

J.L. TROCCON, C. DEMARQUILLY *

INRA Station de Recherches
sur la Vache Laitière
Saint-Gilles 35590 L'Hermitage

* INRA Unité de la Valeur Alimentaire
Theix - 63122 Saint-Genès-Champanelle

La vinasse de mélasse de betteraves pour les ruminants

L'extraction du sucre cristallisable de la betterave laisse 2 sous-produits : la pulpe de betterave et la mélasse. La vinasse, sous-produit de fermentation de la mélasse, est riche en matières azotées non protéiques et peut être utilisée dans les rations pour ruminants.

La mélasse peut être utilisée directement pour l'alimentation animale ou bien par les industries de fermentation en vue d'obtenir divers produits nobles (levure boulangère, alcool éthylique, acide citrique, acide glutamique, lysine, antibiotiques). Le résidu obtenu est la vinasse de mélasse dont la teneur initiale élevée en eau (90 %) nécessite une concentration afin d'en faciliter le stockage et le transport. La densité du produit est alors d'environ 1,3 et son pH est légèrement acide (5 à 7). Notre objectif a été de caractériser diverses vinasses puis de les tester sur des animaux afin d'en préciser la valeur nutritive et le potentiel d'utilisation.

1 / Composition chimique

Par suite de leurs provenances diverses, la composition chimique des vinasses de mélasse est très variable (Weigand 1983). De plus, certaines vinasses subissent un traitement de déminéralisation, soit total par échangeur d'ions dans le cas des vinasses de production

d'acides aminés, soit partiel par précipitation et séparation des cristaux de sulfate de potassium chez d'autres producteurs. Ces deux types de traitement impliquent des ajouts d'ammoniaque dans la vinasse.

Teneur en matière sèche et en cendres

Les vinasses commercialisées ont des teneurs en matière sèche (MS) qui varient généralement entre 650 et 750 g par kg de produit brut (tableau 1). Elles ont des teneurs en cendres très variables selon le degré de déminéralisation : de 42 à 259 g par kg MS. Le potassium provient de la betterave et les teneurs en cendres des vinasses lui sont positivement reliées. Le soufre est en large part incorporé lors des traitements de déminéralisation totale ou partielle.

Teneur en matières azotées

La teneur en matières azotées totales (MAT = $N \times 6,25$) est élevée et très variable : de 384 à 656 g/kg MS. En effet, la déminéralisation chimique accroît la teneur en MAT d'environ 50 % (tableau 1). En fait, trois composants essentiels sont à distinguer, les deux premiers provenant de la betterave :

- la bêtaïne (de 80 à 220 g par kg MS) contient 12 % d'azote et représente de 10 à 40 % des matières azotées totales.

- l'azote aminé (de 25 à 50 % de l'azote total) est essentiellement sous la forme d'acide pyrrolidone carboxylique. La teneur en azote protéique vrai des vinasses ne représente qu'environ 5 % de l'azote total.

- l'azote ammoniacal présent en grande quantité (de 169 à 342 g d'équivalent MAT/kg MS) dans les vinasses dépotassifiées chimiquement contre 15 à 68 g dans les autres. La teneur en azote non ammoniacal varie dans de moindres proportions (de 314 à 380 g MAT/kg MS).

Résumé

Les vinasses de mélasse de betterave sont des sous-produits des industries de fermentation de la mélasse. Leurs compositions chimiques (cendres, matières azotées) et leurs utilisations digestives (matière sèche, matière organique, énergie, azote) par les ruminants sont très variables selon leurs origines et les traitements technologiques appliqués.

En moyenne, leurs valeurs énergétiques sont de 0,82 UFL et 0,75 UFV/kg MS. Leurs teneurs élevées en matières azotées totales, essentiellement non protéiques (bêtaïne, acide glutamique, ammoniacale), en font une source intéressante pour les bovins et les ovins. L'incorporation de ces produits dans les rations déficitaires en PDIN sera facilitée par une déminéralisation préalable éliminant en particulier le potassium et le soufre.

