

Impact du statut sanitaire en post-sevrage sur les performances de croissance et les niveaux plasmatiques d'acides aminés, de minéraux et de vitamines

Nathalie LE FLOC'H (1), Catherine JONDREVILLE (1), Delphine MELCHIOR (1), Bernard SÈVE (1), Jacques MATTE (2)

(1) INRA-UMRVP 35590 Saint Gilles

(2) Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de R & D sur le Bovin Laitier et le Porc, Sherbrooke (Lennoxville), Qc, Canada.

avec la collaboration technique de Sandrine HILLION, Christèle HOMO, Nadine MÉZIÈRE, B. CARRISSANT, Y. COLLÉAUX, H. DEMAY, B. DUTEUIL, M. LEFÈVRE, P. TOUANEL, (1) et Michèle GUILLETTE (2)

Impact du statut sanitaire en post-sevrage sur les performances de croissance et les niveaux plasmatiques d'acides aminés, de minéraux et de vitamines

La validation des travaux de recherche sur les interactions entre la nutrition et la santé des porcs nécessite la mise au point de modèles pouvant reproduire les effets de la détérioration du statut sanitaire sur l'expression des performances de croissance. Dans cette expérience, 40 porcelets sont sevrés à 28 jours et répartis en 20 paires sur la base de la portée et du poids vif. Dans chaque paire, chaque porcelet est affecté à un des 2 lots expérimentaux. Un lot d'animaux est transféré dans des locaux nettoyés et désinfectés et reçoit un aliment supplémenté en antibiotique pendant toute la période expérimentale. Le second groupe de porcelets est élevé dans des salles utilisées en continu, associé à des porcelets non expérimentaux et nourris avec le même aliment que le groupe précédant mais sans antibiotique. Les animaux de chaque paire reçoivent la même quantité d'aliment. La détérioration de la qualité sanitaire de l'environnement se traduit par une baisse des performances de croissance de 0 à 20 jours post sevrage puis de 36 à 45 jours post -evrage. Elles se traduit également par une augmentation des concentrations d'haptoglobine, de vitamine B₁₂, de cuivre et de lysine et une diminution de celles de glutathion, de P-5-P et de folates, de thréonine et de tryptophane. Ces résultats montrent donc qu'une stimulation modérée du système immunitaire peut être obtenue en détériorant l'environnement des animaux et qu'elle se traduit par une baisse des performances et une modification de l'utilisation de certains nutriments.

The impact of sanitary status on piglet growth performance and plasma contents of copper, zinc, vitamins and amino acids

In order to validate the works on nutrition and pig health interactions it is necessary to develop adequate models that reproduce the consequences of depressed sanitary conditions on growth performance and immune response. In this experiment, 20 pairs of littermate piglets were weaned and selected at 28 days of age on the basis of their body weight. Within each pair, piglets were pair-fed and each one was affected to one of the two experimental groups. The first group was housed in a clean environment and was fed an antibiotic supplemented standard diet. The second group was kept in unsanitary rooms, mixed with non experimental piglets and was fed the same standard diet but without antibiotic supplementation. Piglets raised in unsanitary environment had significantly lower rates of weight gain and efficiencies of food utilisation from weaning to 20 days post weaning then from 36 d to 45 d post weaning. They also had higher plasma concentrations of haptoglobin, copper, vitamin B₁₂ and lysine but lower concentrations of glutathione, P-5-P, folic acid, threonine and tryptophan. Our results showed that a moderate activation of immune response obtained by depressing the sanitary quality of environment leads to a reduction of growth performance and a modification of nutrient utilisation.

