

Influence du repas sur l'utilisation des nutriments et des vitamines par la mamelle, chez la truie en lactation

J.Y. DOURMAD (1), J.J. MATTE (2), Y. LEBRETON (1), Marie-Leslie FONTIN (3)

(1) INRA, Station de Recherches Porcines - 35590 Saint-Gilles

(2) Agriculture et Agro-alimentaire Canada

Centre de R & D sur le Bovin Laitier et le Porc

CP90, Lennoxville, Québec J1M 1Z3, Canada

(3) ENSAR - 65 rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes Cedex

Avec la collaboration de J.C. Hulin, A. Roger, Christèle David, Brigitte Trépier (1)

Michelle Guillette et A. Giguère (2)

Influence du repas sur l'utilisation des nutriments et des vitamines par la mamelle, chez la truie en lactation

Les effets du repas sur le prélèvement de nutriments (glucose, lactate, triglycérides, acides gras libres (AGL), glycérol, calcium, phosphore, azote α -aminé) et de vitamines (acide folique, riboflavine, vitamine B12) par la mamelle ont été étudiés sur 6 truies multipares de race Large White. Trois séries (à j9, j14 et j21) de prélèvements sanguins (artère carotide et une veine mammaire antérieure) sont réalisées avant et après la distribution d'un repas test de 2,5 kg d'aliment (3250 Kcal ED/kg, 16,5% MAT, 0,85% de lysine, 3 ppm d'acide folique, 4 ppm de riboflavine et 20 ppb de vitamine B12).

Le drainage de vitamines par la glande mammaire est peu important. Par contre, la chute des concentrations sériques de folates et de vitamine B12 entre 9 et 21 jours suggère une utilisation systémique importante de ces deux vitamines pendant la lactation. Les concentrations artérielles et veineuses de glucose, de lactate, d'azote α -aminé et de minéraux augmentent significativement après le repas, tandis qu'elles diminuent pour les AGL, le glycérol et les triglycérides. La différence artério-veineuse augmente significativement après le repas pour les glucides, l'azote α -aminé et le phosphore, et reste stable pour l'urée, le calcium et les triglycérides. A l'opposé, le prélèvement d'AGL et de glycérol s'annule après le repas. La nature des prélèvements de nutriments énergétiques par la mamelle apparaît donc très dépendante du statut nutritionnel de la truie, les AGL étant prélevés seulement à jeun. La relation étroite entre concentration artérielle et différence artério-veineuse d'azote α -aminé semble confirmer le rôle prépondérant des apports d'acides aminés pour la production laitière.

Effect of the meal on the utilisation of some nutrient and vitamins by the mammary gland of the lactating sow

The effect of the meal on the uptake of some nutrients (glucose, lactate, triglycerides, non esterified fatty acids (NEFA), glycerol, calcium, phosphorus, α -amino nitrogen) and vitamins (folic acid, riboflavin, vitamin B12) by the mammary gland was evaluated in six multiparous Large White sows. Three series (d-9, d-14 and d-21) of blood sampling (carotid artery and anterior mammary vein) were realised before and after the distribution of a 2.5 kg meal (3250 Kcal DE/kg, 16,5% CP, 0,85% lysine, 3 ppm folic acid, 4 ppm riboflavin and 20 ppb vitamin B12).

The uptake of vitamins by the mammary gland appears to be low. However, the decrease of plasma concentration of folate and vitamin B12 between d-9 et d-21, suggests that these two vitamins could play an important role for lactation, but in other metabolic pools than the mammary gland. Arterial and venous plasma concentrations of glucose, lactate, α -amino N and minerals increased significantly after the meal, whereas they decreased for NEFA, glycerol and triglycerides. Arterio-venous difference increased significantly after the meal for glucose, lactate, α -amino N and phosphorus, and remained constant for urea, calcium and triglycerides. Whereas NEFA and glycerol uptake decreased to zero 60 mn after the meal. These results indicate that the uptake of nutrient supplying energy to the mammary is largely depending on the nutritional status of the sow. The close relationship found for α -amino N between arterial concentration and arterio-venous difference is in agreement with the predominant effect of amino acid supply on milk production.

INTRODUCTION

Pendant la lactation, la glande mammaire est de loin le principal organe utilisateur des nutriments. On peut ainsi estimer que 75% des dépenses énergétiques (NOBLET et al., 1990) et 90% des besoins en acides aminés (DOURMAD et al., 1998) concernent la synthèse du lait et le fonctionnement de la mamelle. Paradoxalement, très peu de recherches ont été conduites sur le fonctionnement de la mamelle dans l'espèce porcine (TROTIER et al., 1995), alors que les études dans ce domaine sont très nombreuses chez les ruminants (RULQUIN, 1997). Les travaux pionniers sur le métabolisme mammaire chez la truie ont été conduits par LINZEL et al. (1969) et SPINCER et al. (1969). Ils ont montré que les principales sources de carbone (non aminoacides) pour la mamelle sont le glucose, les triglycérides et le lactate. Plus récemment TROTIER et al. (1995, 1997) ont employé cette même approche pour étudier l'utilisation des acides aminés par la mamelle de la truie, avec l'objectif de mieux connaître les rapports optimaux entre les acides aminés pour la lactation.

