

## La vitamine B<sub>12</sub> chez la truie gravide : faut-il en actualiser le besoin?

François SIMARD (2,4), Frédéric GUAY (2,3), Christiane L. GIRARD (1), Alain GIGUÈRE (1)  
Jean-Paul LAFOREST (2) et J. Jacques MATTE (1)

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

(2) Département des Sciences Animales, Université Laval, Québec, Qc, Canada

(3) Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Montréal, St-Hyacinthe, Qc Canada

(4) Maple Leaf (Shur-Gain), St-Romuald, Qc, Canada

Avec la collaboration technique de M. GUILLETTE (1)

### La vitamine B<sub>12</sub> chez la truie gravide : faut-il en actualiser le besoin?

Quarante truies nullipares (Large-White x Landrace) ont été assignées, pendant la gestation, à cinq traitements, consistant en des concentrations croissantes de vitamine B<sub>12</sub> dans l'aliment (0, 20, 100, 200 et 400 ppb), afin d'évaluer un niveau optimum de B<sub>12</sub> alimentaire en utilisant des critères métaboliques de la B<sub>12</sub> et de l'homocystéine. L'homocystéine est un métabolite intermédiaire et néfaste de la voie métabolique de la reméthylation de la méthionine qui dépend de la B<sub>12</sub> et de l'acide folique. Toutes les truies recevaient le même aliment de lactation à 25 ppb de B<sub>12</sub>. Pendant la gestation, la B<sub>12</sub> plasmatique augmentait (P<0,01) jusqu'à un maximum, à 200 ppb, et cet effet persistait durant la lactation (21 jours) tant pour la B<sub>12</sub> plasmatique (P<0,01) qu'hépatique (P<0,04). Dans le colostrum (LO), la B<sub>12</sub> augmentait (P<0,01) avec l'apport de B<sub>12</sub> alimentaire et cet effet persistait (P<0,01) jusqu'au jour suivant («premier» lait)(L1). Il en était de même sur la B<sub>12</sub> plasmatique des porcelets à L1 (P<0,05) mais pas à LO (avant l'ingestion du colostrum). L'homocystéine plasmatique diminuait avec l'apport de B<sub>12</sub> alimentaire jusqu'à un minimum, à 100 ppb, tant chez les truies pendant la gestation (P <0,01) que chez les porcelets pendant la lactation (P<0,01). La taille de la portée à la parturition et au sevrage ainsi que le poids de la portée à la parturition étaient supérieurs (P<0,06, P<0,02 et P<0,06, respectivement) avec les niveaux les plus élevés de B<sub>12</sub> (> 100 ppb). En conclusion, l'apport de B<sub>12</sub> de l'aliment nécessaire pour maximiser le statut en B<sub>12</sub> et minimiser l'homocystéine chez la truie et ses porcelets semble beaucoup plus élevé que ce qui est couramment utilisé (15 à 25 ppb). La pertinence d'utiliser de tels niveaux de B<sub>12</sub> en élevage mérite d'être validée sur des effectifs d'animaux plus importants.

### Vitamine B<sub>12</sub> in gestating sows: should we update the requirement?

Forty nulliparous (Large-White x Landrace) sows were randomly assigned, during gestation, to 5 dietary levels of vitamin B<sub>12</sub> (B<sub>12</sub>) at 0, 20, 100, 200, and 400 ppb to evaluate, during both gestation and lactation, the optimal level of dietary B<sub>12</sub> using some aspects of B<sub>12</sub> and homocysteine metabolisms. Homocysteine is a detrimental intermediate metabolite of the B<sub>12</sub>-dependent remethylation pathway of methionine. For all sows, the lactation diet contained 25 ppb of B<sub>12</sub>. During gestation, plasma B<sub>12</sub> increased (P<0.01) with dietary B<sub>12</sub> up to a maximum at 200 ppb and the effect persisted during lactation (21 days) for plasma (P<0.01) and liver B<sub>12</sub> (P<0.04). Colostral B<sub>12</sub> (LO) increased (P<0.01) with dietary B<sub>12</sub> and the effect (P<0.01) persisted for milk (one day post-farrowing) (L1). This effect was apparent on plasma B<sub>12</sub> of piglets at L1 (P<0.05) but, not at LO (before colostrum intake). Plasma homocysteine decreased with dietary B<sub>12</sub> up to a minimum at 100 ppb in sows during gestation (P <0.01) as well as in piglets during lactation (P<0.01). Litter size at parturition and weaning as well as litter weight at parturition were greater (P<0.06, P<0.02 and P<0.06, respectively) with the highest levels of dietary B<sub>12</sub> (> 100 ppb). In summary, the dietary level of B<sub>12</sub> required to maximize B<sub>12</sub> status and minimize homocysteine in sows and piglets appears much higher than current recommended levels of 15 to 25 ppb. The relevance of such high levels of dietary B<sub>12</sub> needs to be evaluated in practice with larger numbers of animals.

