalière ; IC : indice de consommation ; critères standardisés 30-115 kg. ⁵ Mesures d'épaisseurs de gras (G3, G4) et de muscle (M3, M4) à l'image Meater ; TMP : taux de muscle des pièces = $60,12 - 0,487 * G3 - 0,163 * G4 + 0,111 * M3 + 0,036 * M4$.

2.2. Bilans de masse en phosphore, azote, carbone, eau

Les données permettant le calcul et l'analyse des bilans de masse en P, H₂O, N et C et sont présentées par bande et par régime dans le tableau 3. Il s'agit des quantités de P, H₂O, N et C (en kg/porc) ingérées, retenues, excrétées et contenues dans les effluents, les rapports des « sorties » sur les « entrées » (en %), les défauts de bilan (en kg/porc), les pertes mesurées avec l'analyseur de gaz (comparables aux défauts de bilans) ainsi que le rapport des défaut de bilan sur les pertes mesurées (en %). Les rapports des « sorties » sur les « entrées » en phosphore sont pour la bande 1 de 89% (biphase) et 90% (multiphase) et pour la bande 2 de 100% (biphase) et 102% (multiphase) (tableau 3). Ces résultats permettent de valider les données d'entrée et les prélèvements d'effluents.

2.2.1. Quantités d'éléments ingérés

L'écart sur les quantités d'azote ingéré entre les régimes « biphasé » et « multiphase » est plus élevé pour la bande 1 avec

un écart de 18% (5,7 vs 4,7 kg N/porc) que pour la bande 2 avec un écart de 12% (5,3 vs 4,7 kg N/porc). Ce résultat est lié à des différences constatées entre les valeurs de teneur en MAT calculées et mesurées (analyses d'aliment) du régime « multiphase » en finition de la bande 1 (11,9% au lieu de 13% MAT) et du régime « biphasé » en finition de la bande 2 (14,4% au lieu de 15% MAT). Les quantités de phosphore ingéré sont plus élevées pour les porcs alimentés en « biphasé » que pour ceux alimentés en « multiphase » avec un écart de 18% entre les deux régimes pour la bande 1 (0,98 vs 0,81 kg P/porc) et de 14% pour la bande 2 (0,86 vs 0,74 kg P/porc). Peu d'écart sur les quantités de carbone ingéré est observé entre les deux régimes. Enfin, les quantités d'eau ingéré sont supérieures en régime « multiphase » par rapport au régime « biphasé » de 10% (bande 1) et de 9% (bande 2). En effet, les porcs alimentés en « multiphase à bas taux protéique » ont consommé plus d'eau que ceux alimentés en biphasé avec une consommation de 5,7 vs 5,1 kg d'eau/porc/jour pour la bande 1 et de 5,5 vs 5,3 kg d'eau/porc/jour pour la bande 2.

2.2.2. Quantités d'éléments excrétés

L'excrétion azotée des porcs alimentés en « biphasé » s'élève à respectivement 3,30 kg et 3,07 kg par porc pour les bandes 1 et 2 (Tableau 3). L'alimentation « multiphase à bas taux protéique » a permis une réduction des rejets azotés de 31% pour la bande 1 et de 21% pour la bande 2. La différence de réduction des rejets azotés entre les deux bandes s'explique par l'écart des quantités d'azote ingéré entre les bandes 1 et 2. Ces réductions sont supérieures à celles issues de la bibliographie. Néanmoins, les challenges étaient différents : Chauvel et Granier (1996) ont mesuré une réduction de 9% en comparant un aliment « biphasé » à 18,1% de MAT en croissance et à 16,1% de MAT en finition avec un mélange hebdomadaire et progressif de 18,9% à 14,9% de MAT. Pomar *et al.* (2007) ont mesuré 12% de réduction en comparant une alimentation à trois phases et une alimentation multiphase avec un ajustement quotidien du mélange.

Les excréments phosphorés des porcs alimentés en « biphasé » sont de 0,48 kg par porc (bande 1) et de 0,39 kg par porc (bande 2). Une forte réduction des rejets en phosphore est observée sur les porcs alimentés en « multiphase à bas taux protéique » par rapport au régime « biphasé ». Ces réductions s'élèvent à 35% (bande 1) et à 31% (bande 2). Ce résultat est lié à une diminution importante du phosphore ingéré par les animaux recevant une alimentation « multiphase » du fait de la réduction de l'incorporation de tourteaux riches en phosphore.