INTRODUCTION

L'état de santé des porcs ne leur permet pas d'exprimer pleinement leurs performances de croissance. L'utilisation des facteurs de croissance comme les antibiotiques et le cuivre à doses pharmacologiques a contribué à préserver la santé des animaux. Or, la plupart des pays européens ont choisi de limiter voire de supprimer l'utilisation des facteurs de croissance dans l'alimentation. Dans ce contexte, il devient intéressant de développer des alternatives non médicamenteuses permettant de renforcer les défenses immunitaires de l'animal tout en préservant les performances. Les travaux conduits à l'INRA de Saint Gilles se sont orientés depuis peu vers la recherche de solutions alternatives nutritionnelles. Il s'agit par exemple de déterminer des besoins spécifiques en certains nutriments engendrés par la stimulation de la réponse immunitaire et de comprendre l'implication de ces nutriments dans les processus de croissance et les fonctions de défense de l'organisme. Les domaines d'application de ce type de recherches concernent l'alimentation au cours des périodes critiques d'élevage comme le sevrage qui coïncide avec le développement de l'immunité active. Plus généralement, toutes les phases de transition de l'élevage, qui sont l'occasion de regroupement d'animaux, peuvent nécessiter un soutien de la fonction immunitaire. L'alimentation peut être également adaptée lors de l'installation dans un élevage de pathologies chroniques de symptomatologie fruste (pathologie respiratoire comme la bronchopneumonie), le principal signe clinique étant une détérioration de l'indice de consommation.

La plupart des travaux réalisés ont fait appel à des modèles expérimentaux très éloignés des conditions d'élevage. Aussi, la mise au point du modèle présenté dans cet article répond à un besoin de développement d'un modèle expérimental reproduisant les conditions sanitaires des élevages et nous permettant de valider l'utilisation d'alternatives nutritionnelles. L'objectif était de modifier le statut sanitaire des porcs et d'induire une réponse immunitaire modérée sans avoir recours à l'inoculation de bactéries pathogènes ou de substances chimiques. Par ailleurs, une des originalités de l'expérience présentée est le contrôle des consommations alimentaires par la pratique du pair-feeding entre les lots d'animaux. Cette technique permet d'identifier les effets propres de la stimulation du système immunitaire sur l'ensemble des paramètres mesurés.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Animaux et aliments

Quarante porcelets (Piétrain x (Landrace x Large White)) ont été sevrés à 28 jours à un poids moyen de 8,6 kg. Ils ont été répartis en 20 paires de frères ou de sœurs sur la base du poids vif. Pendant la période post-sevrage (PS) allant du jour du sevrage à 35 jours après le sevrage, ils ont été nourris successivement avec un aliment premier âge jusqu'à 20 j post-sevrage (3 430 kcal ED, 20 % MAT, 1,20 % de lysine) puis, deuxième âge de 21 j à 35 j post-sevrage (3 240 kcal ED, 19,1 % MAT, 1,14 % de lysine). Les aliments sont des aliments standards de l'élevage de Saint Gilles supplémentés ou non en antibiotique (Avilamycine à 4 g/100 kg d'ali-

ment). Les teneurs en cuivre et zinc sont respectivement de 20 et 130 ppm. Trente cinq jours après le sevrage, les porcelets sont transférés dans un bâtiment d'engraissement où les observations sont poursuivies pendant 10 jours supplémentaires. Ils continuent à recevoir l'aliment deuxième âge supplémenté ou non en oxytétracycline à 150 g/100 kg (le traitement à l'oxytétracycline permet la prévention de l'infection par *Haemophilus*).

1.2. Conduite expérimentale

Au sein de chaque paire, un porcelet est affecté dès le jour du sevrage à un des 2 groupes expérimentaux :

- le premier groupe d'animaux (groupe témoin) est transféré dans des salles nettoyées et désinfectées après le départ de la bande précédente. Les porcs reçoivent les aliments supplémentés en antibiotique tout au long de la période expérimentale.
- le second groupe est muté dans des salles non nettoyées après le départ d'animaux non expérimentaux appartenant à une précédente bande. Les porcs reçoivent le même aliment que les animaux du groupe témoin mais sans antibiotique. De plus, afin d'accroître la pression microbienne, des animaux non expérimentaux sont élevés dans les mêmes salles que les animaux de l'essai. Les mêmes conditions sont respectées dans le bâtiment d'engraissement.

Les mêmes conditions de température et de ventilation sont respectées dans toutes les salles où les animaux sont élevés en loges individuelles. Un plan d'alimentation établi à l'UMRVP permet d'accroître progressivement la quantité d'aliment distribué à 100 g/kg^{0,75}. Ce rationnement est calculé pour chaque paire d'animaux afin, d'une part, d'éviter les refus et, d'autre part, que les 2 animaux de la même paire reçoivent exactement la même quantité d'aliment. Cette technique de rationnement encore appelée « pair-feeding » permet la prise en compte des effets propres de la stimulation du système immunitaire induite par la détérioration de l'environnement sanitaire sur les performances de croissance et les concentrations de nutriments dosées dans le plasma. Les porcelets sont pesés après une nuit de jeûne une fois par semaine. Des prises de sang sont également effectuées à jeun dans la veine jugulaire 13, 34 et 41 jours après le sevrage.