## INTRODUCTION

La vitamine B<sub>12</sub> est la dernière vitamine à avoir été identifiée à la fin des années 1940. Elle intervient principalement dans deux voies métaboliques d'importance. Premièrement, la voie de reméthylation qui régénère, avec la vitamine B<sub>9</sub> (acide folique), la méthionine (source de groupements méthyles et synthèse protéique) à partir de l'homocystéine. Deuxièmement, la voie du méthylmalonyl-CoA qui permet l'entrée des acides gras à nombre impair de carbone, de certains acides aminés et du propionate dans le cycle de Krebs. La vitamine B<sub>12</sub> est essentielle pour un fonctionnement optimal de la synthèse des protéines, du renouvellement et de la prolifération des globules rouges, de l'épithélium intestinal et des tissus liés à la reproduction (McDOWELL, 1989 ; LE GRUSSE et WATIER, 1993).

En nutrition porcine, la vitamine B<sub>12</sub> se retrouve presque exclusivement sous forme de cyanocobalamine ajoutée à l'aliment par le prémélange vitaminique. En effet, elle est absente des aliments d'origine végétale qui constituent l'essentiel du régime du porc. Peu de résultats d'études scientifiques sur les besoins du porc en vitamine B<sub>12</sub> sont disponibles. Il n'existe, en fait, pas plus d'une vingtaine de publications (résumés et articles scientifiques) sur le sujet. Avant le récent article de GUAY et al (2002), le dernier article scientifique remontait à près de 40 ans soit en 1966 (NRC, 1998).

Le rôle de la vitamine B<sub>12</sub> dans les processus de reproduction est mal connu. Les études disponibles sont relativement anciennes et ont été souvent obtenues dans le cadre de modèles expérimentaux de carence. L'étude des besoins en B<sub>12</sub> est particulière pour une vitamine hydrosoluble puisque le retrait du supplément vitaminique ou l'absence d'ingrédients d'origine animale dans l'aliment doivent être prolongés (au moins un an) pour induire des symptômes de carence comme, par exemple, l'avortement peu avant la mise bas (ENSMINGER et al, 1951 ; CUNHA et al, 1944 ; ROSS et al, 1944 ; FREDERICK et BRISSON, 1961). La vitamine B<sub>12</sub> pourrait être un facteur limitant pour l'action d'une autre vitamine, l'acide folique (B<sub>9</sub>), sur la survie de l'embryon et la prolificité (SELHUB, 1999 ; GUAY et al, 2002a).

GUAY et al, (2002a) ont observé que la concentration plasmatique en B<sub>12</sub> chez des truies nullipares (150 pg/mL) est deux fois plus faible que celle mesurée chez les truies multipares (300 pg/mL). En outre, il apparaît, qu'en début de gestation, l'utérus draine d'importantes quantités de B<sub>12</sub> puisque le contenu total dans le liquide utérin au jour 15 de la gestation est deux fois plus élevé que le contenu total du plasma sanguin (GUAY et al, 2002b). Il semble donc que le besoin métabolique en vitamine B<sub>12</sub> soit particulièrement élevé en début de gestation chez la truie, pour l'utérus et/ou les embryons.