Pour ce qui concerne les vitamines, nous nous intéresserons à trois vitamines du complexe B dont l'impact sur la productivité de la truie en lactation est encore aujourd'hui peu documenté; il s'agit de l'acide folique, de la vitamine B12 et de la riboflavine (ou vitamine B2). Ce travail exploratoire nous permettra de juger de la pertinence des recommandations actuelles pour les besoins des truies en lactation dont l'estimation n'a pas été actualisée au cours des quarante dernières années. Il est possible que les apports vitaminiques de l'aliment, requis pour maximiser le statut métabolique général et la production laitière des truies modernes, nécessitent une réévaluation. L'acide folique et la riboflavine ont surtout été étudiés en fonction de leur impact sur la truie gravide (MATTE et GIRARD, 1999; PETTIGREW et al., 1996). Pour la vitamine B12, l'information est pratiquement inexistante que ce soit en gestation ou en lactation (NRC, 1998). On sait qu'un supplément est nécessaire, d'une part, parce que cette vitamine n'existe pas chez les végétaux et, d'autre part, parce qu'une déficience chez la truie en lactation est non seulement néfaste pour la croissance postnatale mais pour la survie même des porcelets à la mamelle (FREDERICK et BRISSON, 1961).

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail exploratoire est d'évaluer l'influence de l'état nutritionnel de la truie sur la nature et l'importance du prélèvement de différents nutriments et vitamines par la mamelle.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1 Animaux

Six truies multipares de race Large White, en 3ème ou 4ème lactation, ont été utilisées dans cette expérience. Les portées sont égalisées à 11-12 porcelets le jour suivant la mise bas. Les truies sont nourries 2 fois par jour avec l'aliment standard de lactation utilisé à la station (3250 Kcal ED; 16,5% MAT; 0,85% de lysine). Le supplément vitaminique incorporé dans l'aliment apporte l'équivalent de 3 ppm d'acide folique,

4 ppm de riboflavine et 20 ppb de vitamine B12. Le niveau d'alimentation est fixé à 3,5 kg le jour suivant la mise bas. Ensuite il augmente de 0,5 kg/jour pour atteindre 5,5 kg à j5 et passe à 6,0 kg à partir de j15.

1.2. Prélèvements sanguins

Environ 4 jours après la mise bas, une intervention chirurgicale est réalisée sous anesthésie générale afin de placer un premier cathéter dans une artère carotide et un second dans une veine mammaire antérieure, selon la technique décrite par TROTIER et al. (1995).

Trois séries de prélèvements sont réalisées au cours de la lactation, en moyenne à j9, j14 et j21. Les truies sont mises à jeun à 16h30 le jour précédent chaque série de prélèvements et elles reçoivent un repas test de 2,5 kg à 9h30 le jour du prélèvement. Les prélèvements de sangs artériel et veineux sont effectués simultanément toutes les 30 mn entre 60 mn avant le repas et 3 h après le repas et toutes les heures ensuite, jusque 5 h après le repas. A 12h30, soit trois heures après le repas, les porcelets sont séparés de leur mère et un prélèvement de lait est réalisé 60 minutes plus tard après une injection d'ocytocine.

1.3. Analyses

L'hématocrite et la teneur en gaz (O₂, CO₂) du sang sont mesurés sur le sang frais, immédiatement après le prélèvement. Sur une partie du sang prélevé le sérum est pipeté après coagulation. Le reste du sang est centrifugé. Les plasmas et les sérums sont ensuite stockés à -20°C jusqu'aux analyses. Les teneurs plasmatiques en glucose, lactate, triglycérides, acides gras libre (AGL), glycérol, azote α -aminé, urée, calcium et phosphore sont déterminés à l'aide de méthodes enzymatiques automatisées sur un analyseur Cobas Mira (Roche). Le dosage des folates et de la vitamine B12 est réalisé sur tous les échantillons (sérum) selon les techniques décrites respectivement par TREMBLAY et al. (1986) et BILODEAU et al. (1989). Le dosage de la teneur plasmatique en vitamine B2 est réalisé respectivement sur les échantillons prélevés à 60 mn avant et 150 mn après le repas selon une méthode HPLC qui dose l'ensemble des formes actives, soit FMN, FAD et riboflavine (DORCEUS et al., 1998).

1.4. Calculs statistiques

Les données ont été analysées par analyse de variance à l'aide d'un modèle prenant en compte les effets truies, stade de lactation et heure de prélèvement (SAS, 1990). La signification statistique des différences artério-veineuses a été testée à l'aide du test T apparié.

2. RÉSULTATS

2.1. Performances zootechniques

Les performances zootechniques des truies et de leur portée sont présentées dans le tableau 1. La quantité

Tableau 1 - Performances moyennes des truies (n=6) et de leur portée pendant la lactation, et composition du lait

	Moyenne	Écart type
Poids vif, kg		
après mise bas	254	13,7
perte de poids	15,1	7,0
Consommation, kg/j	5,18	0,34
Portée		
nb porcelets	10,2	1,3
croissance (0 à 21 j) g/j	2042	302
Production laitière, g MS/j	1398	217
Composition du lait, /100g MS		
MS, %	20,5	1,5
énergie, kcal	659	22,9
protéines, g	27,4	1,9
matières grasses, g	44,1	4,5
calcium, mg	1360	150
phosphore, mg	659	50
folates, µg	101,5	19,9

d'aliment ingéré pendant la lactation (j0 à j21) est en moyenne de $5,18 \pm 0,34$ kg/j. Elle augmente avec le stade de lactation : de $4,34 \pm 0,38$ kg/j la première semaine à $5,38 \pm 0,35$ kg/j la deuxième semaine et $5,81 \pm 0,65$ kg/j la troisième semaine. Le gain moyen quotidien de la portée s'élève à $2042 (\pm 302)$ g/j, pour $10,2 \pm 1,3$ porcelets allaités en moyenne. La production laitière moyenne estimée d'après la croissance des porcelets (NOBLET et ÉTIENNE, 1989) s'élève à 1398 ± 217 g de MS par truie par jour, soit une production journalière de $6,74 \pm 1,04$ litres de lait. La composition du lait produit par les truies pendant l'expérimentation est rapportée dans le tableau 1.