1.3. Analyses de laboratoire

Les teneurs en glutathion total sont mesurées dans le sang total selon la méthode colorimétrique décrite par TIETZE (1969). Les autres dosages sont réalisés dans le plasma. Les concentrations d'acides aminés sont mesurées par chromatographie liquide sur résine échangeuse d'ions (Biotronik LC 5001) et celles de tryptophane par HPLC (Système Alliance, Waters). Les concentrations plasmatiques d'haptoglobine sont mesurées à l'aide d'un kit commercial (Phase Haptoglobin Assay, Tridelata Development Limited, Irlande). Les teneurs en zinc et cuivre des plasmas sont mesurées par spectrométrie d'absorption atomique (SpectrAA 220 FS, Varian, Springvale, Australie). Les concentrations sériques de folates et de vitamine B₁₂ ont été mesurées par une méthode radio-isotopique validée précédemment par TREMBLAY et al (1986) et BILODEAU et al (1989) (Quantaphasell,

folate and vitamin B₁₂ radioassays, Laboratoires Bio Rad, Canada). Les concentrations plasmatiques de pyridoxal-5-phosphate (P5P) ont été mesurées par une méthode fluorométrique (MATTE et al, 1997).

1.4. Analyses statistiques

Les données sont analysées par une analyse de variance selon la procédure GLM de SAS (SAS, 1989). Les 2 traitements expérimentaux sont comparés intra-paire en utilisant l'interaction traitement x paire comme erreur résiduelle.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. les performances de croissance (tableau 1)

Les consommations alimentaires ont été parfaitement contrôlées par le rationnement et la pratique du pair-feeding pendant la période PS. Des refus ont cependant été répertoriés au cours de la période de transition en engraissement (+ 36 j à + 45 j PS) chez les animaux élevés dans des mauvaises conditions sanitaires et ce, malgré le rationnement imposé. Au cours de la période 1^{er} premier âge (0 à 20 j PS), les animaux élevés dans les salles non nettoyées ont exprimé de plus faibles performances de croissance que les animaux des salles propres (P = 0,02 et 0,03 pour le GMQ et l'IC). Il n'y a plus aucune différence de performance de croissance durant la période 2^{ème} âge (21 j à 35 j PS). Au cours des 10 jours de transition dans l'unité d'engraissement, le GMQ et l'indice de consommation sont à nouveau meilleurs chez les animaux élevés dans de bonnes conditions sanitaires par rapport aux animaux des salles sales (P = 0,004 et 0,002 respectivement).

Des porcs soumis à un stress immunitaire induit par injection de lipopolysaccharide bactérien (VAN HEUGTEN et al,

1994) ou par une détérioration des conditions sanitaires dans lesquels ils sont élevés (COFFEY et al, 1995 ; WILLIAMS et al, 1997) montrent une diminution des vitesses de croissance et de l'efficacité alimentaire. Une augmentation des concentrations circulantes de cytokines pro inflammatoires a été associée à la baisse des performances qui s'explique, en partie, par une diminution des quantités d'aliment ingéré (HARDING et al, 1997 ; JOHNSON, 1997 ; WEBEL et al, 1997). Cependant, notre étude a montré que la diminution des performances de croissance persiste pendant la période de 20 jours qui suit le sevrage alors que les consommations ont été égalisées dans les 2 groupes d'animaux. Cette observation implique donc que la baisse de performances de croissance s'accompagne également d'une modification de l'utilisation des nutriments.