En alimentation porcine, la recommandation actuelle (NRC, 1998) est de 15 ppb de vitamine B<sub>12</sub> alors que l'industrie utilise couramment 25 ppb (BASF, 2000). Par contre, dès 1980, l'ARC mentionnait que, selon les données disponibles à l'époque (FREDERICK et BRISSON, 1961 ; TEAGUE et GRIFO, 1966), les concentrations nécessaires dans l'aliment

pourraient être jusqu'à dix fois plus élevées que la recommandation de 15 ppb. Compte tenu des résultats récents et des changements dans les types génétiques et le mode d'élevage des porcs au cours des 30 dernières années, la présente étude a été entreprise afin d'évaluer la pertinence d'actualiser les besoins en vitamine B<sub>12</sub> de la truie reproductrice.

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1.1. Les animaux

Quarante truies Yorkshire-Landrace pré-pubères ont été transportées au Centre de recherche et logées en groupes. Elles recevaient alors un aliment (3,0 kg/j) sans supplément de vitamine B<sub>12</sub> (tableau 1). À partir du premier oestrus détecté, les truies ont été logées individuellement et l'aliment offert contenait alors un supplément avec différents niveaux de vitamine B<sub>12</sub>. Les traitements étaient distribués selon le statut en vitamine B<sub>12</sub> de l'animal estimé par la concentration plasmatique de vitamine B<sub>12</sub> avant l'attribution des traitements dont la valeur était pondérée par le poids corporel. Les traitements consistaient en cinq concentrations croissantes de vitamine B<sub>12</sub> dans l'aliment («top-dressing») (0, 20, 100, 200 et 400 µg/kg). Au troisième oestrus, les truies ont été inséminées avec un mélange de semence de verrats Duroc. Les traitements alimentaires ont été distribués pendant toute la gestation.

Une semaine avant la mise bas prévue, les truies étaient placées en cage de mise bas. À la naissance, les porcelets ont été identifiés, dénombrés et pesés (nés vivants, mort-nés, momifiés). Le jour suivant la mise bas, les portées de 13 porcelets et plus étaient uniformisées à 12 par l'abattage de porcelets excédentaires. Ce même jour, trois porcelets représentatifs de la portée (poids moyen, poids moyen + 1 écart-type et poids moyen - 1 écart-type) ont été choisis pour estimer le statut moyen en B<sub>12</sub> de la portée. À partir de la mise bas, toutes les truies recevaient le même aliment commercial (16 % PB, 3 300 kcal EM/kg, 1,0 % lysine et 25 ppb de vitamine B<sub>12</sub>). Le rationnement de 3,0 kg/j était augmenté de 0,5 kg/j jusqu'au niveau à volonté atteint à la fin de la première semaine de lactation. Le poids et l'épaisseur de

**Tableau 1** - Composition centésimale de l'aliment expérimental de base

| Ingrédients                         | %    |
|-------------------------------------|------|
| Maïs                                | 50,0 |
| Orge                                | 20,0 |
| Son de blé                          | 20,0 |
| Tourteau de soja (48 %)             | 5,0  |
| Chaux                               | 2,5  |
| Phosphate bicalcique                | 1,4  |
| Sel                                 | 0,5  |
| Prémélange minéral <sup>1</sup>     | 0,1  |
| Prémélange vitaminique <sup>2</sup> | 0,5  |

<sup>1</sup> Apporte par kg d'aliment : Mn, 30 mg ; Zn, 100 mg ; Fe, 100 mg ; Cu, 25 mg ; Co, 300 µg ; I, 300 µg ; Se, 300 µg.

<sup>2</sup> Apporte par kg d'aliment : vitamine A, 10,000 IU ; vitamine D3, 2000 IU ; vitamine E, 35 IU ; ménadione, 2,2 mg ; thiamine, 2 mg ; riboflavine, 5 mg ; niacine, 25 mg ; acide pantothénique, 16 mg ; acide folique, 10 mg ; pyridoxine, 3 mg ; biotine, 250 µg ; acide folique, 250 µg et choline, 300 mg.

gras dorsal des truies étaient déterminés à l'arrivée au Centre de recherches de Lennoxville, à l'attribution du traitement, à la saillie, à la mise bas et au sevrage. Les porcelets ont été pesés à la naissance ainsi qu'aux jours 7, 14 et 21 afin d'évaluer la croissance de la portée en période pré-sevrage. Les truies ont été sacrifiées à la fin de la période de lactation afin de prélever des échantillons de foie pour le dosage de la vitamine B<sub>12</sub> hépatique.