2.2. Concentrations artérielle et veineuse et différences artério-veineuses de vitamines

Les concentrations veineuses et artérielles de folates et de vitamine B12 chutent respectivement d'environ 25 % et 40 % (effet linéaire du stade à $P < 0,01$ et $0,10$, respectivement) pendant la période de lactation (tableau 2).

Les concentrations artérielle et veineuse en folates tendent à augmenter après le repas, les niveaux plus élevés étant observés environ 2 heures après le repas (tableau 3, p. 268).

Tableau 2 - Évolution des concentrations sériques de folates et de vitamine B12 selon le stade de la lactation (1)

Stade, J	Folates, ng/ml (2)	Vitamine B ₂ , pmole/ml	Vitamine B ₁₂ , pg/ml (3)
9	$66,0 \pm 14,6$	$273 \pm 25,0$	508 ± 295
14	$52,7 \pm 3,3$	$263 \pm 39,0$	436 ± 207
21	$50,8 \pm 7,7$	--	299 ± 118

(1) Les valeurs sont les moyennes arithmétiques \pm écart type des échantillons veineux prélevés avant le repas (trois pour les folates et la vitamine B₁₂ et un pour la riboflavine)

(2) Effet linéaire du stade, $P < 0,01$

(3) Effet linéaire du stade, $P < 0,10$

La différence A-V est, soit nulle, soit légèrement négative (tableau 3), ce qui est en accord avec la concentration en folates du lait (tableau 1) qui est environ trois fois plus faible que la concentration sérique. Pour la vitamine B12, les concentrations artérielles et veineuses sont similaires et elles ne sont pas influencées par le repas (tableau 3). La glande mammaire semble extraire une faible quantité de vitamine B2 (tableau 3). Bien que non significatif ($P < 0,11$), la différence A-V est numériquement plus élevée ($4,0$ % vs $0,8$ %) avant qu'après le repas; cet effet mitigé du repas est probablement lié au nombre limité d'échantillons recueillis pour cette vitamine.

2.3. Concentrations artérielle et veineuse et différences artério-veineuses de nutriments

L'effet truie est significatif pour la plupart des nutriments étudiés, alors que le stade de lactation n'a généralement pas d'effet significatif, mis à part la différence A-V en AGL qui est légèrement plus faible au second stade qu'aux deux autres.

2.3.1. Paramètres mesurés sur le sang total

L'hématocrite artériel est inférieur à celui mesuré dans la veine (tableau 3) ce qui traduit un prélèvement liquidien par la mamelle. Le pH artériel est supérieur au pH veineux en relation avec une teneur en CO₂ plus élevée dans la veine (tableau 3). Le taux d'extraction d'O₂ est de $34,8$ % en moyenne. La différence A-V en O₂ et le taux d'extraction sont significativement plus faibles après le repas, alors que la production de CO₂ n'est pas affectée par le repas. Aussi le coefficient respiratoire passe de $0,43$ avant le repas à $0,66$ après (tableau 3).

2.3.2. Nutriments glucidiques et insuline

Les concentrations artérielle et veineuse de glucose augmentent fortement après le repas (figure 1, tableau 3). La différence A-V diffère significativement de zéro à tous les temps de prélèvement. Elle est constante pour les 4 premiers prélèvements sanguins, augmente à partir du 5^e prélèvement (soit 60 minutes après le repas), puis reste stable ensuite. Si on considère les périodes avant et après repas (tableau 3), on constate que les glycémies artérielle et veineuse, ainsi que la différence A-V, doublent pratiquement après le repas. Par contre, le taux d'extraction reste relativement constant ($19,1$ % en moyenne).

Pour le lactate, on constate, comme pour le glucose, un accroissement important (d'environ 80%) des concentrations artérielle et veineuse et de la différence A-V avec l'apport alimentaire (figure 1). Par contre, de même que pour le glucose le taux d'extraction ne change pas avec le repas ($16,5$ % en moyenne).

Les concentrations artérielle et veineuse d'insuline évoluent également avec le repas (tableau 3). Elles augmentent environ 30 minutes après le repas et sont maximales vers 60 minutes, puis elles diminuent ensuite. Par contre,

Tableau 3 - Influence du repas sur les concentrations artérielle et veineuse et les différences artérioveineuse

