

# Des truies et des vitamines : au-delà de l'empirisme

J.-J. MATTE<sup>1</sup>, N. LE FLOC'H<sup>2</sup>, E. MOSNIER<sup>2</sup>, H. QUESNEL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centre de Recherche et de Développement sur le bovin laitier et le porc, Agriculture et Agroalimentaire Canada, STN-Lennoxville, Sherbrooke, Qc, Canada, J1M 1Z3

<sup>2</sup> INRA, Agrocampus, UMR1079 Systèmes d'Élevage, Nutrition Animale et Humaine, F-35590 Saint-Gilles, France

Courriel : Jacques.Matte@agr.gc.ca

En nutrition animale, l'estimation des besoins en vitamines a été, et est encore aujourd'hui, souvent basée sur les niveaux requis pour prévenir l'apparition des symptômes de carence et non pour optimiser les performances de production. On a longtemps considéré qu'une partie de l'apport en vitamines pouvait être comblée par la coprophagie (ARC 1981, McDowell 2000) mais on sait aujourd'hui que cette source est à la fois négligeable et peu fiable, notamment pour les vitamines du complexe B (Bilodeau *et al* 1989, de Passillé *et al* 1989) dans les conditions modernes d'élevage.

Compte tenu de la sophistication des techniques d'élevage et des progrès génétiques considérables des performances de reproduction des truies au cours des dernières décennies, les recommandations d'apports en vitamines doivent être actualisées afin d'optimiser la productivité de ces «nouveaux» animaux. Cependant, le manque et/ou la vétusté de l'information sur les vitamines sont des facteurs importants contribuant à l'empirisme et aux disparités parfois considérables quant aux recommandations d'apports alimentaires. Ainsi, certaines vitamines ont fait l'objet de plusieurs études dans les deux dernières décennies alors que pour d'autres les dernières études remontent à plus de 40 ans (Matte *et al* 2006). Enfin, la plupart des études étaient focalisées sur un seul critère de reproduction : la prolificité.

Treize substances sont considérées comme des vitamines et sont généralement divisées en deux grands groupes : les lipo- et les hydrosolubles. Les vitamines A, D, E et K, dites «liposolubles» peuvent être emmagasinées dans les tissus adipeux lorsque l'apport est supérieur aux besoins de l'animal alors que les vitamines du complexe B et la vitamine C, dites «hydrosolubles» ne peuvent pas être emmagasinées en

quantité importante, à l'exception de la vitamine B<sub>12</sub>. Un apport quotidien régulier correspondant au moins aux besoins de l'animal est nécessaire pour une activité métabolique optimale de ces micronutriments. Cette caractéristique des vitamines est particulièrement importante pour la fonction de reproduction dont les besoins métaboliques peuvent évoluer rapidement selon le stade physiologique et qui peuvent compter (dans le cas des liposolubles) ou non (les hydrosolubles) sur des réserves tissulaires ou corporelles.

Le tableau 1 présente certaines des caractéristiques historiques, alimentaires et métaboliques des vitamines qui font l'objet de la présente synthèse.

## 1 / Les vitamines liposolubles

Les vitamines liposolubles se retrouvent dans les aliments en association avec la fraction lipidique. Elles sont constituées exclusivement de carbone, hydrogène et oxygène. Comme mentionné précédemment, elles peuvent être stockées en quantité importante par l'organisme et les surplus sont excrétés *via* la bile dans les fèces (Charlton et Ewing 2007)

Plusieurs études ont été publiées dans les dix dernières années concernant les rôles des vitamines A et E chez la truie reproductrice. La vitamine A a été étudiée non seulement pour son impact sur les performances de reproduction (Lindemann *et al* 2008) mais également pour son rôle dans le développement embryonnaire en début de gestation (Whaley *et al* 1997, 2000, Schweigert *et al* 2002). Dans une synthèse des travaux antérieurs, Mahan et Vallet (1997) résument bien les effets de la vitamine A qui seraient associés à la présence de la RBP (*retinol binding*

*protein*) dans les sécrétions utérines de la truie pendant le premier tiers de la gestation. La RBP joue plusieurs rôles en 1) permettant le transfert du rétinol au fœtus, 2) facilitant la captation de l'acide rétinoïque (métabolite de la vitamine A essentiel à la différenciation cellulaire) par le conceptus et 3) contribuant à la capacité antioxydante intra-utérine (Mahan et Vallet 1997). Quant à la vitamine E, bien qu'elle soit connue pour son rôle d'antioxydant, elle a plutôt été étudiée en fonction de son transfert de la mère vers le fœtus et le porcelet pendant la période de lactation et son éventuel impact sur le développement de la compétence immunitaire du jeune animal (Mahan *et al* 2000, Lauridsen et Jensen 2005). L'information générée par les différentes études concernant ces deux vitamines au cours des dernières décennies a contribué à amenuiser les disparités quant aux recommandations des apports alimentaires de ces vitamines comparativement aux autres (BASF 2001).