2.2. les teneurs en haptoglobine et en glutathion comme marqueur du statut sanitaire des animaux (tableau 2)

Les concentrations plasmatiques d'haptoglobine sont plus élevées chez les porcs élevés dans des conditions sanitaires dégradées mais la différence n'est significative (P = 0,03) qu'à 13 jours post sevrage (période 1^{er} âge). Nous avons utilisé les concentrations plasmatiques d'haptoglobine comme un marqueur de la stimulation du système immunitaire. L'haptoglobine est une protéine de l'inflammation synthétisée par le foie en réponse à une stimulation par les cytokines dites inflammatoires comme l'IL-6 et l'IL-1 (WASELL, 2000). L'apparition de cette protéine dans le plasma est considérée comme un bon marqueur de pathologies infectieuses (HEEGAARD et al, 1998 ; ASAI et al, 1999 ; KNURA-DESZCZKA et al, 2002), de blessures ou de toute autre pathologie non infectieuse (ECKERSALL et al, 1996 ; MELCHIOR et al, 2002). Il a été également suggéré d'utiliser les teneurs plasmatiques d'haptoglobine comme marqueur de

Tableau 1 - Impact du statut sanitaire sur les performances de croissance des porcelets.

Période	1 ^{er} âge (0-20 j PS)			2 ^{ème} âge (21-35 j PS)			Transition engraissement (36-45 j PS)		
	Salles propres + AB	Salles sales AB	SEM	Salles propres + AB	Salles sales AB	SEM	Salles propres + AB	Salles sales AB	SEM
Poids initial, kg	8,58	8,58	0,05	13,8	13,4	0,11	23,8	23,6	0,18
Gain, kg	5,2 a	4,8 b	0,12	10,1	10,2	0,11	5,8 a	4,7 b	0,17
GMQ, g/j	248 a	228 b	5,66	568	576	7,31	577 a	471 b	17,7
Ingéré moyen, g/j	305	303	2,21	839	838	1,82	1156 a	1105 b	13,8
IC	1,24 a	1,35 b	0,03	1,49	1,46	0,02	2,01 a	2,42 b	0,08

L'effectif est de 20 animaux par traitement.

AB : présence d'antibiotique dans l'aliment.

Pour chaque période, des lettres différentes indiquent une différence significative (P < 0,05) entre les 2 traitements.

Tableau 2 - Impact du statut sanitaire sur les concentrations plasmatiques d'haptoglobine et sanguines de glutathion.

Période	Sevrage + 13 j		Sevrage + 34 j		Sevrage + 41 j		SEM
	Salles propres + AB	Salles sales AB	Salles propres + AB	Salles sales AB	Salles propres + AB	Salles sales AB	
Haptoglobine, g/l	0,39 a	1,01 b	0,39	0,46	1,54	1,98	0,25
Glutathion, mmol/l	0,78 a	0,71 b	0,78	0,79	0,71	0,75	0,01

l'état de santé général des animaux et du statut sanitaire des élevages (HARDING et al, 1997 ; LIPPERHEIDE et al, 2000). Les plus fortes concentrations d'haptoglobine mesurées chez les porcelets des salles non désinfectées seraient ainsi un indicateur de la stimulation de la réponse immunitaire suite à une détérioration de l'environnement des animaux.

Le glutathion est un tri peptide (L- γ -glutamyl-L-cysteinyl-glycine) jouant un rôle prépondérant dans les défenses anti oxydantes de la cellule. Les concentrations sanguines en glutathion sont altérées lors de restrictions alimentaires ou protéiques (CHO et al, 1981 ; JAHOOOR et al, 1995). L'utilisation de ce peptide est augmentée au cours de l'inflammation conduisant à une diminution de ses concentrations sanguines et tissulaires. La restauration des réserves corporelles de glutathion va dépendre de la sévérité et de la durée de l'inflammation mais également de la disponibilité des acides aminés constituant ce peptide. Ainsi, la cystéine est reconnue pour être le principal facteur limitant la reconstitution des réserves de glutathion corporel (CHO et al, 1984). Nos résultats ont montré que durant la période 1^{er} âge (13 j après sevrage), les concentrations sanguines de glutathion sont significativement plus faibles chez les animaux élevés dans de mauvaises conditions sanitaires que chez les porcelets des salles propres ($P = 0,002$). Ce résultat, associé à la réponse de l'haptoglobine, indique que, 13 jours après sevrage, il est possible d'activer le système immunitaire des porcelets en dégradant l'environnement des animaux. La baisse des performances de croissance enregistrée au cours de cette période pourrait donc s'expliquer par la mise en place d'une réponse immunitaire modérée.