## 1.2. Les mesures analytiques

Chez les truies, des échantillons sanguins ont été prélevés à l'attribution du traitement (JT), à la saillie fécondante (G0) et aux jours G15, G30, G60, G85 et G110 de la gestation. Pendant la lactation, des échantillons sanguins ont été prélevés à la mise bas (L0) et aux jours L7, L14 et L21. Chez les trois porcelets sélectionnés dans chaque portée, des échantillons sanguins ont été prélevés à la mise bas (L0) et aux jours L1, L7, L14 et L21 de la lactation. Tous ces échantillons de sang ont servi à la détermination des concentrations plasmatiques de vitamine B<sub>12</sub> et d'homocystéine. Des échantillons de lait ont également été prélevés (FARMER et al, 1999) aux jours L0 (colostrum), L1, L7, L14 et L21 pour en déterminer les concentrations en B<sub>12</sub>.

## 1.3. Les analyses statistiques

Les données ont été analysées en utilisant la procédure « Mixed models » de SAS (LITTELL et al, 1996). Les effets des traitements ont été analysés à l'intérieur de blocs (statut initial en B<sub>12</sub>) complets par contrastes polynomiaux (effets linéaire, quadratique et cubique) pour comparer les niveaux de B<sub>12</sub> (0, 20, 100, 200 et 400 ppb). Les effets du stade de gestation et de lactation (effets résiduels des traitements en gestation) ainsi que les interactions avec les traitements ont été décomposés en contrastes polynomiaux indépendants (effets linéaire, quadratique, etc).

## 2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Les données zootechniques

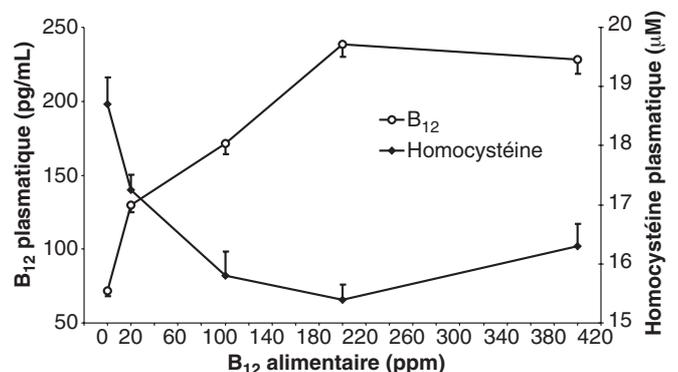
Deux truies ont dû être retirées au cours de la phase expérimentale, l'une suite à des problèmes locomoteurs dans le dernier mois de gestation et l'autre pendant la lactation suite à un ulcère gastrique sévère. Aucun effet de traitement ( $P > 0,28$ ) n'a été observé sur les mesures corporelles de poids et d'épaisseur de gras dorsal des truies en gestation ou en lactation. Les valeurs ( $\pm$  ESM) étaient de 148,2 + 1,5, 208,6 + 2,0 et 173,2 + 2,2 à la saillie, à la mise bas et au sevrage, respectivement.

