

## Influence de la nature de l'amidon du complément énergétique et d'une supplémentation en méthionine sur les performances zootechniques de vaches laitières

S Jurjanz, O Colin-Schoellen, F Laurent

Laboratoire de sciences animales, Inra-Ensaia, 2, avenue de la Forêt-de-Haye, BP 172,  
54505 Vandœuvre-lès-Nancy cedex, France

(Reçu le 29 janvier 1996 ; accepté le 29 mai 1996)

**Résumé** — Douze vaches laitières sont utilisées dans un schéma expérimental en carré latin pour étudier l'effet de deux sources d'amidon (pomme de terre et blé) et d'une supplémentation en méthionine protégée (0 ou 19 g/jour) sur leurs performances zootechniques. Les rations complètes, assurant des apports isoénergétiques et isoazotés, sont composées d'un mélange ensilage de maïs + paille, de tourteau de soja, de tourteaux tannés (colza-soja), de minéraux et soit de blé, soit de résidus de découpe de pomme de terre, et sont supplémentées ou non en méthionine. Il n'y a pas d'effet significatif des traitements sur la matière sèche ingérée (22,1 kg), la production laitière (27,0 kg), la teneur en lactose (50 g/kg), la quantité de matière protéique (912 g/jour) et le gain de poids (338 g/jour). Le taux butyreux, la quantité de matière grasse et le lait 4 % sont significativement plus faibles avec le concentré «blé» (respectivement 34,2 contre 38,0 g/kg pour les pommes de terre,  $p < 0,01$  ; 958 contre 1045 g/jour,  $p < 0,01$  ; 25,5 contre 26,5 kg/L,  $p < 0,10$ ), alors que l'urémie et l'ANP du lait sont plus élevés (respectivement 0,38 contre 0,27 g/L,  $p < 0,01$  ; 320 contre 272 mg/L,  $p < 0,01$ ). Le taux protéique n'est pas significativement affecté par la nature de l'aliment concentré mais les vaches recevant les rations «méthionine» ont un TP significativement plus élevé (33,0 contre 32,2 g/kg,  $p < 0,01$ ).

**nature d'amidon / vache laitière / composition du lait / méthionine**

**Summary** — Effect of the starch nature of the energy concentrate and of a methionine supply on the rearing performance of dairy cows. The effect of two starch sources (potatoes and wheat) as a supply of rumen-protected methionine is studied in a latin square design using 12 dairy cows. Both diets are composed of maize silage, wheat straw, soybean meal, formaldehyde-treated mixed meal (rape and soybean) and minerals supplemented by wheat or potato peeling residues. The diets have similar contents of energy (0.91 UFL/kg dry matter [DM]) and protein (105 g PDI/kg DM). They are supplied with or without 19 g of rumen-protected methionine. No effect was observed on the DM intake (22.1 kg/day), the milk yield (27.0 kg/day), the lactose content (50 g/kg), the protein yield (912 g/day) and the weight gain (338 g/day). The fat content, the fat yield and the yield of standard milk (4% of fat) were lower

with the wheat diet (respectively, 34.2 vs 38.0 g/kg for potato diet,  $P < 0.01$ ; 958 vs 1 045 g/day,  $P < 0.01$ ; 25.5 vs 26.5 kg/day,  $P < 0.10$ ); however, the ureamia and the nonprotein nitrogen content of the milk were higher (respectively, 0.38 vs 0.27 g/L,  $P < 0.01$ ; 320 vs 272 mg/L,  $P < 0.01$ ). The methionine supply increases the protein content (33.0 vs 32.2 g/kg,  $P < 0.01$ ) but there is no significant effect of the starch source on this parameter.

### **starch source / dairy cow / milk composition / methionine**

## **INTRODUCTION**

La couverture des besoins énergétiques de la vache laitière haute productrice nécessite l'utilisation d'une proportion élevée d'aliments concentrés. Parmi ces composants énergétiques, le blé est constitué d'un amidon très vite dégradé dans le rumen (Sauvant et al, 1994) et peut induire des chutes importantes du taux butyreux (TB) (Hurtaud et al, 1992) ; tandis que, l'amidon de la pomme de terre, caractérisé par une teneur plus élevée en amylopectine (Swinkels, 1985), a une dégradation ruminale plus lente (Alert et Poppe, 1994). Ainsi un éventuel effet positif sur le taux protéique pourrait ne pas s'accompagner avec ce complément d'une chute du TB.