Quant aux vitamines D et K, l'ARC (1981) faisait état de bien peu d'information concernant leurs rôle et importance pour la truie reproductrice et, à notre connaissance, aucune étude n'a été publiée depuis.

## 2 / Les vitamines hydrosolubles

Dans cette synthèse, nous nous attarderons particulièrement sur les vitamines hydrosolubles compte tenu de l'absence de stockage dans les tissus. Plusieurs de ces vitamines sont constituées elles-aussi de carbone, hydrogène et oxygène mais également d'azote, de soufre et de cobalt (Le Grusse et Watier 1993, Charlton et Ewing 2007).

L'information disponible varie grandement d'une vitamine hydrosoluble à

**Tableau 1.** Caractéristiques historiques, alimentaires et métaboliques des vitamines<sup>1</sup>.

Vitamine	Historique découverte/isolée /synthétisée	Vitamères actifs	Perte naturelle par mois dans l'aliment (%)	Apports recommandés (mg/kg) <sup>2</sup>	Apports couramment utilisés (mg/kg) <sup>3</sup>
A	1909/1931/1947	rétinol	4 - 10	0,6 - 1,2	3,5
E	1922/1936/1938	tocopherol	0,3	10 - 44	55
Riboflavine	1920/1933/1935	FMN (flavine mononucléotide) et FAD (flavine adénine dinucléotide)	2 - 10	3 - 4	7,3
Niacine	1935/1935/1949	NAD (nicotinamide adénine dinucléotide) et le NADP (nicotinamide adenosine dinucleotide phosphate)	1 - 2	10	38
Pyridoxine	1934/1938/1939	(pyridoxol et pyridoxine), aldéhyde (pyridoxal) et amine (pyridoxamine)	2 - 5	2 - 3	2,8
Biotine	1931/1935/1943	biotine	1 - 2	0,1 - 0,2	0,3
Acide folique	1941/1941/1946	méthyltétrahydrofolates et tétrahydrofolates	10 - 40	0,6 - 1,3	2,8
Vitamine B <sub>12</sub>	1926/1948/1972	méthylcobalamine, la principale forme circulante liée à une protéine de transport et l'adénosylcobalamine	1 - 5	0,015 - 0,02	0,028

<sup>1</sup> Adapté de Le Grusse et Watier (1993), McGinnis (1994), Charlton et Ewing (2007).

<sup>2</sup> Selon ARC (1981), INRA (1984) et NRC (1998).

<sup>3</sup> Selon BASF (2001).

l'autre. Pour certaines, elle se limite à des études de performances de reproduction ; c'est le cas de la pyridoxine (B<sub>6</sub>), de la biotine et de la niacine. Par contre, pour d'autres vitamines hydrosolubles, la riboflavine, l'acide folique et la vitamine B<sub>12</sub>, nous disposons de plusieurs éléments qui permettent une certaine compréhension des mécanismes physiologiques impliqués.

## 2.1 / La biotine, la pyridoxine (B<sub>6</sub>), et la niacine : des effets et des mécanismes encore peu connus

### a) La biotine

Les effets de la biotine sur la santé et les performances de reproduction ne sont pas aussi clairement démontrés que les effets de la carence sur l'intégrité des ongles (Greer *et al* 1991). En effet, plusieurs travaux ont démontré des effets bénéfiques de cette vitamine sur les performances de reproduction alors que d'autres études, moins nombreuses, n'ont mis en évidence aucun effet (cf. les synthèses de Brooks 1986 et Kornegay 1986). En général, les expériences ont été faites soit avec un nombre restreint d'animaux ne pouvant pas permettre de dégager clairement des différences significatives, soit avec

des animaux ayant une capacité reproductrice faible. Le travail le plus récent rapporté par Lewis *et al* (1991) a été fait avec un effectif important soit plus de 300 portées sur plusieurs parités. Le supplément de biotine de 330 µg/kg n'a pas eu d'effet sur la taille de la portée à la naissance mais a permis d'augmenter le nombre de porcelets sevrés à 21 j d'âge.