2.3. Les concentrations circulantes de minéraux, vitamines et acides aminés

2.3.1. Les concentrations en cuivre et en zinc (tableau 3)

Les concentrations plasmatiques en cuivre mesurées 13 jours après sevrage sont significativement plus élevées chez les animaux élevés dans de mauvaises conditions sanitaires ($P = 0,002$). Il n'y a plus aucune différence entre les deux lots 34 et 41 jours après le sevrage. Les teneurs en zinc ne sont pas affectées par les traitements expérimentaux.

Il est très couramment rapporté dans la littérature que les métabolismes du cuivre et du zinc sont modifiés lors de la

réaction inflammatoire ou au cours d'un état infectieux (BEISEL, 1984). Une augmentation des teneurs plasmatiques en cuivre a été associée à une augmentation des concentrations en céruloplasmine synthétisée par le foie. La céruloplasmine est, au même titre que l'haptoglobine, une protéine inflammatoire. Elle est également le principal transporteur plasmatique de cuivre : plus de 90 % du Cu circulant dans le plasma est lié à la céruloplasmine, globuline contenant 8 atomes de Cu (COUSINS, 1985). La diminution des teneurs plasmatiques en zinc à la suite d'infections expérimentales ou d'injection d'endotoxine bactérienne est fréquemment observée chez les oiseaux (KLASING, 1984 ; ROURA et al, 1992). Ce phénomène serait dû à la séquestration de cet oligo-élément dans le foie associée à la synthèse de métallo enzymes (SCHROEDER et COUSINS, 1990). Cependant, les données chez le porc sont beaucoup plus variables. Ainsi, ROBERTS et al (2002) montrent qu'une injection de LPS n'a aucun effet sur les teneurs plasmatiques en zinc alors que CHESTERS et WILL (1981) rapportent une diminution des teneurs plasmatiques chez des porcelets non carencés, les concentrations demeurant inchangées chez des animaux recevant l'aliment à très faible teneur en zinc. Chez le porc, les teneurs plasmatiques en zinc ne semblent pas être de bons indicateurs de la stimulation du système immunitaire.

2.3.2. Les concentrations en vitamines (tableau 3)

Les concentrations plasmatiques en pyridoxal 5 phosphate (P-5-P) sont moins élevées chez les animaux logés dans de mauvaises conditions sanitaires mais la différence n'est significative qu'à 41 jours post sevrage. Une différence inverse est observée pour l'acide folique et la vitamine B₁₂. Elle est significative aux 3 jours de prélèvement pour la vitamine B₁₂ ($P < 0,05$) et seulement à 13 jours PS pour l'acide folique ($P = 0,03$). Ces effets sont probablement une conséquence métabolique de ceux observés sur les performances car on ne peut les relier à la mesure des indicateurs de la stimulation de la réponse immunitaire.

Les concentrations de P-5-P, forme circulante et active de la vitamine B₆, sont généralement élevées comparativement à ce qui a été précédemment rapporté (MATTE et al, 2001b), probablement une conséquence d'un apport alimentaire en vitamine B₆, 10 ppm, qui excède largement les recommandations habituelles (NRC, 1998 ; MATTE et al, 2001a). Le pool plasmatique de P-5-P ne se sature pas chez le porcelet,

Tableau 3 - Impact du statut sanitaire sur les teneurs plasmatiques en zinc, cuivre et en acide folique, pyridoxal 5 phosphate et vitamine B₁₂

Période	Sevrage + 13 j		Sevrage + 34 j		Sevrage + 41 j		SEM
	Salles propres + AB	Salles sales AB	Salles propres + AB	Salles sales AB	Salles propres + AB	Salles sales AB	
Minéraux							
Cuivre, g/l	1,59 ^a	1,81 ^b	1,87	1,88	2,22	2,28	0,04
Zinc, g/l	1,04	0,94	1,35	1,32	1,17	1,14	0,04
Vitamines							
P 5 P, µg/l	230,7	214,8	199,1	186	219,5 ^a	176,9 ^b	5,9
Folates, µg/l	37,2 ^a	42,2 ^b	36,6	38,8	46,5	47,7	1,5
Vit B12, ng/l	52,9 ^a	62,7 ^b	44,1 ^a	55,4 ^b	48,6 ^a	64,0 ^b	2,7