Avec les rations à base d'ensilage de maïs complémentés avec du tourteau de soja, la méthionine et la lysine sont les premiers acides aminés limitants (Rulquin, 1992). Une supplémentation en méthionine protégée contre les dégradations ruminales devrait permettre de lever la limitation en cet acide aminé. La teneur en lysine étant particulièrement élevée pour la pomme de terre (Voigt et al, 1993 ; Branco-Pardal et al, 1995), la comparaison de deux rations supplémentées en méthionine devrait permettre d'étudier l'effet de l'apport supplémentaire de lysine par la pomme de terre.

L'objectif de cet essai est de comparer deux sources d'amidon (résidu de découpe de pomme de terre et blé), apportées en complément de rations à base d'ensilage de maïs en interaction avec une supplémentation en méthionine, quant à leurs

effets sur les performances zootechniques de vaches laitières.

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **Dispositif expérimental**

L'essai est conduit selon un schéma expérimental en carré latin (4 x 4) avec deux traitements à deux modalités : nature de l'amidon du complément énergétique (blé ou résidu de découpe de pommes de terre) et supplémentation en méthionine ou non. Après une période préexpérimentale de 2 semaines, 12 vaches (dont quatre primipares) sont allotées en trois quadruplets (carré ou bloc) en fonction de la parité, du stade de lactation, de la moyenne préexpérimentale pour la production laitière (29,7 ± 5,6 kg/jour) et le taux protéique (29,3 ± 2,3 g/kg). Chaque carré débute l'essai au même stade de lactation moyen (54 ± 3 jours post-partum). Pour chaque carré, la succession des traitements est déterminée par tirage aléatoire. Chacune des périodes expérimentales a une durée de 28 jours, les mesures étant effectuées pendant les 10 derniers jours.

Les animaux reçoivent une ration complète à base d'ensilage de maïs, de paille, de blé, de tourteau de soja, d'un mélange tourteaux tannés de soja et de colza (50:50), de blé ou de résidu de découpe de pomme de terre («screening» McCain, Harnes, France) et un complément minéral. Les résidus de découpe de pommes de terre ont été ensilés dès réception (tableau I). Les proportions des différents constituants de la ration sont établies de manière à ce que les teneurs en énergie et en azote soient semblables (tableau II). Pour chacune des deux rations, 19 g par vache et par jour de méthionine protégée contre les dégradations ruminales («Smartamine», Rhône Poulenc Nutrition Animale, Commeny, France) ont été distribués pour couvrir un éventuel déficit.

Pendant la période préexpérimentale, la ration "blé non enrichie en méthionine" a été distribuée à tous les animaux.

La ration est distribuée à volonté une fois par jour, l'accès étant individualisé par des portillons électroniques.

## Mesures

L'ingestion individuelle est mesurée 5 jours par semaine par pesée des quantités distribuées et des refus et détermination des teneurs en matière sèche correspondantes. Une analyse chimique (MS, MAT, ADF, NDF, cendres totales) est effectuée sur chaque aliment (excepté le complément minéral et la paille de blé). Pour chaque ration un échantillon hebdomadaire est prélevé et un échantillon moyen reconstitué par mois est analysé pour les mêmes paramètres plus la teneur en amidon. Les valeurs UFL et PDI des rations ont été calculées à partir des estimations des valeurs nutritives des différents aliments (valeurs calculées à partir de leur composition chimique et des tables Inra, 1988) et corrigées des interactions digestives pour la valeur UFL (Vermorel et al, 1987).

La production laitière est enregistrée à chaque traite (système Isalait 2045). Le taux protéique, le taux butyreux, la teneur en lactose (analyse par infrarouge, analyseur IRMA) et le dénombrement cellulaire (comptage des noyaux, Fossomatic) sont déterminés sur quatre traites consécutives à deux reprises pendant les 10 derniers jours de chaque période. La nature des matières azotées

des laits individuels (azote total, azote soluble à pH 4,6 et azote non-protéique ; Rowland, 1938) est déterminée sur quatre échantillons pondérés reconstitués par jour de prélèvements. Les teneurs en azote protéique et en azote caséique du lait sont calculées à partir de ces mesures.

Les animaux sont pesés lors de 2 journées consécutives à la fin de chaque période expérimentale, à heure fixe. Pour chaque période expérimentale le gain de poids vif, corrigé des variations de l'ingestion (Chilliard et al, 1987), est calculé.