On a observé un effet de traitement sur la taille de la portée à la parturition et au sevrage (B<sub>12</sub> alimentaire quartique,  $P < 0,06$  et  $P < 0,02$ , respectivement). En fait, la moyenne du nombre de porcelets ( $\pm$  ESM) pour les traitements combinés 100, 200 et 400 ppb était de 12,4  $\pm$  0,5 et 10,9  $\pm$  0,2 à la parturition et au sevrage, respectivement alors que les valeurs correspondantes pour les traitements combinés 0 et 20 ppb étaient de 11,1  $\pm$  0,8 et 9,5  $\pm$  0,7. Quant au poids total de la portée, il reflétait (B<sub>12</sub> alimentaire quartique,

$P < 0,06$ ) l'effet observé sur le nombre de porcelets ( $\pm$  ESM) à la parturition, 17,4  $\pm$  0,6 kg pour les truies 100, 200 et 400 ppb comparativement à 15,3  $\pm$  1,0 kg pour 0 et 20 ppb. Par contre, aucun effet résiduel des traitements n'a été observé sur le poids total de la portée au sevrage. Toutefois, il faut interpréter ces résultats sur les performances de reproduction avec précaution, le nombre de truies par traitement (7 ou 8) étant probablement insuffisant pour une évaluation fiable de ce critère (AARON et HAYS, 1991)

### 2.2. Le statut en vitamine B<sub>12</sub> et en homocystéine chez la truie

Chez les truies ne recevant pas de supplément de B<sub>12</sub>, la concentration plasmatique ( $\pm$  ESM) diminuait du tiers à partir de l'initiation des traitements, 42 jours avant la saillie (85,2  $\pm$  10,1 pg/mL), pour atteindre un minimum à 30 jours de gestation (57,6  $\pm$  5,1 pg/mL) et revenir au niveau initial à la fin de la gestation. Chez les truies supplémentées, les concentrations plasmatiques en B<sub>12</sub> se sont accrues rapidement, dans tous les cas, entre l'initiation des traitements et la saillie ; par la suite, elles demeuraient relativement stables pendant toute la gestation. Cette réponse était maximisée avec le niveau de 200 ppb de vitamine B<sub>12</sub> (B<sub>12</sub> quadratique,  $P < 0,01$ ) (figure 1). Les effets résiduels des suppléments de B<sub>12</sub> persistaient (B<sub>12</sub> quadratique,  $P < 0,05$ ) pendant la lactation mais les différences s'amenuisaient pendant la semaine précédant le sevrage, à 21 jours, probablement parce que les truies recevaient toutes le même aliment à 25 ppb de vitamine B<sub>12</sub> depuis la mise bas. Par contre, au niveau hépatique, les effets résiduels des traitements de gestation étaient encore marqués (B<sub>12</sub> quadratique,  $P < 0,04$ ) après 21 jours de lactation, les valeurs moyennes ( $\pm$  ESM) étant de 148,7  $\pm$  13,2, 212,9  $\pm$  13,3, 211,4  $\pm$  19,8, 298,0  $\pm$  20,2 et 320,8  $\pm$  18,3 ng/g chez les truies ayant reçu respectivement les suppléments de 0, 20, 100, 200 et 400 ppm de vitamine B<sub>12</sub> en gestation. Cette réponse est probablement liée au fait que le foie est l'organe privilégié de stockage de la vitamine B<sub>12</sub> avec plus de 50 % des réserves de l'organisme dont l'épuisement est un processus lent ( $\pm$  un an) chez la plupart des espèces (LE GRUSSE et WATIER, 1990 ; COMBS, 1998) incluant le porc (FREDERICK et BRISSON, 1961).

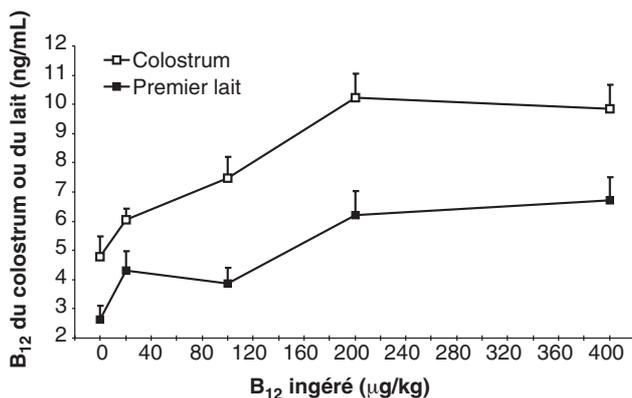


**Figure 1** - Valeurs moyennes des concentrations plasmatiques de vitamine B<sub>12</sub> et d'homocystéine du plasma pendant la gestation selon le taux d'incorporation en vitamine B<sub>12</sub> dans l'aliment des truies en gestation