		Moyenne		Avant repas (1)		après repas (1)		ETR (2)	effet repas (3)
Hématocrite, %	Artère	25,9		26,0		24,9		2,5	*
	Veine	26,4		26,3		25,6		2,2	T
	A-V(4)	-0,5	***	-0,3	ns	-0,7	***	1,9	ns
PH	Artère	7,47		7,46		7,49		0,04	**
	Veine	7,42		7,42		7,42		0,02	ns
	A-V	0,05	***	0,04	***	0,07	***	0,04	***
O₂ total, mmol/l	Artère	11,5		10,8		11,5		1,6	†
	Veine	7,5		6,4		8,0		1,2	***
	A-V(5)	4,0	(34,8) ***	4,4	(47,5) ***	3,5	(30,4) ***	1,7	*
CO₂ total, mmol/l	Artère	33,5		33,8		34,1		2,3	ns
	Veine	35,7		35,7		36,5		2,7	ns
	A-V	-2,3	(-6,9) ***	-1,9	(-5,6) ***	-2,3	(-6,7) ***	1,4	ns
Glucose, mg/l	Artère	1025		624		1268		154	***
	Veine	829		502		1026		146	***
	A-V	196	(19,1) ***	122	(19,6) ***	242	(19,1) ***	88	***
Insuline, µUI/ml	Artère	64,4		5,1		116,3		57	***
	Veine	64,6		4,3		116,2		58	***
	A-V	0,2	ns	0,8	ns	1,3	ns	23	ns
Lactate, µmol/l	Artère	1060		721		1289		333	***
	Veine	885		593		1069		253	***
	A-V	175	(16,5) ***	128	(17,8) ***	220	(17,1) ***	198	**
Triglycérides, mg/l	Artère	177		211		150		46	***
	Veine	126		160		100		49	***
	A-V	51	(28,8) ***	51	(24,2) ***	50	(33,3) ***	41	ns
AGL, µmol/l	Artère	484		1094		121		211	***
	Veine	391		831		130		206	***
	A-V	93	(19,2) ***	264	(24,1) ***	-9	(-7,4) ns	173	***
Glycérol, mg/l	Artère	7,5		12,8		4,0		3,8	**
	Veine	6,7		10,8		4,3		2,4	***
	A-V	0,6	(8,0) *	1,9	(14,8) *	-0,3	(-7,5) ns	3,4	***
Calcium, mg/l	Artère	88,6		84,3		91,8		5,3	***
	Veine	85,5		82,2		88,0		4,6	***
	A-V	3,1	(3,5) ***	2,1	(2,5) *	3,8	(4,1) ***	6,1	ns
Phosphore, mg/l	Artère	60,3		56,1		63,3		3,5	***
	Veine	59,1		55,8		61,3		3,4	***
	A-V	1,2	(2,0) ***	0,3	(0,5) ns	2,0	(3,1) ***	3,2	**
N α-aminé, mg/l	Artère	192		143,3		214,3		26,5	***
	Veine	173		133,4		190,6		22,3	***
	A-V	18,0	(9,4) ***	7,0	(4,9) *	23,8	(11,1) ***	23,7	***
Urée, mg/l	Artère	387		338,5		403,4		20,7	***
	Veine	384		336,2		398,3		26,4	***
	A-V	3,3	(0,9) †	2,3	(0,7) ns	5,1	(1,3) †	20,0	ns
Folates, ng/ml	Artère	60,4		56,3		64,1		10,9	†
	Veine	61,6		57,4		65,3		11,7	†
	A-V	-1,2	(-2,0) *	-1,1	(-2,0) ns	-1,2	(-1,9) †	2,3	ns
Vitamine B₁₂, pg/ml	Artère	414,4		422,5		407,0		197,2	ns
	Veine	414,4		423,7		405,9		207,8	ns
	A-V	0,0	0 ns	-1,2	(0,3) ns	1,1	(0,3) ns	14,2	ns
Riboflavine, pmole/ml	Artère	284,6		279,4		289,8		29,0	ns
	Veine	277,9		268,2		287,5		26,4	ns
	A-V	3,4	(1,2) *	11,2	(4,0) ***	2,3	(0,8) ns	10,4	ns

(1) Les 3 prélèvements sanguins avant le repas (animaux à jeun) et les prélèvements 5 à 9 (animaux nourris) sont considérés exception faite de la riboflavine (1 échantillon avant et un échantillon après le repas)