Les taux de couverture des besoins des animaux en UFL et en PDI sont calculés selon les propositions de Faverdin et al (1987).

Des prélèvements sanguins sont réalisés lors de deux journées consécutives pour chaque période en parallèle avec les prélèvements de lait, par ponction dans la veine caudale (dans des tubes héparinés). La séparation du plasma sanguin est assurée par centrifugation. Les teneurs en AGNE (dosage enzymatique colorimétrique, Unipath), la glycémie (dosage enzymatique, Merck) et l'urémie (dosage enzymatique colorimétrique, Biotrol) sont déterminées à partir des échantillons de plasma congelé.

## Traitement des données

Les moyennes individuelles par période ont fait l'objet d'une analyse de variance (procédure GLM du logiciel Sas, 1987). Le modèle tient compte des effets suivants :

**Tableau I.** Composition chimique mesurée et valeur nutritive estimée des différents aliments.

Aliment	MS (%)	MAT (%MS)	CB (%MS)	ADF (%MS)	NDF (%MS)	Cendres (%MS)	Amidon (%MS)	UFL <sup>b</sup>	PDIN <sup>b</sup>	PDIE <sup>b</sup>
								(par kg MS)		
Ensilage de maïs	33,3	6,9	16,8	22,9	41,5	3,2	35,9	0,93	42	67
Blé	85,2	13,7	2,0	3,3	12,0	2,0	69,0 <sup>a</sup>	1,24	94	113
Pommes de terre	22 à 40	5,9	2,7	5,0	14,6	1,9	67,5	1,22	34	94
Tourteaux tannés (soja/colza)	86,5	47,1	8,1					1,13	381	364
Tourteau de soja	87,2	52,8	4,6					1,19	376	256

<sup>a</sup> D'après IO7 (1995); <sup>b</sup> estimé d'après Faverdin et al (1987).

**Tableau II.** Composition et valeur nutritive estimée des rations

Source d'amidon	Ration «blé»	Ration «pomme de terre»
<i>Composition (% MS)</i>		
Ensilage de maïs + 5 % de paille	61,8	57,5
Blé	17,5	0
Pommes de terre	0	21,0
Tourteau de soja	11,9	13,6
Tourteaux tannés (soja/colza)	5,9	5,8
Minéraux	2,9	2,1
<i>Composition chimique (par kg de MS)</i>		
% amidon	34,5	35,2
% glucides solubles	3,0	2,8
% MAT	15,5	15,0
% NDF	33,0	32,3
% ADF	17,5	17,1
% cendres totales	4,6	4,6
<i>Valeur nutritive estimée (par kg de MS)</i>		
MS	45,0	40,0
UFL <sup>a</sup>	0,91	0,91
PDIN <sup>a</sup>	109	104
PDIE <sup>a</sup>	112	113
%PDIA/PDI	53	54

<sup>a</sup> Estimé d'après Favardin et al (1987).

$$X = \alpha + \beta + \delta + \gamma + \lambda + \varepsilon$$

avec  $\alpha$  : traitement ;  $\beta$ , période ;  $\delta$ , interaction traitement x période ;  $\gamma$ , carré ;  $\lambda$ , individu (carré).

Les effets des deux facteurs étudiés ainsi que leur interaction sont testés par la méthode des contrastes (Dagnélie, 1973).

## RÉSULTATS

### Performances zootechniques

Les rations ont les mêmes teneurs en amidon et en fibres. Elles sont isoénergétiques (tableau II) et présentent un écart PDIE-PDIN de 10 g/UFL.

La matière sèche moyenne ingérée (22,1 kg/jour) et la production moyenne de lait brut (27,0 kg/jour) ne sont significativement affectées ni par la nature du complément énergétique ni par la supplémentation en méthionine.

Le taux butyreux (TB) est significativement plus élevé pour les régimes «pomme de terre» par rapport aux régimes «blé» (38,0 contre 34,2 g/kg,  $p < 0,01$ ). Les vaches du régime «pommes de terre» produisent en moyenne 1 kg de lait à 4 % de matière grasse de plus ( $p < 0,10$ ) (tableau III). La quantité de matière grasse produite est également plus élevée (en moyenne +86 g/jour,  $p < 0,01$ ), l'écart pomme de terre-blé étant particulièrement marqué entre les deux

rations supplémentées en méthionine (+101 g/jour,  $p < 0,05$ ). En moyenne la supplémentation en méthionine n'influence pas le TB, la production de lait à 4 % de matière grasse et la quantité de matière grasse produite.