### b) La pyridoxine

Son effet sur le contrôle de la taille de la portée n'est pas bien documenté. La plupart des travaux ont été menés avant les années 60. Les organismes américains (NRC 1998) et anglais (ARC 1981) ne font que des suggestions quant aux besoins, tandis que l'INRA (1984) ne faisait pas de recommandations particulières. Deux études américaines datant du début des années 80 suggèrent qu'une concentration dans l'aliment entre 2 et 3 mg/kg est nécessaire pour atteindre des concentrations tissulaires maximales des métabolites de la pyridoxine et augmenter les performances de reproduction (Easter *et al* 1983, Russell *et al* 1985). D'autres travaux sont de toute évidence nécessaires afin de confirmer ces résultats observés chez des animaux à faible potentiel reproducteur.

### c) La niacine

Les rares travaux concernant la niacine chez la truie ont été publiés dans les années 90. Ivers *et al* (1993) concluent qu'un aliment sans niacine exogène et apportant peu de tryptophane, précurseur de la niacine (0,12%) suffisait à combler les besoins en niacine pendant la gestation et la lactation. Les travaux rapportés dans la littérature de transfert technologique tant américaine (Goodband *et al* 1990, 1998) qu'euro-péenne (Bolduan *et al* 1993, Schone *et al* 1993) montrent peu ou pas d'effets sur la taille et le poids de portée avec des niveaux très élevés variant de 11 à 1000 mg/kg pendant la gestation et lactation. Une étude récente a mis en évidence que la concentration plasmatique de niacine au cours de la première semaine après la mise bas est de 10% inférieure à la concentration plasmatique mesurée en fin de gestation (Mosnier *et al* données non publiées). L'aliment de lactation utilisé apportait 45 mg/kg de niacine, 0,22% de tryptophane et 0,93% de lysine. Dans cette expérience, les truies présentaient des niveaux de consommation d'aliment élevés dès les premiers jours après la mise bas (en moyenne 6,4 kg/j au cours de la première semaine de lactation). La baisse de niacine observée après la mise bas semble traduire une utilisation

accrue de cette vitamine. Il apparaît donc important de définir précisément le besoin en niacine de la truie parturiente, mais également de définir dans quelle mesure le tryptophane est utilisé pour sa synthèse afin d'optimiser l'incorporation de cette vitamine dans l'aliment de lactation.

## 2.2 / La riboflavine, l'acide folique et la vitamine B<sub>12</sub> : leur implication dans la survie embryonnaire

### a) La riboflavine

Au début des années 80, on avait montré que l'utérus de la truie sécrétait de grandes quantités de riboflavine environ une semaine après la saillie (Moffat *et al* 1980). Un supplément alimentaire élevé (100 mg/j) donné sur une très courte période en début de gestation (du jour 4 au jour 10) avait augmenté la taille de la portée à la parturition suite à une diminution de la mortalité embryonnaire (Bazer et Zavy 1988). Par contre, les résultats de cette expérience n'ont jamais pu être reproduits dans des études ultérieures (Luce *et al* 1990, Tilton *et al* 1991, Wiseman *et al* 1991). Il faudra mieux cerner les facteurs expliquant ces résultats divergents avant de statuer plus définitivement sur les besoins en riboflavine des truies reproductrices. Les recommandations actuelles d'apport alimentaire, essentiellement basées sur les performances de reproduction et l'activité d'une enzyme érythrocytaire, le glutathion réductase (GRE) varient entre 3 et 4 mg/kg d'aliment (ARC 1981, INRA 1984, NRC 1998). L'activité de la glutathion réductase érythrocytaire est reconnue comme marqueur du statut en riboflavine chez l'homme et le rat. L'absence de corrélation entre l'activité de cet enzyme et les teneurs circulantes

ou hépatiques en riboflavine chez le porcelet a récemment remis en question le bien-fondé de l'utilisation de ce critère chez le porc (Giguère *et al* 2002).

### b) L'acide folique

L'acide folique suscite depuis quelques années beaucoup d'intérêt en nutrition humaine. On lui attribue des effets protecteurs contre les maladies cardiovasculaires et les malformations congénitales (Piertzik et Brönstrup 1997). Les rôles métaboliques de l'acide folique sont étroitement liés à ceux de la vitamine B<sub>12</sub>. Il est impliqué, *via* les mêmes mécanismes, dans la multiplication cellulaire. Outre son rôle fondamental dans la synthèse des bases puriques et pyrimidiques, il est essentiel au transfert d'unités monocarbo- nées, en particulier pour l'interconversion de certains acides aminés comme la glycine en sérine, l'histidine en acide glutamique ainsi que la reméthylation de l'homocystéine dans le cycle de la méthionine. L'homocystéine qui suscite lui également beaucoup d'intérêt en nutrition humaine est un métabolite intermédiaire du cycle de la méthionine qui doit être maintenu à un niveau minimal par l'organisme. Il est, en fait, un oxydant puissant qui devient, à niveaux élevés, néfaste à l'intégrité des vaisseaux sanguins et au développement normal de l'embryon (Piertzik et Brönstrup 1997).