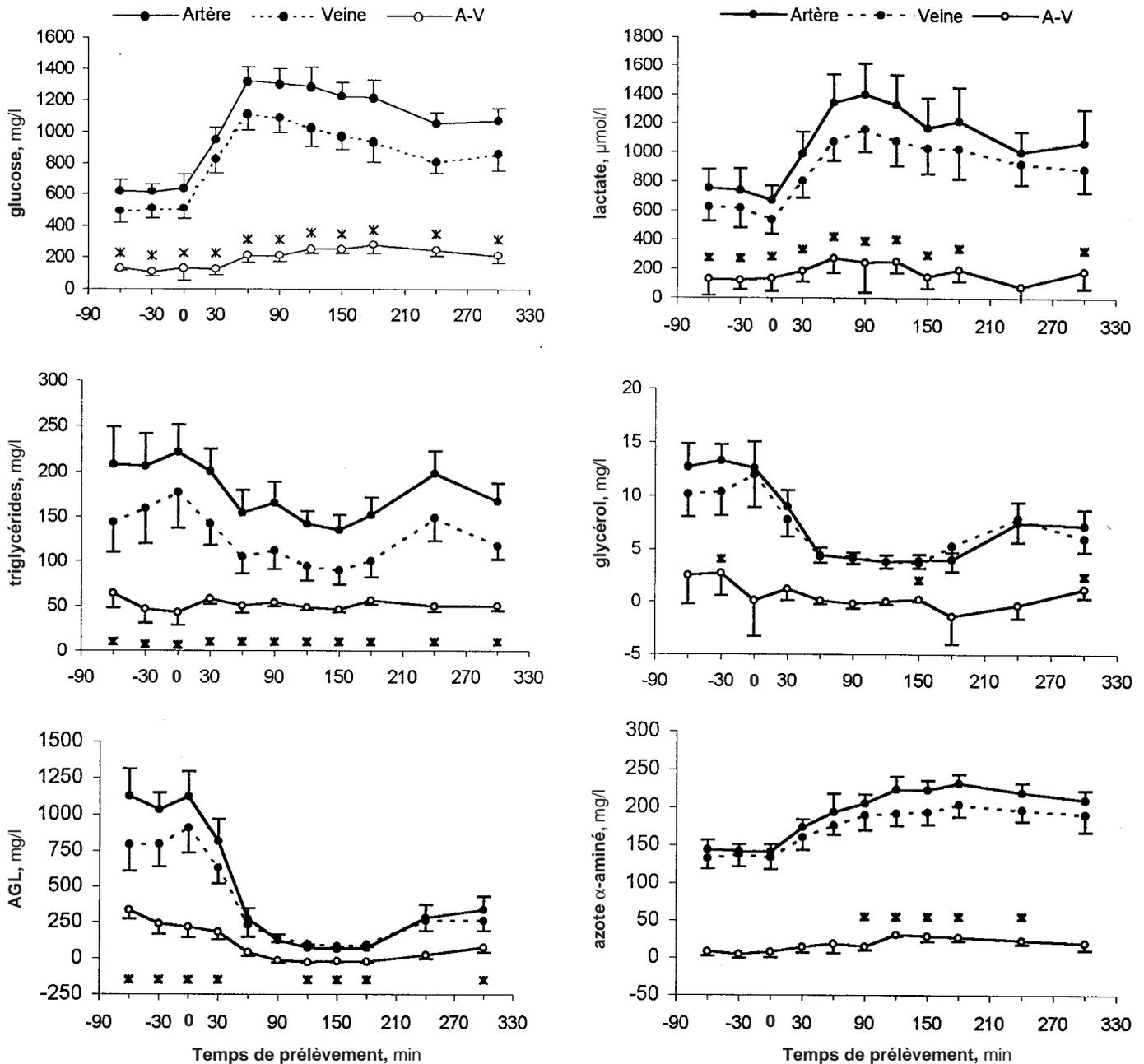
(2) Écart type résiduel

(3) † : $P < 0,10$, * : $P < 0,05$, ** : $P < 0,01$, *** : $P < 0,001$

(4) (A-V) différent de zéro

(5) Entre parenthèses : taux d'extraction = $[A-V] / [Artère] \times 100$

Figure 1 - Évolution des teneurs artérielle et veineuse et de la différence artério-veineuse de glucose, lactate, triglycérides, glycérol, acides gras libres et azote α -aminé en fonction de temps de prélèvement (temps 0 : distribution du repas).



la différence artério-veineuse d'insuline ne diffère pas de zéro quelque soit l'heure de prélèvement.

2.3.3. Nutriments lipidiques et glycérol

Les concentrations artérielles et veineuses d'acides gras libres (AGL), de triglycérides et de glycérol diminuent fortement après le repas. Cette réduction est particulièrement marquée pour les AGL dont la concentration artérielle passe de 1100 à 120 $\mu\text{mol/l}$. La différence artério-veineuse chute également fortement, et 2 à 3 heures après le repas on observe même une libération significative d'AGL par la mamelle. Les mêmes évolutions sont observées pour le glycérol dont le prélèvement devient nul 1 heure après le repas. A l'opposé, la différence A-V reste constante pour les triglycérides (50 mg/l) malgré la réduction importante de la concentra-

tion artérielle, le taux d'extraction augmentant de 24,2% avant le repas à 33,3% après.

2.3.4. Azote- α -aminé et urée

Les concentrations artérielle et veineuse et la différence A-V d'azote α -aminé augmentent après le repas, les niveaux plus élevés étant observés environ 2 heures après le repas (figure 1, tableau 3). La différence A-V en azote α -aminé passe ainsi de 7 mg/l avant le repas à 24 mg/l après le repas (tableau 3). Cette forte augmentation du prélèvement résulte d'un accroissement à la fois du niveau artériel et du taux d'extraction (de 4,9 à 11,1%). Pour l'urée la différence A-V moyenne est très faible indiquant un prélèvement négligeable, lié sûrement à une excrétion passive dans le lait, où l'urée est retrouvée en faible quantité.

2.3.5. Calcium et phosphore

En moyenne le taux d'extraction du calcium et du phosphore s'élève à respectivement 3,5 et 2,0 % (tableau 3). Les teneurs plasmatiques artérielle et veineuses augmentent significativement après le repas, de même que la différence A-V (tableau 3).

3. DISCUSSION

3.1. Performances zootechniques

Les performances zootechnique obtenues sont conformes à celles généralement enregistrées dans l'élevage (2200 g/j de croissance de portée). La pose des cathéters ne semble donc pas avoir influencé l'état physiologique des animaux, comme l'avaient déjà observé TROTTIER et al. (1995)

3.2. Concentrations artérielle et veineuse et différences artério-veineuses de vitamines

Pour ce qui concerne les trois vitamines étudiées, l'extraction mammaire est, en général, très faible sinon négative dans le cas des folates. Cependant, ces valeurs négatives sont probablement sous-estimées car la différence A-V ne prend pas en compte le transfert hydrique entre la circulation (valeur artérielle) et la glande (valeur veineuse). Le métabolisme de la truie allaitante semble utiliser intensivement les folates, comme le démontre la chute des concentrations sériques entre 9 et 21 jours de lactation, mais ceux-ci semblent dirigés prioritairement vers des pools métaboliques autres que la sécrétion lactée. Cette chute des folates sériques pendant la lactation avait également été observée par MATTE et al. (1992). Dans ce dernier cas, un supplément de 15 ppm d'acide folique avait été nécessaire pour contrer la baisse des folates sériques et maintenir des concentrations élevées et similaires (> 100 ng/ml) dans le lait et la circulation sanguine. Dans la présente expérience, la concentration de folates dans le lait était en moyenne de $20,8 \pm 4,1$ ng/ml. Il est possible qu'un niveau substantiellement plus élevé de folates dans l'aliment de lactation soit nécessaire pour augmenter le transfert de cette vitamine dans le lait. La situation de la vitamine B12 est similaire à celle des folates mais la chute de la concentration sérique en cours de lactation est plus marquée (environ 40%) ce qui indiquerait une utilisation intensive de cette vitamine pendant la lactation. Les travaux de recherche sur l'importance de la vitamine B12 pour la truie en lactation sont rares et anciens (NRC, 1998). Ils ne permettent pas, en fait, de spéculer sur l'efficacité éventuelle d'un supplément alimentaire pour contrer cette chute sérique et augmenter le transfert dans le lait. Pour la riboflavine, bien que les données recueillies soient limitées compte tenu de problèmes techniques de collecte (cathéter non fonctionnel) et de la complexité du dosage, on a pu mettre en évidence un certain transfert de cette vitamine, quoique faible, vers la glande mammaire, et ce, surtout avant le repas. L'absence d'effet de stade entre les jours 9 et 14 (tableau 2) suggère que, contrairement à ce qui se passe pour les folates et la vitamine B12, la riboflavine de l'aliment a réussi à combler les besoins métaboliques