Il n'y a pas d'effet significatif de la source d'amidon sur le taux protéique (32,6 g/kg). En revanche, celui-ci est significativement plus élevé pour les rations supplémentées en méthionine (+0,7 g/kg,  $p < 0,01$ ). L'effet de la supplémentation est plus marqué pour les rations à base de pomme de terre (+1 g/kg,  $p < 0,05$ ) que pour les rations enrichies en blé (+0,5 g/kg, NS) (tableau III). La quantité de matière protéique produite (911 g/jour en moyenne) n'est significativement influencée ni par la nature de l'amidon ni par la supplémentation en méthionine.

Le gain moyen quotidien corrigé des variations d'ingestion (Chilliard et al, 1987) ne varie pas en fonction des traitements (tableau III).

### Nature des matières azotées du lait

Les laits des rations contenant du blé ont des teneurs en azote soluble à pH 4,6 et en azote non protéique significativement supérieures aux laits des rations contenant des pommes de terre (respectivement +70 mg/L et +48 mg/L,  $p < 0,01$ ). La proportion d'azote caséique dans l'azote protéique est significativement plus faible (-0,3 %,  $p = 0,05$ ), la proportion d'ANP dans l'azote total significativement plus élevée (+0,8 %,  $p < 0,01$ ) pour les rations «blé».

Les teneurs en azote total, azote protéique, azote caséique et azote soluble à pH 4,6 du lait varient significativement avec la supplémentation en méthionine (tableau IV), le lait des régimes supplémentés présentant des teneurs plus élevées (respectivement +121 mg/L,  $p < 0,05$  ; +116 mg/L,  $p < 0,10$  ; +94 mg/L,  $p < 0,10$  ; +26 mg/L,  $p < 0,05$ ). La supplémentation en méthionine n'a pas fait varier la teneur en ANP du lait.

**Tableau III.** Effet des différents traitements sur les performances zootechniques

	pdt 0	pdt mét	Blé 0	Blé mét	ETR	Seuil de signification		
						pdt-blé	Suppl-mét	Interaction
MS ingérée (kg/jour)	21,9	22,2	22,2	22,2	1,24	NS	NS	NS
Lait brut (kg/jour)	26,6	26,9	27,2	27,4	1,44	NS	NS	NS
Lait 4% (kg/jour)	26,6 <sup>A</sup>	26,5 <sup>A</sup>	25,8 <sup>AB</sup>	25,2 <sup>B</sup>	1,92	0,07	NS	NS
TB (g/kg)	38,0 <sup>a</sup>	37,9 <sup>a</sup>	34,7 <sup>b</sup>	33,7 <sup>b</sup>	2,90	< 0,01	NS	NS
TP (g/kg)	32,0 <sup>b</sup>	33,0 <sup>a</sup>	32,5 <sup>ab</sup>	33,0 <sup>a</sup>	0,94	NS	0,01	NS
TL (g/kg)	50,3	49,7	50,4	50,1	0,92	NS	0,10	NS
Matière grasse (g/jour)	1050 <sup>a</sup>	1039 <sup>a</sup>	979 <sup>ab</sup>	938 <sup>b</sup>	103	< 0,01	NS	NS
Matière prot. (g/jour)	888	914	914	930	55	NS	NS	NS
GMQ (g/jour)	384	251	252	467	607	NS	NS	NS

pdt : Pomme de terre ; mét : méthionine ; <sup>a,b</sup> lettres différentes indiquent une différence significative au seuil de 5 % ; <sup>A,B</sup> lettres différentes indiquent une différence significative au seuil de 10 %

**Tableau IV.** Effet des différents traitements sur la nature des matières azotées du lait et sur les paramètres sanguins.