Les effets bénéfiques de l'acide folique sur la prolificité chez la truie (Matte *et al* 1984, 1992, 2006, Lindemann et Kornegay 1989) sont maintenant reconnus bien que mis en évidence avec des animaux moins prolifères qu'aujourd'hui. Cet effet de l'acide folique a été associé à une meilleure survie des embryons en début de gestation (Tremblay *et al* 1989).

L'acide folique agirait à deux niveaux : d'une part, directement, sur le développement embryonnaire (Matte *et al* 1996, Guay *et al* 2002a) et d'autre part, indirectement, sur la reconnaissance de la gestation, en stimulant la sécrétion utérine de promoteurs de croissance et de facteurs bénéfiques à l'acceptation des embryons par l'utérus (Matte *et al* 1996, Giguère *et al* 2000, Guay *et al* 2004a et b ; tableau 2). Par contre, l'effet de l'acide folique, tant sur la prolificité (Lindemann et Kornegay 1989) que sur les sécrétions utérines est beaucoup plus marqué chez les truies multipares que chez les truies nullipares (cochettes) (tableau 2). On croit maintenant que l'effet mitigé de l'acide folique chez la cochette serait lié à un niveau métabolique limitant d'une autre vitamine mentionnée plus tôt, la B<sub>12</sub>, qui perturberait ainsi l'homéostasie de l'homocystéine. Selon Matte *et al* (2006), trois rôles métaboliques néfastes de l'homocystéine seraient impliqués dans ces réponses différentielles de l'acide folique selon la parité : 1) elle est reconnue comme néfaste pour l'intégrité du trophoblaste (effet mortalité embryonnaire), 2) elle stimule le relâchement extracellulaire de l'acide arachidonique (C<sub>20:n-4</sub>) entraînant une chute de la concentration cellulaire de ce précurseur des prostaglandines de la série 2 (effet PGE<sub>2</sub>) et enfin 3) elle stimule la transcription de NF-κB, un régulateur clé des cytokines proinflammatoires comme l'interleukine-2 (effets mortalité embryonnaire, PGE<sub>2</sub> et TGFβ<sub>2</sub>).

Concernant les recommandations d'apports nutritionnels, un niveau souvent supérieur à 5 mg/kg a été nécessaire pour faire apparaître un effet de traitement sur les performances de reproduction. Matte et Girard (1999) ont montré que l'utilisation métabo-

**Tableau 2.** Prolificité à la parturition, mortalité embryonnaire et composition du liquide allantoïque de truies nullipares et multipares en fonction du supplément en acide folique de l'aliment de gestation.

Truies	Nullipares		Multipares	
	-	+	-	+
Supplément d'acide folique				
Porcelets nés vivants/portée <sup>1</sup>	9,1	9,3	11,5	13,5
Mortalité embryonnaire (%)	14,4 <sup>2</sup>	12,8 <sup>2</sup>	39,2 <sup>3</sup>	32,6 <sup>3</sup>
Prostaglandine E <sub>2</sub> (PGE <sub>2</sub> ) totale (ng) <sup>4</sup>	1574,1	1749,5	1890,0	2317,6
Transforming growth factor β <sub>2</sub> (TGFβ <sub>2</sub> ) total (ng) <sup>4</sup>	81,1	66,0	66,7	138,1

<sup>1</sup> Adapté de Lindemann et Kornegay (1989) (P < 0,05) (0 vs 1 mg/kg d'acide folique).

<sup>2</sup> À 30 j de gestation, adapté de Giguère *et al* (2000) (P > 0,15) (0 vs 15 mg/kg d'acide folique).

<sup>3</sup> À 30 j de gestation, adapté de Tremblay *et al* (1989) (P < 0,05) (0 vs 5 mg/kg d'acide folique).

<sup>4</sup> À 25 j de gestation, adapté de Guay *et al* (2004b) (P < 0,07) (0 vs 15 mg/kg d'acide folique).

lique de l'acide folique chez la truie gravide serait optimale à environ 10 mg/kg chez des animaux de haute prolificité.