il varie linéairement avec l'ingéré (MATTE et al, 1998). Il est donc plausible que l'effet observé 41 j PS soit dû, au moins en partie, à la variation de l'ingéré observé pendant cette période. Pour les folates et la vitamine B₁₂, les concentrations plasmatiques sont basses comparativement à ce qui a été précédemment rapporté (BILODEAU et al, 1989 ; STANGL et al, 2000). On peut supposer que soit l'apport alimentaire en vitamines ou sa disponibilité pour l'animal était marginal. En revanche, une telle situation a l'avantage de permettre au pool plasmatique d'être plus sensible aux variations d'utilisation métabolique de ces deux vitamines. Ainsi, pour les folates, 13 j PS, la détérioration des performances pourrait avoir entraîné une épargne de l'utilisation métabolique et, par conséquent, une augmentation de la concentration plasmatique. Par contre, 34 j PS, l'absence d'effet de traitement sur les folates reflèterait l'absence d'effet sur les performances à ce stade. Au jour 41 PS, l'absence de réponse sur les concentrations plasmatiques des folates serait le résultat d'influences combinées et opposées des traitements sur les performances, d'une part, une épargne des folates plasmatiques suite à la détérioration de l'efficacité alimentaire et, d'autre part, une diminution liée à la baisse de l'ingéré.

Pour la vitamine B₁₂, l'effet est plus marqué et il s'accroît avec l'âge. L'explication proposée pour les folates s'applique probablement aussi pour la vitamine B₁₂. Le turnover métabolique beaucoup plus lent de cette vitamine, comparativement aux autres vitamines du complexe B (LEGRUSSE et WATIER, 1990 ; COMBS, 1998), est peut-être à l'origine de

cet effet cumulatif, probablement amplifié par le statut sanitaire, sur les teneurs plasmatiques de vitamine B₁₂.

2.3.3. Les concentrations en acides aminés (tableau 4)

Les concentrations en acides aminés sont exprimées en proportion des acides aminés totaux (tableau 4). Les acides aminés sont relativement peu affectés par le statut sanitaire. Treize jours après le sevrage, la part de la lysine dans les acides aminés plasmatiques totaux est plus faible chez les animaux élevés dans des conditions sanitaires satisfaisantes. Ceci reflète probablement une utilisation accrue de cet acide aminé pour la croissance et le dépôt des protéines musculaires. Trente et un jours après le sevrage, il n'y a plus aucune différence entre les 2 groupes d'animaux alors que 10 jours après le transfert dans l'unité d'engraissement, les teneurs en un plus grand nombre d'acides aminés sont modifiées. Ceci n'est pas surprenant dans la mesure où les consommations alimentaires ont été moins bien contrôlées au cours de cette période. Ainsi, les parts respectives de la thréonine, du tryptophane, de la leucine, pour les acides aminés essentiels, de la cystéine, de la tyrosine et de la proline pour les non essentiels, sont significativement plus faibles chez les animaux élevés dans de mauvaises conditions sanitaires. Une différence inverse est observée pour l'histidine et la glycine. Les plus faibles proportions de thréonine, tryptophane et leucine reflètent probablement le caractère limitant de ces acides aminés dans l'aliment. Ainsi, une modification de l'utilisation des acides aminés dans certaines voies métaboliques spécifiquement induites au cours de

Tableau 4 - Impact du statut sanitaire sur les proportions de chaque acide aminé dans les acides aminés totaux