2.2.3. Volumes et compositions des effluents produits

Les volumes d'effluents produits par les porcs alimentés en « multiphase » sont de 342 kg par porc et de 311 kg par porc respectivement pour les bandes 1 et 2. Ils sont plus élevés que ceux des porcs alimentés en « biphasé » qui s'élèvent à 280 kg par porc (bande 1) et à 272 kg par porc (bande 2). Ceci est lié à une consommation en eau supérieure chez les animaux du régime « multiphase ». Ce résultat a pour conséquence une teneur en matière sèche du lisier des salles « multiphase » plus faible que celle du lisier des salles « biphasé ».

Les résultats sur la composition des effluents produits (tableau 4) montrent que des réductions sur la teneur en azote ammoniacal des lisiers de 41% (1,9 vs 3,2 kg/m³) et de 28% (2,5 vs 3,5 kg/m³) ont été observées avec une alimentation « multiphase » par rapport à « biphasé » respectivement pour les bandes 1 et 2.

Tableau 3 - Bilans de masse en phosphore, eau, azote et carbone et pour les bandes 1 et 2

	Bande	Régime	Ingéré (kg/porc)	Retenu (Kg/porc)	Excrété (kg/porc)	Effluent (kg/porc)	Sorties / Entrées (%)	Défaut de bilan (kg/porc)	Pertes gazeuses mesurées (kg/porc)	Défaut de bilan / pertes mesurées (%)
P	1	Biphase	0,98	0,50	0,48	0,37	89%	/	/	/
		Multiphase	0,81	0,50	0,31	0,24	90%	/	/	/
	2	Biphase	0,86	0,47	0,39	0,40	100%	/	/	/
		Multiphase	0,74	0,47	0,27	0,29	102%	/	/	/
H ₂ O	1	Biphase	617	50	567	259	50%	308	259	84%
		Multiphase	678	50	628	323	55%	305	264	87%
	2	Biphase	564	48	516	251	53%	265	200	76%
		Multiphase	615	48	567	290	55%	278	226	82%
N	1	Biphase	5,7	2,4	3,3	1,5	68%	1,8	1,1	59%
		Multiphase	4,7	2,4	2,3	1,1	75%	1,1	0,7	64%
	2	Biphase	5,3	2,3	3,1	1,6	72%	1,5	0,8	56%
		Multiphase	4,7	2,3	2,4	1,3	77%	1,1	0,7	64%
C	1	Biphase	88,9	16,8	72,	8,5	29%	63,5	50,6	80%
		Multiphase	92,0	16,5	75,4	6,9	25%	68,6	52,5	77%
	2	Biphase	87,5	15,8	71,8	9,0	28%	62,7	50,3	80%
		Multiphase	88,6	15,7	73,0	8,3	27%	64,6	52,2	81%

Tableau 4 – Composition des effluents produits avec une alimentation « biphase » et « multiphase » pour les bandes 1 et bande 2

	Bande 1		Bande 2	
	Biphase	Multi-phase	Biphase	Multi-phase
% MS	7,3	5,4	7,5	6,8
N total (kg/m ³)	5,3	3,3	5,9	4,3
P ₂ O ₅ (kg/m ³)	3,0	1,6	3,3	2,1
K ₂ O (kg/m ³)	5,1	3,5	5,2	4,1
matière minérale (%)	1,9	1,7	2,0	2,1
matière organique (%)	5,4	3,7	5,8	4,8
N organique (kg/m ³)	2,1	1,4	2,4	1,8
N ammoniacal (kg/m ³)	3,2	1,9	3,5	2,5

2.2.4. Pertes gazeuses

La comparaison des défauts de bilan de masse et des pertes mesurées en H₂O confirme l'ordre de grandeur des émissions mesurées avec l'analyseur de gaz (tableau 3). Pour l'azote, un écart important est observé entre les défauts de bilan de masse et les pertes mesurées avec l'analyseur de gaz. Ce résultat peut être lié à un brassage trop intensif des effluents au moment de l'échantillonnage favorisant la volatilisation de l'ammoniac (non mesurée) au cours de cette étape. Il peut également être dû à l'analyse des effluents en laboratoire. En effet, le séchage des effluents avant l'analyse peut entraîner une volatilisation de l'azote et par conséquent une sous-estimation de l'azote contenu dans les effluents. Enfin, pour le carbone, les pertes mesurées sont proches des défauts de bilans de masse. Le rapport du défaut de bilan en eau sur les pertes mesurées étant supérieur à 70%, les données enregistrées par l'analyseur

de gaz sur le carbone et l'azote sont jugées correctes. Les facteurs d'émissions (en g/porc/jour) d'ammoniac, de protoxyde d'azote, de méthane et de dioxyde de carbone sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 – Emissions d'ammoniac, de protoxyde d'azote, de méthane et de dioxyde de carbone (en g/porc/jour) avec un régime « biphase » ou « multiphase à bas taux protéique »