de l'animal incluant le faible transfert vers la glande mammaire.

3.3. Différences artério-veineuses en nutriments

Le repas entraîne une augmentation des concentrations artérielle et veineuse en nutriments glucidiques (glucose et lactate), en composés azotés (acides aminés, urée) et en minéraux (calcium et phosphore). Par contre, les concentrations artérielle et veineuse en AGL, triglycérides et glycérol diminuent rapidement après le repas. Ces résultats sont en accord avec les observations de MESSIA de BRAGANÇA et PRUNIER (1999).

La différence A-V moyenne observée pour le glucose est comparable à celle mesurée par LINZEL et al. (1969; 198 mg/l) mais un peu inférieure à celle obtenue par SPINCER et al. (1969; 375 mg/l; tableau 4). Les valeurs mesurées pour le lactate correspondent également assez bien aux résultats de SPINCER et al. (1969), alors que LINZEL et al. (1969) obtenaient un prélèvement plus important de lactate. On observe, comme chez la vache laitière (RULQUIN, 1997), une relation linéaire ($R^2=0,72$) entre la différence A-V et la concentration artérielle en glucose (figure 2), mais le taux d'extraction (19,1% en moyenne) n'est pas influencé par l'état nutritionnel. Une relation semblable avec une corrélation légèrement plus élevée est observée pour le lactate. Ces nutriments, à pouvoir osmotique important, passent du sang à la lumière de l'acinus au moyen des vésicules golgiennes. Ce passage nécessite la présence de transporteurs dont le principal pour le glucose est le GLUT1 (CAMPS et al., 1994). Il n'est donc pas insulino-dépendant (GLUT4)

Pour les acides gras libres, la différence artério-veineuse moyenne mesurée dans notre étude est beaucoup plus importante (93 μ mol/l ou 24,4 mg/l de plasma) que celle obtenue par LINZEL et al. (1969). Cette différence est sans doute due à la contribution des mesures à jeun qui présentent une teneur très élevée en AGL. Il y a donc bien chez la truie, tout au moins dans certaines conditions d'alimentation, un prélèvement d'AGL par la mamelle, contrairement à ce que l'on pensait auparavant (BOYD et KENSINGER, 1998). L'absorption des AGL et du glycérol par la mamelle est aussi fonction de leurs concentrations artérielles (figure 2), la relation étant plus étroite pour les AGL ($R^2 = 0,95$) que pour le glycérol ($R^2 = 0,54$). Pour ces deux composés le taux d'extraction augmente avec la concentration artérielles. Le taux d'extraction des AGL dépend de leur taux d'utilisation métabolique (VEERKAMP, 1995; rapporté par RULQUIN, 1997). Ceci expliquerait la diminution du prélèvement d'AGL (et le relargage) par la mamelle lorsque celui des nutriments glucidiques augmente.

Pour les triglycérides, les valeurs observées dans notre étude sont en accord avec les résultats de SPINCER et al. (1969) et LINZEL et al (1969), obtenus sur des truies moins productives. Bien que la concentration artérielle de triglycérides diminue après le repas, la différence artério-veineuse n'est pas influencée, cette dernière étant peu liée à la concentration artérielle (figure 2, $R^2 = 0,02$). Ceci diffère de ce qui est observé chez la vache laitière (RULQUIN, 1997) où la diffé-

Tableau 4 - Comparaison des différences A-V plasmatiques mesurées par différents auteurs au niveau de la mamelle de la truie

	Linzell et al. (1969) (1)	Spincer et al. (1969)	Nos résultats		
			Avant repas	Après repas	Moyenne
A-V, mg/l					
Glucose	198	375	122	242	196
Triglycérides	76	72	51	50	51
Lactate	108	14	11,5	19,8	15,7
AGL	2	nd (2)	69,2	-0,2	24,4
Acides aminés	100 (3)	151(4)	44 (5)	148 (5)	112,5 (5)
Total	484	612	297,2	460,1	399,6
A-V, % du total					
Glucose	40,9	61,3	41,0	52,6	49,0
Triglycérides	15,7	11,8	17,2	10,9	12,8
Lactate	22,3	2,3	3,9	4,3	3,9
AGL	0,4	nd (2)	23,3	0,0	6,1
Acides aminés	20,7	24,7	14,6	32,3	28,2
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

(1) : Ajusté du sang entier au plasma en utilisant l'hématocrite moyenne de 31,7 %