En ce qui a trait à l'homocystéine plasmatique, les valeurs moyennes globales variaient peu en fonction du stade de gestation ou de lactation, exceptions faites de la saillie et du lendemain de la parturition où elles étaient nettement plus élevées d'approximativement 20 et 40 %, respectivement. La concentration moyenne d'homocystéine plasmatique pendant la gestation était influencée par les traitements. En fait, elle diminuait ( $B_{12}$  quadratique,  $P < 0,01$ ) en fonction du supplément de vitamine  $B_{12}$  jusqu'au niveau de 100 ppm (figure 1). Il semble donc que les suppléments de vitamine  $B_{12}$  aient stimulé la voie de la reméthylation de la méthionine qui fait intervenir également la vitamine  $B_9$  (acide folique). Cette dernière avait été incorporée à l'aliment à raison de 10 mg/kg afin de satisfaire aux besoins métaboliques de l'animal (MATTE et GIRARD, 1999) et donc, ne pas être limitante à l'action éventuelle de la vitamine  $B_{12}$ . Aucun effet de traitement ( $P > 0,65$ ) n'a été observé sur l'homocystéine plasmatique pendant la lactation.

### 2.3. Le transfert de la vitamine $B_{12}$ de la mère à ses porcelets

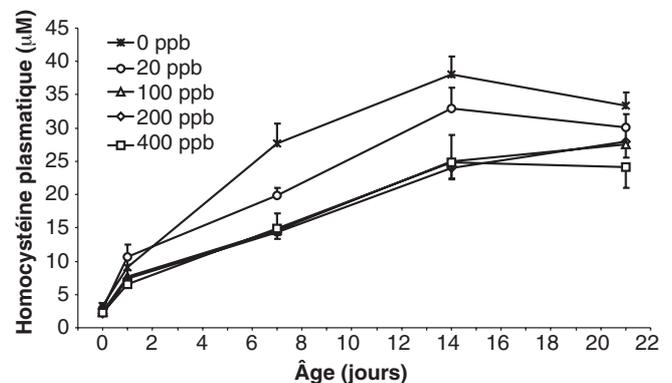
Le contenu en vitamine  $B_{12}$  du colostrum était fortement influencé ( $B_{12}$  quadratique,  $P < 0,01$ ) par l'apport de vitamine  $B_{12}$  en gestation. La réponse était maximisée avec le niveau de 200 ppb, la concentration en  $B_{12}$  du colostrum était alors 112 % et 67 % plus élevée que chez les truies 0 et 20 ppb, respectivement (figure 2). Le lendemain de la mise bas (L1), le contenu en  $B_{12}$  du «premier» lait a chuté d'environ 40 % mais l'effet résiduel des traitements de gestation persistait ( $B_{12}$  linéaire,  $P < 0,01$ ) (figure 2). Plus tard en lactation, le contenu en  $B_{12}$  du lait est demeuré relativement stable mais les différences entre traitements se sont estompées pour ne plus être significatives ( $P > 0,34$ ) à L14 et L21.



**Figure 2** - Teneurs en vitamine  $B_{12}$  du colostrum et du «premier» lait (le lendemain de la mise bas) selon le taux d'incorporation en vitamine  $B_{12}$  dans l'aliment des truies en gestation

Chez les porcelets, la concentration en  $B_{12}$  du plasma n'était pas influencée ( $P > 0,59$ ) par les traitements avant l'ingestion du colostrum, la valeur moyenne était de  $0,59 \pm 0,05$  ng/mL. Par contre, à L1, la concentration s'est accrue substantiellement et elle variait ( $B_{12}$  linéaire,  $P < 0,01$ ) alors en fonction de l'ingéré en  $B_{12}$  des mères en gestation. Les valeurs moyennes ( $\pm$  ESM) étaient alors de  $0,93 \pm 0,12$ ,  $1,17 \pm 0,13$ ,  $1,20 \pm 0,13$ ,  $1,35 \pm 0,12$  et  $1,34 \pm 0,14$