	<i>pdt</i> 0	<i>pdt</i> <i>mét</i>	<i>Blé</i> 0	<i>Blé</i> <i>mét</i>	<i>ETR</i>	<i>Seuil de signification</i>		
						<i>pdt-blé</i>	<i>Suppl-mét</i>	<i>Interaction</i>
N total (mg/L)	5432 <sup>b</sup>	5596 <sup>ab</sup>	5554 <sup>ab</sup>	5632 <sup>a</sup>	203	NS	0,05	NS
N protéique (mg/L)	5163 <sup>B</sup>	5322 <sup>A</sup>	5236 <sup>AB</sup>	5311 <sup>A</sup>	212	NS	0,07	NS
N caséique (mg/L)	4241 <sup>B</sup>	4383 <sup>A</sup>	4298 <sup>AB</sup>	4344 <sup>AB</sup>	178	NS	0,08	NS
N soluble (mg/L)	1191 <sup>c</sup>	1213 <sup>c</sup>	1256 <sup>b</sup>	1288 <sup>a</sup>	38	<0,01	0,02	NS
ANP (mg/L)	269 <sup>b</sup>	274 <sup>b</sup>	318 <sup>a</sup>	321 <sup>a</sup>	21	<0,01	NS	NS
% N cas / N protéique	82,2 <sup>ab</sup>	82,3 <sup>a</sup>	82,1 <sup>ab</sup>	81,8 <sup>b</sup>	0,5	0,05	NS	NS
% ANP / N total	5,0 <sup>b</sup>	4,9 <sup>b</sup>	5,8 <sup>a</sup>	5,7 <sup>a</sup>	0,5	<0,01	NS	NS
AGNE (μmol/L)	55,3	58,2	76,3	54,1	42,9	NS	NS	NS
Glycémie (g/L)	0,60	0,62	0,64	0,61	0,08	NS	NS	NS
Urémie (g/L)	0,27 <sup>b</sup>	0,27 <sup>b</sup>	0,39 <sup>a</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,06	<0,01	NS	NS

a,b,c Lettres différentes indiquent une différence significative au seuil de 5 % ; A,B lettres différentes indiquent une différence significative au seuil de 10 %.

### Paramètres sanguins

La teneur du plasma sanguin en acides gras non estérifiés et la glycémie ne varient pas avec le type de complément énergétique ou la supplémentation en méthionine. L'urémie est significativement plus élevée pour les régimes «blé» (+0,11 g/l,  $p < 0,01$ ) (tableau IV) alors qu'elle ne varie pas avec la supplémentation en méthionine.

### DISCUSSION

Sauvant et al (1994) ont classé l'amidon de pomme de terre dans la catégorie des amidons lentement dégradables comme le maïs et le sorgho. D'ailleurs, Jentsch et al (1992) et Alert et Poppe (1994) constatent de faibles différences de digestibilité de l'énergie (totale et ruminale respectivement) entre le maïs et la pomme de terre pour des rations contenant plus de 25 % de concentrés. Le maïs grain est sans doute un des compléments énergétiques dont l'amidon

est le plus proche de celui des pommes de terre malgré de légères différences de comportement dans le tube digestif.

Le niveau d'ingestion égal à 3,4 kg/100 kg de poids vif est voisin des valeurs habituellement rapportées pour les rations à base d'ensilage de maïs. Différents auteurs enregistrent une augmentation de la matière sèche ingérée pour des rations de type «amidon lent» (maïs grain) par rapport au type «amidon rapide» (orge), soit pour des apports isoénergétiques et isoazotés (Casper et Schingoethe, 1989), soit dans le cas d'apports différents (Casper et al, 1990 ; McCarthy et al, 1989). Cet effet lié au rythme de fermentation de l'amidon n'a pas été retrouvé dans nos conditions expérimentales.

La nature de l'amidon ne semble pas influencer la production de lait brut. Nos résultats confirment les observations de Rearte et al (1989), De Visser et al (1990) et Khorrasani et al (1994). En revanche, Poore et al (1993), Casper et Schingoethe (1989) et McCarthy et al (1989) observent une aug-

mentation de la production de lait brut avec l'augmentation de la quantité d'amidon digestible dans l'ensemble du tube digestif. Sauvant et Van Milgen (1995) expliquent l'augmentation de la production laitière pour un amidon lentement dégradable par une ingestion plus élevée de matière sèche. Nocek et Tamminga (1991) constatent que la production laitière varie plus en fonction de la quantité totale d'amidon digéré que de la nature de l'amidon (pour une digestibilité totale voisine de 90 %) et du lieu de sa digestion. Dans notre essai la part d'amidon apporté par le blé ou les résidus de découpe de pommes de terre représente 35 % et 40 % respectivement de l'apport d'amidon total. Cet apport est peut-être trop faible pour induire un effet sur la production laitière.