### c) La vitamine B<sub>12</sub>

En nutrition porcine (et monogastrique, en général), 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.

Le rôle de la vitamine B<sub>12</sub> dans les processus de reproduction est mal connu (Matte *et al* 2006). Il n'existe, en fait, pas plus d'une dizaine de publications (résumés et articles scientifiques) sur le sujet. 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 car elle peut être stockée par l'organisme ; l'apparition de symptômes de carence comme, par exemple, l'avortement peu avant la mise bas, peut prendre un an ou plus (Cunha *et al* 1944, Ensminger *et al* 1951, Frederick et Brisson 1961). Dans certains travaux anciens on avait observé une augmentation des performances de reproduction après l'ajout dans l'aliment de quantités de vitamine B<sub>12</sub> dix fois supérieures aux niveaux actuellement recommandés (Frederick et Brisson 1961, Teague et Grifo 1966). Les travaux de Guay *et al* (2002b) suggèrent que le besoin en vitamine B<sub>12</sub>

de la truie est particulièrement élevé en début de gestation compte tenu du fait que l'utérus draine alors d'importantes quantités de B<sub>12</sub> représentant un contenu total deux fois plus élevé que celui du pool sanguin plasmatique. Chez la cochette, ce phénomène est exacerbé par le fait que leur statut en vitamine B<sub>12</sub> était de 2 à 3 fois plus faible que celui des multipares (Guay *et al* 2002b). Il apparaît intéressant de souligner que la dernière publication scientifique avant l'étude de Guay *et al* (2002b), remontait à plus de 35 ans (Teague et Grifo 1966). De nouveaux travaux sont nécessaires afin d'actualiser les recommandations. À cet égard, on a récemment montré, chez les truies en gestation, que 100 à 200 µg/kg de vitamine B<sub>12</sub> est nécessaire pour optimiser les concentrations de B<sub>12</sub> dans le sang et le foie, maximiser le transfert dans le lait et aux porcelets et pour réduire les concentrations d'homocystéine dans le sérum des truies et des porcelets (Simard *et al* 2007).

## Conclusion

Chez la truie reproductrice, les études sur les vitamines, les récentes comme les plus anciennes, ont permis d'évaluer non seulement leur impact potentiel direct sur la productivité des élevages, mais également de cibler l'étude de voies métaboliques précises en lien direct avec la fonction reproductrice et de mettre en évidence des mécanismes physiologiques jusqu'à tout récemment insoupçonnés. Néanmoins, le manque

d'information dans ce domaine est à l'origine d'un empirisme qui persiste encore aujourd'hui et qui est bien illustré par la variabilité considérable des recommandations de différents organismes privés ou publics (tableau 1).

Les risques de carences en vitamines sont aujourd'hui pratiquement nuls en production animale. Il est désormais important de déterminer des niveaux optima en vitamines pour des critères de productivité des élevages qui sont, de surcroît, en constante évolution. En effet, du critère classique et parfois unique de prolificité, mentionné abondamment dans la présente synthèse, on se préoccupe de plus en plus de la «qualité» du produit c'est-à-dire des porcelets robustes et de poids homogènes qui pourront profiter pleinement de la performance de lactation de la truie. À cet égard, l'information concernant l'impact des vitamines sur l'homogénéité de poids intra-portée et les performances de lactation est, à ce jour, pratiquement inexistant. En outre, l'optimisation des niveaux de vitamines des aliments pour la truie en gestation ou lactation est importante tant au niveau économique, pour le coût de l'aliment que pour la santé de l'animal car certaines vitamines sont reconnues pour leur rôle dans la réponse immunitaire. En outre, il ne faut pas négliger la perception publique généralement positive envers les suppléments vitaminiques qui ne risque pas de nuire à l'image de la production porcine.