(2) : Non défini

(3) : Total des acides aminés, sauf tryptophane et cystéine

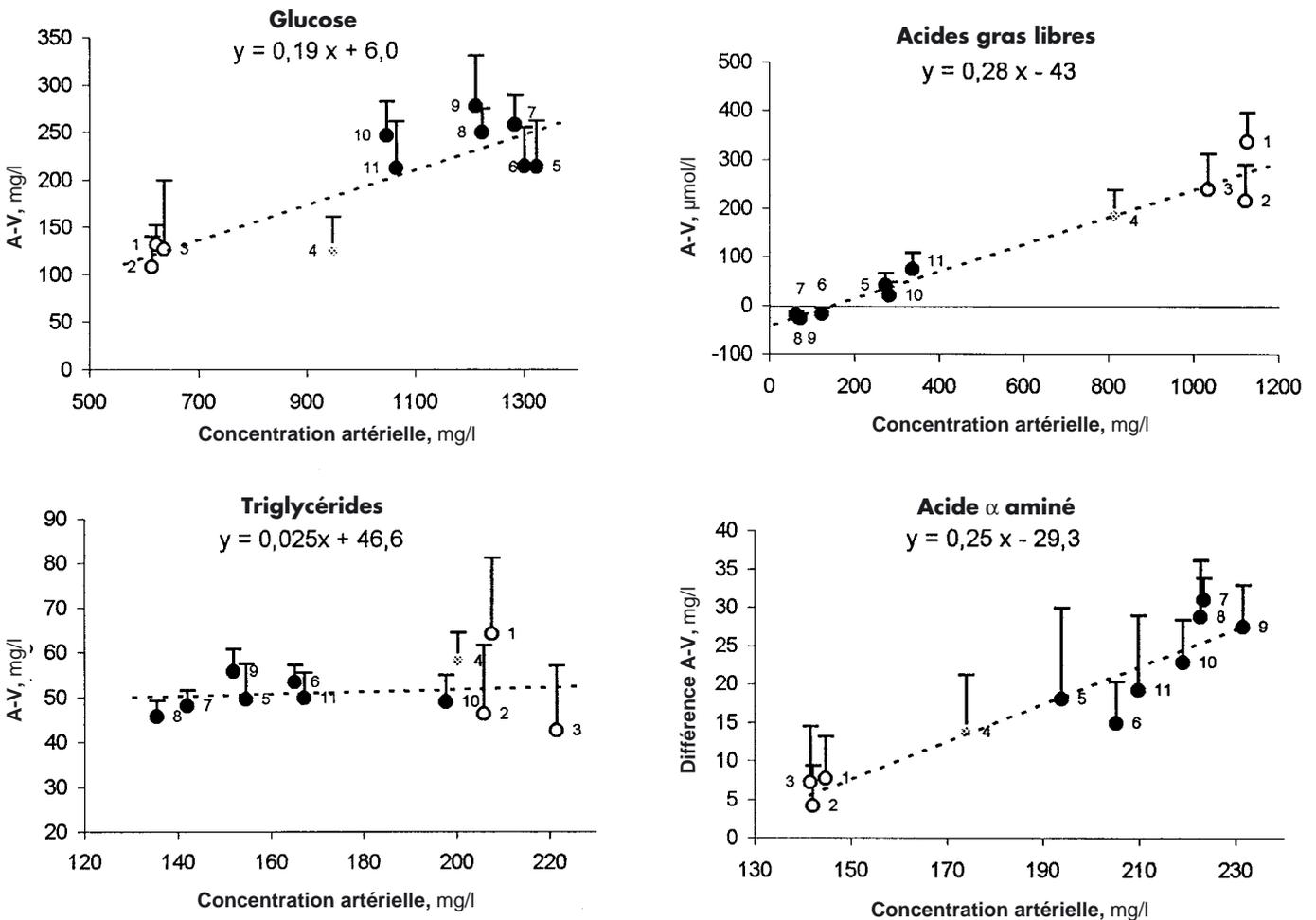
(4) : Total des acides aminés

(5) : Différences A-V en azote α -aminé x 6,25

Figure 2 - Évolution de la différence artériovoineuse de glucose, acides gras libres, triglycérides et azote azote α -aminé en fonction de la concentration artérielle

L'étiquette des points correspondant au numéro de prélèvement (de 1: -60 mn à 11: 300 min)

○ avant le repas, ● après le repas



rence A-V est fortement corrélées à la teneur artérielle ($R^2 = 0,73$).

La différence A-V moyenne en azote a-aminé (18 mg/l ou 112 mg d'acides aminés totaux par litre de plasma) est élevée et en accord avec les résultats de SPINCER et al. (1969) et de TROTTIER et al. (1997). L'augmentation de la concentration artérielle entraîne un accroissement des prélèvements par la mamelle ($R^2 = 0,88$), et le taux relatif d'extraction augmente également avec la concentration artérielle. Il sera intéressant de compléter cette mesure globale du prélèvement d'acides aminés par l'analyse du profil individuel des acides aminés afin de cibler les plus déterminants pour le métabolisme mammaire et ceci, selon l'état nutritionnel.

Outre les nutriments énergétiques (glucides et lipides) et les composés azotés, la mamelle prélève aussi en quantité relativement importante de l'oxygène et rejette du CO_2 . Le quotient respiratoire moyen de 0,58 suggère l'utilisation des lipides et des protéines comme source d'énergie, en plus du glucose. L'enrichissement en CO_2 de la veine explique la diminution du pH comparativement à l'artère. Après le repas, le coefficient respiratoire augmente à la suite d'une baisse de la différence A-V en O_2 , la production de CO_2 restant constante. Cette observation confirme l'utilisation prioritaire du glucose comme source d'énergie par la cellule mammaire. On constate ainsi un accroissement du coefficient respiratoire lorsque le glucose n'est pas limitant. A l'inverse, à jeun, la substitution partielle du glucose par des lipides et des acides aminés, entraîne une baisse du coefficient respiratoire.