Herrera-Saldana et Huber (1989), Casper et al (1990) et Khorasani et al (1994) observent un TB plus élevé avec un apport de glucides non structuraux lentement fermentescibles, ce qui est en accord avec nos résultats. En effet, la dégradation lente des glucides non structuraux au niveau du rumen favorise la production d'acides gras volatiles de type  $C_2$  (McCarthy et al, 1989 ; Poore et al, 1993) ou  $C_4$  (Casper et Schingoethe, 1989 ; Casper et al, 1990 ; Munoz-Arboleda, 1995) entraînant un effet favorable sur la synthèse de matière grasse au niveau de la glande mammaire (De Visser, 1993). McCarthy et al (1989) observent un TB plus faible pour le traitement « amidon lent » mais la production de lait brut a augmenté simultanément. En revanche, Rearte et al (1989) et De Visser et al (1990) n'observent aucune variation significative du TB en fonction de la nature de l'amidon pour des rations à base d'herbe fraîche ou ensilée. Ils expliquent la non-réponse du TB par, d'une part, la nature du fourrage utilisé et, d'autre part, le fort pouvoir tampon de la ration complète. L'ampleur de la diminution du TB observée avec la ration blé (-3,75 g/kg) est particulièrement impor-

tante et peut paraître surprenante compte tenu du TB moyen (36 g/kg). En effet Sauvant et al (1994) estiment que la vitesse de dégradation de l'amidon a peu d'influence sur le TB pour des rations qui induisent des taux butyreux normaux (> 35 g/l). L'augmentation de la quantité de matière grasse et du lait à 4 % de matière grasse pour la ration « pomme de terre » résultent normalement des effets observés sur la production de lait brut et sur le TB.

La nature de l'amidon semble avoir une influence faible sur le TP (Savant et al, 1994) quand la quantité de matière organique fermentescible apportée par la ration est suffisante, correspondant à la capacité de dégradation de la population microbienne (De Visser, 1993). Ces observations rejoignent celles de De Peters et Taylor (1985), Herrera-Saldana et Huber (1989), De Visser et al (1990), Grings et al (1992) et Khorasani et al (1994). Morel d'Arleux et al (1995) constatent une augmentation du TP dans deux essais en ajoutant des pommes de terre à la ration témoin. Cet effet peut être en partie lié à la production laitière inférieure pour la ration « pomme de terre » et à l'apport supplémentaire d'énergie. Dans nos conditions expérimentales, le TP est relativement élevé (32 à 33 g/kg) et sans doute proche du potentiel génétique des animaux, ce qui pourrait rendre difficile la mise en évidence d'un éventuel effet de la nature de l'aliment concentré.

L'importance de la synchronisation de la vitesse de dégradation ruminale de l'azote et des glucides non structuraux n'est pas encore clairement établie (Rearte et al, 1989 ; Casper et al, 1990 ; Sauvant et al, 1994 ; Munoz-Arboleda, 1995). Dans le cas d'une non-synchronisation de la disponibilité de l'azote et de l'énergie dans le rumen, l'urémie (Munoz-Arboleda, 1995) et l'excrétion d'ANP dans le lait pourraient augmenter comme nous l'avons observé dans nos conditions expérimentales pour la ration complétement en blé. Sauvant et Van Mil-

gen (1995) observent une urémie accrue pour la combinaison azote et glucide rapides par rapport à la combinaison glucide lent et azote rapide. Cependant la nature des glucides n'a aucun effet sur l'urémie si elle est combinée avec un azote lentement dégradable. La teneur en ANP du lait est en étroite relation avec l'équilibre PDI/UFL de la ration (Vignon et Laurent, 1979). Dans cet essai, malgré des valeurs UFL et PDI calculées peu différentes entre les rations, un apport en PDIN supérieur pour la ration blé (+110 g) par rapport à la ration pomme de terre pourrait expliquer une excrétion accrue d'ANP dans le lait et l'élévation de l'urémie. L'écart entre teneurs en PDIE et PDIN plus élevé pour la ration pomme de terre (9 contre 3 g/kg MS pour la ration blé) peut jouer également dans le sens d'un moindre gaspillage d'azote. Dans tous les cas, le fort taux de couverture des besoins azotés peut conduire à des teneurs en ANP du lait relativement élevées.

Nous n'observons pas d'effet significatif de la nature de l'aliment concentré sur les gains de poids vif vide mais ceux-ci ont été mesurés sur de courtes périodes. Ils sont positifs pour tous les traitements, ce qui correspond à des taux calculés de couverture des besoins largement excédentaires (UFL : 118 à 124 %, PDIN : 131 à 137 %, PDIE : 139 à 144 %). Les écarts observés pour les taux de couverture des besoins en UFL et PDIN ne sont pas importants compte-tenu de la précision de ces calculs.