Tableau 1. Composition chimique de quelques vinasses de mélasse de betterave (a).

Nom du produit Provenance de fabrication Traitement de dépotassification	PROTEINAL Ac. Glutam. Chimique	SIRIONAL Lysine Chimique	BETAINE X Levurerie Chimiq. partiel	VIPROTAL Levurerie Chimiq. partiel	VINASSE FS Levurerie Physique	CITROCOL Ac. citr. Néant	PRODYN Alcools Physique
Matière sèche (g/kg)	739	729	650	749	666	703	707
Cendres (g/kg MS)	64	62	132	126	259	153	42
dont potassium	3	4	30	30	89	41	12
sodium	19	16	16	15	25	26	3
chlore	12	34	26	44	25	23	18
soufre	10	13,7	18	14,3	14,7	4,7	15
phosphore	5,3	2,3	2,5	1,1	1,5		1,4
calcium	0,7	1,4	1,8	1,6	3,5		0,1
Matières azotées totales (N× 6, 25 ; g/kg MS)	656	656	549	580	384	412	436
dont ammoniacales (N× 6, 25 ; g/kg MS)	288	342	169	214	15	36	68
Bétaïne (g/kg MS)	117	82	209	219	225	212	176
Matières grasses (g/kg MS)							
éther éthylique	14	9	23	17	22	21	6
éther de pétrole	3	3	6	4	6	5	2
Energie brute kcal/kg MS	4107	4100	4379	4265	4181	4056	4626
kcal/kg MO	4389	4371	5051	4878	5643	4786	4830

(a) Les teneurs en cendres, en matières azotées totales, en matières grasses et en énergie brute ont été mesurées au Laboratoire des Aliments de l'INRA.

Teneur en énergie brute

La teneur en énergie brute varie de 4100 à 4676 kcal/kg MS (tableau 1) et plus largement sur la base de la matière organique (de 4371 à 5643 kcal/kg MO). La teneur en énergie des vinasses tend à augmenter avec leur teneur en bétaïne, plus riche en énergie (6,66 kcal/g) que les glucides ou les matières azotées non ammoniacales.

2 / Utilisation digestive

L'étude de l'utilisation digestive de ce type de produit nécessite son association à un fourrage de digestibilité connue (du foin dans notre cas) et la distribution de la ration « foin + vinasse » à un niveau d'apport limité couvrant juste les besoins d'entretien des animaux afin d'éviter les interactions digestives. La digestibilité des composants des vinasses a été mesurée sur des lots de 6 moutons recevant 40 g MS par kg de poids métabolique, soit environ 850 g MS par jour. Afin de réduire les erreurs de mesure, le produit testé doit représenter, en matière sèche, la proportion la plus élevée possible de la ration, tout en assurant une alimentation satisfaisante. Après avoir testé 2 doses d'incorporation (30 et 50 % de la matière sèche), celle de 40 % a été retenue.

La digestibilité de la matière sèche des vinasses est connue avec une précision toujours inférieure (écart-type de 0,85 à 4,81 points) à celle de la ration totale (écart-type de 0,34 à 1,64 points) puisque toute l'incertitude sur la digestibilité de la ration est reportée sur

celle de la vinasse qui ne représente que 40 % de la matière sèche de la ration. Elle varie entre 65,2 et 81,0 (tableau 2). Ces écarts se retrouvent sur la digestibilité de la matière organique (70,6 à 84,0) et de l'énergie (65,4 à 78,6). La digestibilité des cendres, parfois égale voire supérieure à celle de la matière organique, est à relier aux teneurs élevées en potassium et en sodium éliminés par la voie urinaire et non pas fécale.