Période Traitement	Sevrage + 13 j		Sevrage + 34 j		Sevrage + 41 j		SEM
	Salles propres + AB	Salles sales - AB	Salles propres + AB	Salles sales - AB	Salles propres + AB	Salles sales - AB	
Acides aminés essentiels							
Lys	0,64 ^a	1,02 ^b	0,53	0,62	1,22	1,44	0,11
Thr	4,33	3,97	3,97	4,02	2,75 ^a	1,92 ^b	0,24
Met	0,89	0,98	0,73	0,73	0,63	0,68	0,03
Trp	0,43	0,46	0,37	0,37	0,35 ^a	0,29 ^b	0,01
Val	4,47	4,55	3,79	3,66	7,44	7,15	0,13
Leu	2,93	3,03	2,58	2,7	3,66 ^a	3,38 ^b	0,09
Ile	2,75	2,86	1,9	1,96	2,57	2,41	0,06
Phe	1,46	1,59	1,32	1,29	1,64	1,54	0,05
Hist	0,67	0,69	0,92	0,97	0,92 ^a	1,12 ^b	0,05
Arg	1,55	1,41	1,45	1,51	1,65	1,84	0,08
Acides aminés non essentiels							
Gly	26,66	26,12	32,51	31,86	27,49 ^a	31,24 ^b	0,6
Ala	10,79	10,61	8,76	9,05	12,38	11,65	0,38
Glu	7,28 ^a	6,41 ^b	4,76	5,15	6,67	6,76	0,26
Asp	0,55	0,5	0,38	0,43	0,46	0,47	0,02
Ser	3,21	3	3,43	3,28	3,31	3,24	0,07
Cys	1	1,08	1,12	1,17	1,52 ^a	1,39 ^b	0,04
Tyr	0,98	1,07	1,11	1,03	1,22 ^a	1,04 ^b	0,05
Pro	4,65	4,85	6,25	6,35	5,16 ^a	4,87 ^b	0,09
Cit	1,48 ^a	1,26 ^b	1,44	1,41	1,1	1,22	0,05

la réponse immunitaire se répercutera sur les teneurs circulantes car les apports alimentaires et endogènes (réserves corporelles) seront insuffisants pour compenser un accroissement de leur utilisation. Ceci est d'ailleurs vrai pour tous les nutriments étudiés dans cette expérience. Le métabolisme de la thréonine est quantitativement et qualitativement important dans les tissus digestifs. Un apport alimentaire suffisant en thréonine assure l'intégrité et la fonctionnalité du tube digestif, la thréonine étant un constituant majeur des mucines (BALL et al, 1999). Aussi, une augmentation de l'incidence des troubles digestifs pourrait se répercuter sur les concentrations plasmatiques de thréonine. L'incidence de ces troubles est pourtant plus importante autour du sevrage alors que la thréonine n'est pas affectée dans le premier prélèvement effectué il est vrai 13 jours après sevrage. Concernant le tryptophane, des travaux en cours ont montré que l'utilisation métabolique de cet acide aminé était augmentée chez des porcs en situation d'inflammation (MELCHIOR et al, 2002) probablement via une augmentation de son catabolisme. Cependant, les teneurs plasmatiques sont affectées seulement quand le tryptophane est le premier facteur limitant de l'aliment (MELCHIOR et al, 2004).