L'augmentation du taux de protéines et de caséines du lait liée à la supplémentation en méthionine correspond aux résultats rapportés par Rulquin (1992) et Colin-Schoellen et al (1995). Dans nos conditions expérimentales la supplémentation en méthionine du régime «pomme de terre» est accompagnée par une augmentation du taux protéique plus importante que pour le régime «blé». Après la levée de la limitation en méthionine, l'apport plus important en lysine par la pomme de terre (Voigt et al, 1993 ;

Branco-Pardal et al, 1995) pourrait être à l'origine de cette réponse plus marquée.

L'effet de la nature de l'amidon sur la part des caséines dans les protéines est peu habituel. Cependant les différences observées sont faibles et significatives uniquement pour les rations supplémentées en méthionine.

## CONCLUSIONS

Dans nos conditions expérimentales, une ration complète à base d'ensilage de maïs complétement avec 21 % de pommes de terre permet de maintenir un TB correct, ce qui n'est pas le cas avec 17,5 % de blé dans la ration. La quantité de matière grasse et la production de lait à 4 % sont plus élevées pour les rations «pomme de terre». Afin de préciser l'effet de la vitesse de dégradation de l'amidon il serait intéressant d'étudier son influence dans des rations où la part de l'amidon apporté par la ration de base est plus faible. Par ailleurs, une étude de l'ampleur de la réponse du TB dans des conditions plus favorables à un niveau plus élevé du TB compléterait cet essai.

L'urémie plus forte associée à une excrétion plus élevée d'azote non-protéique dans le lait pour la ration «blé» par rapport à la ration «pomme de terre» peut avoir plusieurs origines : excédent de PDIN ainsi qu'une dégradation ruminale éventuellement non-synchronisée de l'amidon et de l'azote.

La supplémentation en méthionine permet d'augmenter le taux protéique du lait sans variation significative du lait brut. Cet effet semble plus accentué avec les pommes de terre qu'avec le blé.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions la société Rhône Poulenc Nutrition Animale pour la mise à disposition de la



méthionine protégée ainsi que le personnel du domaine expérimental de la Bouzule pour leur travail lors du déroulement de l'essai.