## Références

- ARC, 1981. The nutrient requirements of pigs. Agricultural Research Council. Commonwealth Agricultural Bureaux (Ed), Slough, England, 307p.
- Bazer F.W., Zavy M.T., 1988. Supplemental riboflavin and reproductive performance of gilts. *J. Anim. Sci.*, 66 (Suppl. 1), 324.
- BASF, 2001. Fortification en vitamines des aliments porcs et volailles au Canada. Séminaire technique. Duval M. (Ed), St-Pie de Bagot, Qc, Canada, 17p.
- Bilodeau R., Matte J.J., de Passillé A.M.B., Girard C.L., Brisson G.J., 1989. Effects of floor type on serum folates, serum vitamin B<sub>12</sub>, plasma biotin and on growth performances of pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 69, 779-788.
- Bolduan G., Spitschak K., Voss S., 1993. Versuchsergebnisse zu Niacin- und Carotingen bei Sauen [Results obtained from feeding niacin and carotene in sows]. *Monatsh. Veterinarmed.*, 48, 71-73.
- Brooks P.H., 1986. The role of biotin in intensive systems of pig production. *Proc. 6<sup>th</sup> Int. Conf. Prod. Disease Farm Anim.*, Belfast, Northern Ireland, 123-132.
- Charlton S.J., Ewing W.N., 2007. The vitamins Directory. Context. Products Ltd Leicestershire (Ed), UK, 150p.
- Cunha T.J., Ross O.B., Phillips P.H., Bohstedt G., 1944. Further observations on the dietary insufficiency of a corn-soybean ration for reproduction of swine. *J. Anim. Sci.*, 3, 415-421.
- De Passillé A.M.B., Bilodeau R., Girard C.L., Matte J. J., 1989. A study on the occurrence of coprophagy behaviour and its relationship to vitamin-B status of growing-finishing pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 69, 299-306.
- Easter R.A., Anderson P.A., Michel E.J., Corley J.R., 1983. Response of gestating gilts and starter, grower and finisher swine to biotin, pyridoxine, folacin and thiamine additions to corn-soybean meal diets. *Nutr. Rep. Int.*, 28, 945-950.
- Ensminger M.E., Colby R.W., Cunha T.J., 1951. Effect of certain B-complex vitamins on gestation and lactation in swine. *Washington Agric. Exp. Sta., Sta. Circ.*, 134, 1-35.
- Frederick G.L., Brisson G.J., 1961. Some observations on the relationship between vitamin B<sub>12</sub> and reproduction in swine. *Can. J. Anim. Sci.*, 41, 212-219.
- Giguère A., Girard C.L., Lambert R., Laforest J.P., Matte J.J., 2000. Reproductive performance and uterine prostaglandin secretion in gilts conditioned with dead semen and receiving dietary supplements of folic acid. *Can. J. Anim. Sci.*, 80, 467-472.
- Giguère A., Girard C.L., Matte J.J., 2002. Erythrocyte glutathione reductase activity and riboflavin nutritional status in early-weaned piglets. *Int. J. Vit. Nutr. Res.*, 72, 383-388.
- Goodband R.D., Nelssen J.L., Weeden T.L., Li D.F., 1990. The effects of additional niacin during gestation and lactation on sow and litter per-