	Bande 1		Bande 2	
	Biphase	Multiphase	Biphase	Multiphase
NH ₃	14,7	8,8	10,5	8,2
N ₂ O	0,3	0,3	0,2	0,3
CH ₄	7,1	6,1	5,9	5,8
CO ₂	1840	1838	1871	1864

Les émissions d'ammoniac de la salle « biphase » sont de 14,7 et de 10,5 g/porc/jour respectivement pour les bandes 1 et 2.

Lorsque les animaux sont alimentés en « multiphase à bas taux protéiques », les émissions d'ammoniac sont réduites de 40% avec un facteur d'émission de 8,8 g/porc/jour (bande 1) et de 21% avec un facteur d'émission de 8,2 g/porc/jour (bande 2).

Pour les deux régimes, les facteurs d'émission mesurés sont en accord avec ceux de la bibliographie. En effet, d'après Philippe (2014), les émissions d'ammoniac varient de 4 à 14 g/jour/porc en engraissement de porc tous systèmes de gestion des effluents et tous modes d'alimentation confondus.

Concernant le méthane, les facteurs d'émissions mesurés sont très inférieurs aux valeurs rapportées par la bibliographie : en effet, selon Philippe (2014), les émissions de méthane des porcheries d'engraissement varient de 2 à 30 g/porc/jour. Avec l'alimentation « multiphase », la réduction des émissions de la bande 1 a atteint 14% mais celle de la bande 2 seulement 2%.

On ne peut donc pas conclure à un effet du régime sur les émissions de méthane, les taux d'abattement étant de l'ordre de l'incertitude de mesure.

Une analyse par chromatographie en phase gazeuse permettrait de préciser ces résultats sur les émissions de méthane.

Enfin, pour le protoxyde d'azote, les facteurs d'émissions sont très faibles et à la limite de détection de l'analyseur de gaz.

2.3. Qualité de l'air

Les concentrations moyennes en ammoniac dans la salle « multiphase » ont été réduites de 43% (bande 1 : 13,2 vs 23,1 mg/m³) et de 35% (bande 2 : 13,3 vs 20,3 mg/m³) par rapport à la salle « biphasé » avec un débit d'air identique entre les deux salles.

L'alimentation « multiphase à bas taux protéique » a donc permis d'améliorer la qualité de l'air en engraissement ; les concentrations moyennes sont en dessous de la valeur limite d'exposition (VLE-15 minutes) de 20 ppm soit 14 mg/m³ selon l'article R.231.58 du Code du travail.

Toutefois, quel que soit le régime, les concentrations mesurées restent au-dessus de la valeur moyenne d'exposition (VME-8 heures = 10 ppm) soit 7 mg/m³ à partir de la deuxième semaine d'engraissement.

CONCLUSION

Pour les deux bandes suivies, aucune différence significative n'a été observée sur les performances zootechniques ni sur la valorisation des carcasses entre les deux régimes. L'alimentation « multiphase à bas taux protéique » a permis de réduire la consommation de MAT de 14 % et celle de lysine de 12 % et ceci bien que les animaux aient un indice de consommation légèrement moins performant. La plus-value au kilo de carcasse entre les deux régimes est très proche avec 17,3 cents €/kg en alimentation « biphasé » et 17,6 cents €/kg en alimentation « multiphase à bas taux protéique ». Avec une alimentation « multiphase », les rejets azotés sont réduits de 31% pour la bande 1 et de 21% pour la bande 2, les rejets phosphorés de 35% et de 31% respectivement pour les bandes 1 et 2 ; en conséquence, une réduction des émissions d'ammoniac est aussi observée, de 40% pour la bande 1 et 21% pour la bande 2 par rapport à une alimentation « biphasé ». Par ailleurs, aucun effet du régime n'a été montré sur les émissions de gaz à effet de serre (méthane et protoxyde d'azote). Finalement, ces résultats démontrent l'intérêt d'ajuster les apports au cours de la vie de l'animal. Ces intérêts sont multiples et s'intègrent dans la volonté commune d'aller vers un élevage plus durable en jouant sur des aspects environnementaux, économiques et sociétaux.