(ng/mL) pour les porcelets issus des portées 0, 20, 100, 200 et 400 ppb de vitamine  $B_{12}$ . Plus tard pendant la lactation, à partir de L7, les effets de traitements ont disparu et les concentrations plasmatiques moyennes ( $\pm$  ESM) de vitamine  $B_{12}$  diminuent rapidement,  $0,74 \pm 0,08$ ,  $0,38 \pm 0,03$  et  $0,32 \pm 0,02$  ng/mL à L7, L14 et L21, respectivement. Le contenu en vitamine  $B_{12}$  du colostrum apparaît donc comme un facteur déterminant du transfert de la vitamine  $B_{12}$  de la truie à ses porcelets ; c'est également le cas pour d'autres vitamines comme l'acide folique (BARKOW et al, 2001) et les vitamines A et E (HÅKANSSON et al, 2001). Bien que l'effet sur les concentrations circulantes semble éphémère chez les porcelets, les effets résiduels des traitements de gestation peuvent persister plus longtemps pendant la lactation. À cet égard, des mesures de  $B_{12}$  hépatiques faites sur un nombre restreint de porcelets morts-nés (L0) ou excédentaires (sacrifiés à L1) ont montré des valeurs approximativement deux fois plus élevées chez les porcelets issus des portées 200 ou 400 ppb comparativement à ceux des portées 0 ou 20 ppb. On peut donc penser que l'apport en vitamine  $B_{12}$  à la mère pendant la gestation est déterminant pour les réserves en vitamine  $B_{12}$  du porcelet et donc, l'homéostasie de cette vitamine pendant les premières semaines de vie. En fait, cela semble se confirmer lorsqu'on examine l'évolution de l'homocystéine plasmatique chez les porcelets. L'effet résiduel de l'ingéré en  $B_{12}$  de la mère en gestation sur les concentrations en homocystéine plasmatique des porcelets était marqué ( $B_{12}$  linéaire,  $P < 0,01$ ) et il persistait pendant toute la lactation (figure 3) bien que les différences numériques se soient estompées en fin de lactation. Outre les effets de traitements, on peut observer que les concentrations d'homocystéine des porcelets naissants étaient environ 10 fois plus basses que les valeurs correspondantes de leur mère et qu'elles s'accroissaient rapidement passant, en moyenne ( $\pm$  ESM), de  $2,6 \pm 0,1$   $\mu\text{M}$  à L0 à  $28,8 \pm 1,1$   $\mu\text{M}$  à L21. Il semble que des facteurs postnatals affectent de façon permanente le processus de reméthylation de la méthionine chez le porc puisque les niveaux d'homocystéine sont, en général, beaucoup plus bas ( $< 10$   $\mu\text{M}$ ) chez d'autres espèces comme la vache laitière (GIRARD et al, 2002), le rat (SARWAR et al, 2000), la souris (HOFMANN et al, 2001), le chat (RUAUX et al, 2001) et l'humain (PIETRZIK et BRÖNSTRUP, 1997).



**Figure 3** - Évolution des concentrations en homocystéine du plasma selon l'âge des porcelets et le taux d'incorporation en vitamine  $B_{12}$  dans l'aliment de leur mère en gestation

## CONCLUSION

En conclusion, ces résultats montrent que l'apport en B<sub>12</sub> pendant la gestation influence le transfert de cette vitamine vers le porcelet qui se fait principalement via le colostrum et le «premier» lait de la truie. En outre, l'apport en vitamine B<sub>12</sub> requis pour maximiser le statut en vitamine B<sub>12</sub> et minimiser la concentration d'homocystéine de la truie et de ses porcelets se situerait entre 100 et 200 µg/kg d'aliment ingéré selon le critère utilisé. Ces niveaux, largement supérieurs aux recommandations actuelles (NRC, 1998), méritent d'être validés en utilisant des critères de performances de repro-