- formance. Kansas State University Swine Day 1990 Report of Progress, 610, 26-29.
- Goodband R.D., Nelssen J.L., Weeden T.L., Thaler R.C., Kats L.J., Blum S.A., 1998. The effect of additional niacin during gestation and lactation on sow and litter performance. *Prof. Anim. Scient.*, 14, 28-35.
- Greer E.B., Leibholz J.M., Pickering D.I., Macoun R.E., Bryden W.L., 1991. Effect of supplementary biotin on the reproductive performance, body condition and foot health of sows on 3 farms. *Aust. J. Agric. Res.*, 42, 1013-1021.
- Guay F., Matte J.J., Girard C.L., Palin M.F., Giguère A., Laforest J.P., 2002a. Effect of folic acid and glycine supplementation on embryo development and folate metabolism during early pregnancy in pigs. *J. Anim. Sci.*, 80, 2134-2143.
- Guay F., Matte J. J., Girard C. L., Palin M.F., Giguère A., Laforest J. P., 2002b. Effect of folic acid and vitamin B<sub>12</sub> supplements on folate and homocysteine metabolism in pigs during early pregnancy in pigs. *Brit. J. Nutr.*, 88, 253-263.
- Guay F., Matte J.J., Girard C.L., Palin M.F., Giguère A., Laforest J.P., 2004a. Effects of folic acid supplement on uterine prostaglandin metabolism and interleukin-2 expression on day 15 of gestation in white breed and crossbred Meishan sows. *Can. J. Anim. Sci.*, 84, 63-72.
- Guay F., Matte J.J., Girard C.L., Palin M.F., Giguère A., Laforest J.P., 2004b. Effect of folic acid plus glycine supplement on uterine prostaglandin and endometrial granulocyte-macrophage colony-stimulating factor expression during early pregnancy in pigs. *Theriogenology*, 61, 485-498.
- INRA, 1984. Alimentation des animaux monogastriques : porcs, lapins, volailles. INRA Editions, Versailles, France, 282p.
- Ivers D.J., Rodhouse S.L., Ellersieck M.R., Veum T.L., 1993. Effect of supplemental niacin on sow reproduction and sow and litter performance. *J. Anim. Sci.*, 71, 651-655.
- Kornegay E.T., 1986. Biotin in swine production: a review. *Livest. Prod. Sci.*, 14, 65-89.
- Lauridsen C., Jensen S.K. 2005. Influence of supplementation of all-rac-[alpha]-tocopheryl acetate preweaning and vitamin C postweaning on alpha-tocopherol and immune responses of piglets. *J. Anim. Sci.*, 83, 1274-1286.
- Le Grusse J., Watier B., 1993. Les vitamines. Données biochimiques, nutritionnelles et cliniques. Centre d'Études et d'Information sur les Vitamines. Produits Roche, Neuilly sur Seine, France, 144p.
- Lewis A.J., Cromwell G.L., Pettigrew J. E., 1991. Effects of supplemental biotin during gestation and lactation on reproductive performance of sows: a cooperative study. *J. Anim. Sci.*, 69, 207-214.
- Lindemann M.D., Kornegay E.T., 1989. Folic acid supplementation to diets of gestating and lactating swine over multiple parities. *J. Anim. Sci.*, 67, 459-464.
- Lindemann M. D., Brendemuhl J. H., Chiba L. I., Darroch C. S., Dove C. R., Estienne M.J., Harper A. F., 2008. A regional evaluation of injections of high levels of vitamin A on reproductive performance of sows. *J. Anim. Sci.*, 86, 333-338.
- Luce W.G., Geisert R.D., Zavy M.T., Clutter A.C., Bazer F.W., Maxwell C.W., Wiltmann M.D., Blair R.M., Fairchild M., Wiford J., 1990. Effect of riboflavin supplementation on reproductive performance of bred sows. *Anim. Sci. Report, Oklahoma Agric. Exp. Station*, 269.
- Mahan D.C., Vallet J.L., 1997. Vitamin and mineral transfer during fetal development and the early postnatal period in pigs. *J. Anim. Sci.*, 75, 2731-2738.
- Mahan D.C., Kim Y.Y., Stuart R.L., 2000. Effect of vitamin E sources (RRR- or all-rac-alpha-tocopheryl acetate) and levels on sow reproductive performance, serum, tissue, and milk alpha-tocopherol contents over a five-parity period, and the effects on the progeny. *J. Anim. Sci.*, 78, 110-119.
- Matte J.J., Girard C.L., 1999. An estimation of the requirement for folic acid in gestating sows: the metabolic utilization of folates as a criterion of measurement. *J. Anim. Sci.*, 77, 159-165.
- Matte J.J., Girard C.L., Brisson G.J., 1984. Folic acid and reproductive performances of sows. *J. Anim. Sci.*, 59, 1020-1025.
- Matte J.J., Girard C.L., Brisson G.J., 1992. The role of folic acid in the nutrition of gestating and lactating primiparous sows. *Livest. Prod. Sci.*, 32, 131-148.
- Matte J.J., Farmer C., Girard C.L., Laforest J.P., 1996. Dietary folic acid, uterine function and early embryonic development in sows. *Can. J. Anim. Sci.*, 76, 427-433.
- Matte J.J., Guay, F. Girard, C.L., 2006. Folic acid and vitamin B<sub>12</sub> in reproducing sows: new concepts. *Can. J. Anim. Sci.*, 86, 197-205.
- McDowell L.R., 2000. Vitamins in animal nutrition. Academic Press Inc. San Diego, California, 486p.
- Moffatt R.J., Murray F.A., Grifo A.P. Jr., Haynes L.W., Kinder J.E., Wilson G.R., 1980. Identification of riboflavin in porcine uterine secretions. *Biol. Reprod.*, 23, 331-335.
- NRC, 1998. Nutrient Requirements of Swine. National Academy Press, 10<sup>th</sup> Edition, Washington, DC, 212p.
- Pietrzik K., Brönstrup A., 1997. Folate in preventive medicine: A new role in cardiovascular disease, neural tube defects and cancer. *Ann. Nutr. Metabol.*, 41, 331-343.
- Russell L.E., Easter R.A., Bechtel P.J., 1985. Evaluation of the erythrocyte aspartate aminotransferase activity coefficient as an indicator of the vitamin B-6 status of postpubertal gilts. *J. Nutr.*, 115, 1117-1123.
- Schone F.H., Ludke H., Geinitz D., 1993. Prüfung hoher Niacingaben an saugenden Sauen. [Evaluation of high niacin supply in lactating sows.] *Vitamine-und-weitere-Zusatzstoffe-bei-Mensch-und-Tier. 4<sup>th</sup> Symp.-Jena-Thuringen, Allemagne*, 198-201.
- Schweigert F. J., Krieger K., Schnurrbusch U., Schams D., Gropp J., 2002. Effect of dietary beta-carotene on the early embryonic development and uterine fluid composition of gilts. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 86, 265-272.
- Simard F., Guay F., Girard C. L., Giguère A., Laforest J.P., Matte J. J., 2007. Effects of concentrations of cyanocobalamin in the gestation diet on some criteria of vitamin B<sub>12</sub> metabolism in first-parity sows. *J. Anim. Sci.*, 85, 3294-3302.
- Teague H.S., Grifo A.P., 1966. Vitamin B<sub>12</sub> supplementation of sow rations. *J. Anim. Sci.*, 25, 895.
- Tilton S.L., Bates R.O., Moffatt R.J., 1991. Effect of riboflavin supplementation during gestation on reproductive performance of sows. *J. Anim. Sci.*, 69 (Suppl. 1), 482.
- Tremblay G.F., Matte J.J., Dufour J.J., Brisson G.J., 1989. Survival rate and development of foetuses during the first 30 days of gestation after folic acid addition to a swine diet. *J. Anim. Sci.*, 67, 724-732.
- Whaley S. L., Hedgpeth V. S., Britt J. H., 1997. Evidence that injection of vitamin A before mating may improve embryo survival in gilts fed normal or high-energy diets. *J. Anim. Sci.*, 75, 1071-1077.
- Whaley S. L., Hedgpeth V. S., Farin C. E., Martus N. S., Jayes F. C. L., Britt J. H., 2000. Influence of vitamin A injection before mating on oocyte development, follicular hormones, and ovulation in gilts fed high-energy diets. *J. Anim. Sci.*, 78, 1598-1607.
- Wiseman S.L., Wenninghoff J.R., Sauer R.D., Danielson D.M., 1991. The effect of supplementary riboflavin fed during the breeding and implantation period on reproductive performance of gilts. *J. Anim. Sci.*, 69 (Suppl. 1), 359.