L'alimentation multiphase cumulée à une réduction du niveau de protéine des aliments est une première étape vers l'alimentation de précision.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aubry A., Quiniou N., Le Cozler Y., Querné M., 2004. Modélisation de la croissance et de la consommation d'aliment des porcs de la naissance à l'abattage : actualisation des coefficients appliqués aux critères standardisés de performances en Gestion Technico-Économique. Journées Rech. Porcine, 36, 429-432.
- Bourdon D., Dourmad J.Y., Henry H., 1995. Réduction des rejets azotés chez le porc en croissance par la mise en œuvre de l'alimentation multiphase, associée à l'abaissement du taux azoté. Journées Rech. Porcine, 27, 269-278.
- Chauvel J., Granier R., 1996. Effet de l'alimentation multiphase sur la croissance et les rejets azotés du porc charcutier. Journées Rech. Porcine, 28, 249-256.
- CORPEN, 2003. Estimation des rejets d'azote – phosphore – potassium – cuivre et zinc des porcs. Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections produites. Juin 2003. 41 p.
- Dourmad J.Y., Henry Y., Bourbon D., Quiniou D., Guillou D., 1993. Effect of growth potential and dietary protein input on growth performance, carcass characteristics and nitrogen output in growing-finishing pigs. EEAP Publication, 69, 206-212.
- Dourmad J.Y., Rigolot C., Jondreville C., 2009. Influence de la nutrition sur l'excrétion d'azote, de phosphore, de cuivre et de zinc des porcs, et sur les émissions d'ammoniac, de gaz à effet de serre et d'odeurs. In : Les nouveaux enjeux de la nutrition et de l'alimentation du porc. Le Floch N., Quesnel H.(Eds). Dossier, INRA Prod. Anim., 22, 41-48.
- Latimier P., Dourmad J.Y., Corlouer A., 1993. Incidence sur les performances et les rejets azotés du porc charcutier de trois conduites alimentaires différenciées par l'apport de protéines. Journées Rech. Porcine Fr, 25, 295-300.
- Hassouna M. et Eglin T., 2015. Mesurer les émissions gazeuses en élevage : gaz à effet de serre, ammoniac et oxydes d'azote. Diffusion INRA-ADEME. 314 p. ISBN : 2-7380-1374-0.
- Levasseur P., 2005. Composition des effluents porcins et de leur co-produits de traitement – quantités produites. ITP - 40p.
- Osada T., Takada R., Shinzato I., 2011. Potential reduction of greenhouse gas emission from swine manure by using a low—protein diet supplemented with synthetic amino acids. Anim. Feed Sci. Technol., 166-67, 562-574.
- Philippe F.X., 2014. Émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre associées à l'hébergement de porcs charcutiers et de truies gestantes sur caillebotis et sur litière paillée. Thèse pour l'obtention du grade de docteur en sciences vétérinaires. Université de Liège. 306 pages.
- Pomar C., Pomar J., Babot D., Dubeau F., 2007. Effet d'une alimentation multiphase quotidienne sur les performances zootechniques, la composition corporelle et les rejets d'azote et de phosphore du porc charcutier. Journées Rech. Porcine Fr, 39, 23-30.
- Portejoie S., Dourmad J.Y., Martinez J., Lebreton Y., 2004. Effect of lowering dietary crude protein on nitrogen excretion, manure composition and ammonia emission from fattening pigs. Livest. Prod. Sci., 91, 44-45.
- Quiniou N., Primot Y., Peyronnet C., Quinsac A., 2011. Interest of using synthetic amino acids, including L-Valine, for formulating low crude protein pig diets based on rapeseed meal. In: Porc of the 62nd Annual Meeting of European Association of Animal Production, Stavanger, Norvège, 17.
- Roy H., Lecuelle S., Corrent E., 2014. Effet de la réduction de la teneur en matières azotées totales sur les performances zootechniques et de carcasse de porcs charcutiers. Journées Rech. Porcine Fr, 46, 127-128.