## RÉFÉRENCES

- Alert HJ, Poppe S (1994) Trockensubstanz- und Nährstoffverlust bei Futtermitteln nach Inkubation im Pansen (Nylonbeuteltechnik). *Arch Anim Nutr* 47, 181-186
- Branco-Pardal P, Lallès JP, Formal M, Guilloteau P, Toulliec R (1995) Digestion of wheat gluten and potato protein by the preruminant calf: digestibility, amino acid composition and immunoreactive proteins in ileal digesta. *Reprod Nutr Dev* 35, 639-654
- Casper DP, Schingoethe DJ (1989) Lactational response of dairy cows varying in ruminal solubilities of carbohydrate and crude protein. *J Dairy Sci* 72, 928-941
- Casper DP, Schingoethe DJ, Eisenbeisz WA (1990) Response of early lactation dairy cows fed diets varying in source of nonstructural carbohydrates and crude protein. *J Dairy Sci* 73, 1039-1050
- Chillard Y, Remond B, Agabriel J, Robelin J, Verité R (1987) Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation. *Bull Tech CRZV Theix* 70, 117-131
- Colin-Schoellen O, Laurent F, Vignon B, Robert JC, Sloan B (1995) Interactions of ruminally protected methionine and lysine with protein source or energy level in the diets of cows. *J Dairy Sci* 78, 2807-2818
- Dagnelie P (1973) *Théorie et méthodes statistiques*. Vol 2. Les Presses Agronomiques de Gembloux, Belgique, 451 p
- De Peters EJ, Taylor SJ (1985) Effect of feeding corn or barley on composition of milk and diet digestibility. *J Dairy Sci* 68, 2027-2032
- De Visser H, Van Der Togt PL, Tamminga S (1990) Structural and non-structural carbohydrates in concentrate supplements of silage based dairy cow rations. I. Feed intake and milk production. *Netherlands J Agric Sci* 38, 487-498
- De Visser H (1993) Characterization of carbohydrates in concentrates for dairy cows. In : *Recent Advances in Animal Nutrition* (PG Garnsworthy, DJA Nottingham, eds), University Press, 19-38
- Faverdin P, Hoden A, Coulon JB (1987) Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. *Bull Tech CRZV Theix Inra* 70, 133-153
- Grings EE, Roffler RE, Deitelhoff DP (1992) Evaluation of corn and barley as energy sources for cows in early lactation fed alfalfa bond diet. *J Dairy Sci* 75, 193-200
- Herrera-Saldana RE, Huber JT (1989) Influence of varying protein and starch degradabilities on performance of lactating cows. *J Dairy Sci* 72, 1477-1483
- Hurtaud C, Rulquin H, Verité R (1992) Effects on milk yields and composition of infusions of volatile fatty acids and caseinate into the digestive tract of dairy cows. *Ann Zoot* 41, 102
- Inra (1988) *Alimentation des bovins, ovins et caprins* (R Jarrige, ed) INRA, Paris, 476 p
- IO7, Version 1995. *Base de données AFZ de l'alimentation animale* (G Tran, B Bonetti, O Lapiere, eds), Ina-PG
- Jentsch W, Wittenburg H, Beyer M (1992) Einfluss der Stärkeherkünfte Gerste, Mais, Kartoffeln und ihrer Rationsanteile auf die Nährstoffverdaulichkeit und die Energieverwertung bei Wiederkäuern. I. Mitteilung - Vergleichende Untersuchungen zur Nährstoffverdaulichkeit bei Rind und Schaf. *Arch Anim Nutr* 42, 301-316
- Khorasani GR, De Boer G, Robinson B, Kennelly JJ (1994) Influence of dietary protein and starch on production and metabolic responses of dairy cows. *J Dairy Sci* 77, 813-824
- Mc Carthy RD, Klusmeyer TH, Vicini JL, Clark JH, Nelson DR (1989) Effect of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. *J Dairy Sci* 72, 2002-2016
- Morel d'Arleux F, Marechal M, Samson R, de Montigny A, Lebrun JM, Ratier F (1995) Utilisation des pommes de terre par les vaches laitières. *Ann Zoot* 44 (Suppl), 378
- Munoz-Arboleda LS (1995) Influence de la nature des glucides des aliments concentrés sur la digestion des ruminants. Thèse de doctorat, Ina-PG, 144 p
- Nocek JE, Tamminga S (1991) Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J Dairy Sci* 74, 3598-3629
- Poore MH, Moore JA, Swingle RS, Eck JP, Brown WH (1993) Response of lactating holstein cows to diets varying in fiber source and ruminal starch degradability. *J Dairy Sci* 76, 2235-2243
- Rearte DH, Benandino JDi, Penalta R (1989) Supplementation of concentrate of different starch and protein degradability in rumen, to dairy cows grazing high quality pasture. *J Dairy Sci* 72 (Suppl 1), 539
- Rowland SJ (1938) The determination of the nitrogen distribution in milk. *J Dairy Sci* 19, 42-46
- Rulquin H (1992) Interêts et limites d'un apport de méthionine et de lysine dans l'alimentation des vaches laitières. *Inra Prod Anim* 5, 29-36
- Sas (1987) Guide for Personal Computers, Version 6.04. Sas Inst, Inc, Cary, NC, États-Unis

- Sauvant D, Chapoutot P, Archimède H (1994) La digestion des amidons par les ruminants et ses conséquences. *INRA Prod Anim* 7, 115-124
- Sauvant D, Van Milgen J (1995) Les conséquences de la dynamique de la digestion des aliments sur le métabolisme ruminal et les performances animales. *INRA Prod Anim* 8, 353-367
- Swinkels JJM (1985) Sources of starch, its chemistry and physics. In : *Starch Conversion Technology* (GMA VanBeynum, JA Roels, eds), Marcel Dekker, New York, 15-46
- Vermorel M, Coulon JB, Journet M (1987) Révision du système des unités fourragères (UF). *Bull Tech CRZV Theix Inra* 70, 9-18
- Vignon B, Laurent F (1979) Influence de l'alimentation des ruminants sur la teneur en azote non protéique du lait. *Ann Nutr Alim* 33, 569
- Voigt J, Jentsch W, Schönhusen U, Beyer M, Kreienbring F (1993) Einfluss der Stärkeherkünfte Gerste, Mais, Kartoffeln und ihrer Rationsanteile auf die Nährstoffverdaulichkeit und die Energieverwertung bei Wiederkäuern. 4. Mitteilung - Stickstoffumsatz im Pansen. *Arch Anim Nutr* 44, 369-382