En moyenne, la contribution (en pourcentage du total sur la base pondérale) des prélèvements de glucose, de triglycérides et d'acides aminés par la mamelle est élevée et est comparable aux résultats de LINZEL et al. (1969) et de SPINCER et al. (1969) (tableau 4). La proportion de glucose et d'acides aminés est beaucoup plus importante après qu'avant le repas, alors que la mamelle utilise les triglycérides en proportion relativement plus faible après le repas.

Les AGL, prélevés en quantité importante avant le repas, ne le sont plus lorsque l'animal est alimenté. Ils sont donc vraisemblablement remplacés par du glucose et des acides aminés pour lesquels les différences artério-veineuses augmentent après le repas.

La mamelle adapte donc la nature et l'importance des prélèvements de nutriments en fonction de leurs disponibilités au niveau de l'artère. Par conséquent, le métabolisme de la glande mammaire diffère suivant l'état nutritionnel de la truie. Les substrats lipidiques, provenant des réserves corporelles, permettent d'assurer la continuité de la synthèse du lait dans le cas d'une baisse de la concentration artérielle des autres nutriments précurseurs, alors que le prélèvement d'acides aminés est beaucoup plus dépendant de l'apport alimentaire. Ceci semble confirmer le rôle prépondérant de la couverture des besoins en acides aminés pour la production laitière (ÉTIENNE et al., 1998)

CONCLUSION

Ce travail nous a permis d'étudier l'évolution du profil sanguin et de la nature du prélèvement de nutriments par la mamelle à la suite de l'apport alimentaire. Pour les vitamines, le métabolisme de la truie allaitante semble utiliser intensivement les folates et la vitamine B12, mais ceux-ci semblent dirigés prioritairement vers des pools métaboliques autres que la sécrétion lactée. Il reste à déterminer si le faible transfert vers le lait est une condition physiologique normale ou s'il est dû à un apport alimentaire sub-optimal. Pour les nutriments majeurs, on constate que la mamelle adapte largement la nature et l'importance des prélèvements de nutriments en fonction de leur disponibilité au niveau de l'artère, le prélèvement de nutriments lipidiques venant compenser le déficit en glucides. Toutefois l'effet du repas sur les quantités de nutriments prélevés par la mamelle reste encore à définir. Il nous faudra disposer, pour cela, d'une méthodologie pour la mesure des variations à court terme du flux sanguin, en complément de la mesure de sa composition.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BILODEAU R., MATTE J. J., de PASSILLÉ A.-M. B., GIRARD C. L., BRISSON G. J., 1989. *Can. J. Anim. Sci.*, 69,779-788.
- BOYD D., KENSINGER S., 1998. In : M.W.A. Verstegen, P.J. Moughan, J.W. Schrama (Ed) *The Lactating sow*. Wageningen Pers, 285-296.
- ÉTIENNE M., DOURMAD J.Y., NOBLET J., 1998. In : M.W.A. Verstegen, P.J. Moughan, J.W. Schrama (Ed) *The Lactating sow*. Wageningen Pers, 71-91.
- CAMPS M.S., VILARO S., TESTAR X., PALACI M., ZORZANO A., 1994. *Endocrinol.*, 134, 924.
- DORCEUS M. -A., GIGUÈRE A., GIRARD C. L., MATTE J. J., LAFOREST J. -P., 1998. *J. Anim. Sci.*, 76(Suppl. 1), 162.
- DOURMAD J.Y., NOBLET J., ÉTIENNE M., 1998. *J. Anim. Sci.*, 76, 542-550.
- FREDERICK, G. L., BRISSON, G. J., 1961. *Can. J. Anim. Sci.*, 41, 212-219.
- LINZEL, J.L., MEPHAM T.B., ANNISON E.F., WEST C.E., 1969. *Br. J. Nutr.*, 23, 319-332.
- MATTE J. J., GIRARD C. L., BRISSON G. J. 1992. *Livest. Prod. Sci.*, 32,131-148.
- MATTE J. J., GIRARD, C. L., 1999. *J. Anim. Sci.*, 77, 159-165.
- MESSIA de BRAGANÇA M., PRUNIER A., 1999. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 16, 89-101.
- NOBLET J., ÉTIENNE M., 1989. *J. Anim. Sci.*, 67, 3352-3359.
- NOBLET J., DOURMAD J.Y., ÉTIENNE M., 1990. *J. Anim. Sci.*, 68, 562-572.
- N.R.C. 1998. *Nutrient Requirements of Swine (10th Rev. Ed.)*. National Academy of Sciences-National Research Council. Washington, DC, USA.

- PETTIGREW J. E., EL-KANDELGY S. M., JOHNSTON L. J., SHURSON G. C. 1996. *J. Anim. Sci.* 74, 2226-2230
- RULQUIN H., 1997. *Renc. Rech. Ruminants*, 4, 327-338.
- SAS, 1990. *SAS User's guide : Statistics*. SAS Inst. Inc. Cary, NC, USA.
- SPINCER J., ROOK J.A.F., TOWERS K.G., 1969. *Biochem. J.*, 111, 727-732.
- TREMBLAY, G. F., MATTE, J. J., LEMIEUX, L., BRISSON, G. J., 1986. *J. Anim. Sci.*, 63, 1173-1178.
- TROTTIER N.L., SHIPLEY C.F., EASTER R.A., 1995. *J. Anim. Sci.*, 73, 1390-1395.
- TROTTIER N.L., SHIPLEY C.F., EASTER R.A., 1997. *J. Anim. Sci.*, 75, 1266-1278.