## Résumé

Le manque et/ou la vétusté de l'information sur les vitamines chez la truie reproductrice est en décalage avec la sophistication des techniques d'élevage et des progrès génétiques considérables des performances de reproduction au cours des dernières décennies chez ces animaux. De plus, l'information disponible selon les vitamines est hétérogène. Tout cela est à l'origine d'un empirisme qui est bien illustré par la variabilité considérable des recommandations de différents organismes privés ou publics. Il ne s'agit plus, aujourd'hui, de prévenir les carences en vitamines dont le risque est nul en production animale mais plutôt de déterminer les niveaux optima pour la productivité des élevages. C'est un défi pour les prochaines années d'autant plus grand que les critères de productivité des élevages d'aujourd'hui sont en constante évolution, bien au-delà de la seule prolificité (survie, vigueur et robustesse des porcelets). Le rôle de certaines vitamines vis-à-vis de l'immunologie de la reproduction, la capacité antioxydante et la compétence immunitaire pourra contribuer à l'amélioration de ces nouveaux critères des performances de reproduction. En outre, il ne faut pas négliger la perception publique généralement positive envers les suppléments vitaminiques.

## Abstract

---

### *Sows and vitamins: beyond empiricism*

Information on vitamins in reproducing sows is often lacking and has become outdated during recent decades, a period during which reproductive performances were influenced by considerable genetic improvements and changes in husbandry practices. Also, the information available is heterogeneous among vitamins. Therefore, empiricism has been and is still present in this field as illustrated by the large variations in recommendations among private or public institutions. Estimations of requirements for vitamins need to be brought up to date, beyond the prevention of deficiencies (practically absent nowadays), including the determination of optimal dietary levels for reproductive performance. This is a challenge for the future which is all the more important because criteria for reproductive performance are continuously evolving from prolificacy alone to other aspects such as survival and disease resistance in piglets. The roles of some vitamins in immunology of reproduction, antioxidative capacity and immune competency may eventually contribute to the improvement of these new criteria for reproductive performance. Moreover, although often forgotten, a collateral but not negligible aspect is the public's perception of dietary supplements of vitamins, which is excellent.

MATTE J.-J. LE FLOC'H N., MOSNIER E., QUESNEL H., 2009. Des truies et des vitamines : au-delà de l'empirisme. *Inra Prod. Anim.*, 22, 5-10.