duction des truies et ce, sur des effectifs d'animaux beaucoup plus importants.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier la Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ), le Centre d'insémination porcine du Québec inc. (CIPQ inc), Maple Leaf (Shur-Gain), Adisseo Animal Nutrition Inc., Hypor (Genex Swine Group Inc.) et le Programme de partage des frais pour l'investissement d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, pour leur support financier à ce projet.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AARON D.K., HAYS V.W., 1991. In: E.R. Miller, D.E. Ullrey, and A.J. Lewis (Ed.), Swine Nutrition. Statistical techniques for the design and analysis of swine nutrition experiments. Butterworth-Heinmann, Stoneham, MA.
- BARKOW B., MATTE J.J., BÖHME H., FLACHOWSKY G., 2001. *Brit. J. Nutr.*, 85, 179-184.
- BASF, 2000, Survey of vitamin fortification in animal feed industry, Canada.
- COMBS G.F. Jr., 1998. The vitamins. Fundamental aspects in nutrition and health. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- CUNHA T.J., ROSS O.B., PHILLIPS P.H., BOHSTEDT G., 1944. *J. Anim. Sci.*, 3, 415-421.
- ENSMINGER M.E., COLBY R.W., CUNHA T.J., 1951. Washington Agricultural Experiment Station 134, 1-35.
- FARMER C., SORENSEN M.T., ROBERT S., PETITCLERC D., 1999. *J. Anim. Sci.*, 77, 1851-1859.
- FREDERICK G.L., BRISSON G.J., 1961. *Can. J. Anim. Sci.*, 41, 212-219.
- GIRARD C.L., 2002. Pages 237-254. In: Recent Developments in Ruminant Nutrition. J. Wiseman et P. C. Gansworth, Eds. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- GUAY F., MATTE J.J., GIRARD C.L., PALIN M.-F., GIGUÈRE A., LAFOREST J.P., 2002a. *J. Anim. Sci.*, 80, 2134-2143.
- GUAY F., MATTE J.J., GIRARD C.L., PALIN M.-F., GIGUÈRE A., LAFOREST J.P., 2002b. *Brit. J. Nutr.*, 88, 253-263.
- HÅKANSSON J., HAKKARAINEN J., LUNDEHEIM N., 2001. *Acta Agric. Scand. Anim. Sci.*, 51, 224-234.
- HOFMANN M.A., LALLA E., LU Y., GLEASON M.R., WOLF B.M., TANJI N., FERRAN L.J.Jr., KOHL B., RAO V., KISIEL I. W., STERN D.M., SCHMIDT A.M., 2001. *J. Clin. Invest.*, 107, 675-683.
- LE GRUSSE J., WATIER B., 1993. Les vitamines. Données biochimiques, nutritionnelles et cliniques. CEIV, Paris, France.
- LITTEL R. C., MILIKEN G.A., STROUP W.W., WOLFINGER R.D., 1996. SAS system for mixed models. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- MATTE J.J., GIRARD C.L., 1999. *J. Anim. Sci.*, 77, 159-165.
- MCDOWELL, 1989. Vitamins in animal Nutrition, Academic Press.
- NRC (National research Council), 1998. Nutrient requirements of swine (10<sup>th</sup> ed. ) National Academy Press, Washington, DC.
- PIETRZIK K., BRÖNSTRUP A., 1997. *Ann. Nutr. Metab.*, 41, 331-343.
- ROSS O.B., PHILLIPS P.H., BOHSTEDT G., CUNHA T.J., 1944. *J. Anim. Sci.*, 3, 406-414.
- RUAUX C.G., STEINER J.M., WILLIAMS D.A., 2001. *Am. J. Vet. Res.*, 62, 1852-1858.
- SARWAR G., PEACE R.W., BOTTING H.G., L'ABBÉ M.R., KEAGY P.M., 2000. *Nutr. Res.*, 20, 1817-1827.
- SELHUB J., 1999. *Ann. Rev. Nutr.*, 19, 217-246.
- TEAGUE H. S., GRIFO A. P. Jr., 1966. *J. Anim. Sci.*, 25, 895.