CONCLUSION

Nos résultats montrent qu'il est possible de stimuler le système immunitaire des porcs en détériorant la qualité de l'environnement dans lequel les animaux sont élevés après le sevrage. Les porcs semblent plus sensibles au moment des phases de transition (sevrage et transition en engraissement). La stimulation du système immunitaire est confirmée par l'analyse des concentrations circulantes de molécules comme l'haptoglobine qui peuvent constituer des marqueurs du statut sanitaire. Par ailleurs, la détérioration des performances de croissance observée durant les périodes de transition n'est pas uniquement due à la baisse des consommations alimentaires mais également à une modification de l'utilisation des nutriments. Nous proposons d'utiliser ce modèle pour des études concernant les interactions entre nutrition et santé et pour valider l'efficacité de solutions alternatives aux antibiotiques.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la société Ajinomoto-Eurolysine S.A.S. pour le soutien financier apporté à ce travail.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASAI T., MORI M., OKADA M., URUNO K., YAZAWA S., SHIBATA I., 1999. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 70, 143-148.
- BALL R.O., LAW G., BERTOLO R.F.P., PENCHARZ P.B., 1999. In « Proceedings of the VIIIth International Symposium on Protein Metabolism and Nutrition », 31.
- BEISEL W.R., 1984. *Prog. Food Nutr. Sci.*, 8, 43-75.
- BILODEAU R., MATTE J.J., DE PASSILLE A.M.B., GIRARD C.L., BRISSON G.J., 1989. *Can. J. Anim. Sci.* 69, 779-788.
- CHESTERS J.K., WILL M., 1981. *Br. J. Nutr.*, 46, 119-130.
- CHO E.S., SAHYOUN N., STEGINK L.D., 1981. *J. Nutr.*, 111, 914-922.
- CHO E.S., JOHNSON N., SNIDER B.C.F., 1984. *J. Nutr.*, 114, 1853-1862.
- COFFEY R.D., CROMWELL G.L., 1995. *J. Anim. Sci.*, 73, 2532-2539.
- COMBS G. F., 1998. *The vitamins. Fundamental aspects in nutrition and health* (2nde édition). Academic Press, CA, USA.
- COUSINS R.J., 1985. *Physiol. Rev.*, 65, 238-309.
- ECKERSALL P.D., SAINI P.K., MCCOMB C., 1996. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 51, 377-385.
- HARDING J.C., BAARSCH M.J., MURTAUGH M.P., 1997. *J. Vet. Med. B*, 44, 405-413.
- HEEGAARD P.M.H., KLAUSEN J., NIELSEN J.P., GONZALES-RAMON N., PINEIRO M., LAMPREAVE F., ALAVA M.A., 1998. *Comp. Biochem. Physiol.*, 119B, 365-373.
- JAHOOOR F., WYKES L.J., REEDS P.J., HENRY J.F., DEL ROSARIO M.P., FRAZER M.E., 1995. *J. Nutr.*, 125, 1462-1472.
- JOHNSON R.W., 1997. *J. Anim. Sci.*, 75, 1244-1255.
- KLASING K.C., 1984. *Am. J. Physiol.*, 247, R901-4.
- KNURA-DESZCZKA S., LIPPERHEIDE C., PETERSEN C., JOBERT J.L., BERTHELOT-HÉRAULT F., KOBISH M., MADEC F., 2002. *J. Vet. Med.*, B49, 240-244.
- LEGRUSSE J., WATIER, B. 1993. *Les vitamines. Données biochimiques, nutritionnelles et cliniques.* CEIV, Paris, France.
- LIPPERHEIDE C., RABE M., KNURA S., PETERSEN B., 2000. *Tierärztl. Umschau*, 55, 30-36.
- MATTE J.J., PONTER A.A., SÈVE B., 1997. *Can. J. Anim. Sci.*, 77, 663-668.
- MATTE J. J., GIGUÈRE A. GIRARD C. L., 1998. *J. Anim. Sci.* 76(Suppl. 1), 190.
- MATTE J.J., GIRARD C.L., GIGUÈRE A., 2001a. *Journées Rech. Porcine en France* 33, 221-226.
- MATTE J. J., GIRARD C. L., SÈVE B., 2001b. *Brit. J. Nutr.* 85, 11-21.
- MELCHIOR D., SÈVE B., LE FLOC'H N., 2002. *Journées Rech. Porcine*, 34, 341-347.
- MELCHIOR D., MÉZIÈRE N., SÈVE B., LE FLOC'H N., 2004. *Journées Rech. Porcine*, 36, 165-172.
- NRC (National research Council). 1988. *National Academy Press*, Washington, DC.
- ROBERTS E.S., VAN HEUGTEN E., LLOYD K., ALMOND G.W., SPEARS J.W., 2002. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 15, 1496-1501.
- ROURA E., HOMEDES J., KLASING K.C., 1992. *J. Nutr.*, 122, 2383-2390.
- SCHROEDER J.J., COUSINS R.J., 1990. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 87, 3137-3141.
- STANGL G.I., ROTH-MAIER D.A., KIRCHGESSNER M., 2000. *J. Nutr.*, 130, 3038-3044.
- TIETZE F., 1969. *Anal. Biochem.*, 27, 502-522.
- TREMBLAY, G. F., MATTE J. J., LEMIEUX, L., BRISSON, G. J., 1986. *J. Anim. Sci.* 63, 1173-1178.
- VAN HEUGTEN E., SPEARS J.W., COFFEY M.T., 1994. *J. Anim. Sci.*, 72, 2661-2669.
- WASSELL J., 2000. *Clin. Lab.*, 46, 547-552.
- WEBEL D.M., FINCK B.N., BAKER D.H., JOHNSON R.W., 1997. *J. Anim. Sci.*, 75, 1514-1520.
- WILLIAMS N.H., STAHLY T.S., ZIMMERMAN D.R., 1997. *J. Anim. Sci.*, 75, 2463-2471.