La digestibilité des matières azotées varie de 74,0 à 88,5 % (tableau 2). Elle est plus élevée (86,5 ; n = 4) pour les vinasses dépotassifiées chimiquement, très riches en matières azotées totales (610 g/kg MS), que pour les autres (77,0 ; n = 3), moins riches en MAT (411 g/kg MS). En revanche, la teneur en matières azotées non digestibles (MAND) dépend peu de la teneur en matières azotées totales et est élevée (83 g en moyenne pour 6 vinasses mais 113 g/kg MS pour la septième). Or, pour la quasi-totalité des aliments, la teneur en MAND est d'environ 40 g/kg MS (37 g pour la mélasse de betterave).

3 / Valeur nutritive

Les valeurs UF des vinasses ont été calculées à partir des équations INRA 1988, sans tenir compte du métabolisme particulier de la bétaïne (Weigand 1983). Elles varient de 0,72 à 0,90 UFL (0,82 en moyenne) et de 0,65 à 0,85 UFV (0,75 en moyenne) par kg de MS (tableau 2).

La solubilité de l'azote dans la salive artificielle est très élevée (87 % environ, n = 11) que

la vinasse soit dépotassifiée ou non. Les premières mesures de fermentescibilité effectuées sur les mêmes produits (Chapoutot 1984) ont montré des différences importantes entre les vinasses dépotassifiées chimiquement (68 %, n = 3) ou non (21 %, n = 3). Cependant, des mesures ultérieures fournissent des valeurs intermédiaires (30 à 50 %). Les mesures de dégradabilité en sachets sont techniquement impossibles.

Or, les microbes du rumen dégradent la bêtaïne en triméthylamine absorbée rapidement par la paroi puis excrétée dans l'urine. *In vivo*, et comparativement à la mélasse de betterave, l'apport de vinasse réduit la concentration en ammoniacque du jus de rumen de vaches recevant un régime « paille + concentré » (Journet, communication personnelle) et de moutons recevant un régime « foin + pulpe » chez lesquels la synthèse microbienne est également plus faible (Leontowicz *et al* 1984). Une fraction de l'azote est donc inutilisable tant *in vitro* qu'*in vivo* par suite de pertes urinaires et fécales indéterminées (Weigand 1983) et donc non répercutées sur les valeurs PDIN et PDIE (tableau 2). La valeur PDIA ne peut être que négligeable car la teneur en protéines vraies des vinasses est faible.

4 / Utilisation par les animaux

La distribution en proportion importante (40 % de la matière sèche) mais en quantité limitée (340 g) de diverses vinasses à des moutons met en évidence des différences importantes d'appétibilité (tableau 2). Les génisses d'élevage apprécient ces produits (Hoden et Journet 1980) et ne font pas de refus jusqu'à 17 % de la ration.

Le remplacement du tourteau de soja par de la vinasse non dépotassifiée dans des régimes isoénergétiques et isoazotés tend à réduire le gain de poids vif des génisses laitières d'élevage de 1 an : de 30 % avec un régime à base de paille (P < 0,01) et de 6 % avec un régime à base d'ensilage de maïs (non significatif). Un apport supplémentaire de vinasse dépotassifiée ou non n'améliore pas le gain de poids vif des génisses (tableau 3).

Lorsque les rations sont isoazotées, les urémies plasmatiques plus faibles chez les génisses recevant la vinasse dépotassifiée ou non au lieu du tourteau de soja traduisent une moindre disponibilité des matières azotées (tableau 3). Cependant, les augmentations relatives ou absolues des urémies au cours des essais d'une durée de 3 à 5 mois semblent montrer une adaptation progressive de la population microbienne du rumen.

L'apport d'une quantité élevée de potassium par la vinasse provoque une augmentation de la consommation d'eau (tableau 3) et induit une élévation de l'aldostéronémie favorisant l'élimination de l'élément par voie urinaire essentiellement, cutanée éventuellement. La dépotassification de la vinasse limite la consommation supplémentaire d'eau. Une consommation normale se rétablit dans les quelques jours suivant l'arrêt de la distribution du produit. L'abondance de l'urine nécessite éventuellement un paillage plus important des animaux.

Le soufre apporté surtout par les vinasses non dépotassifiées interfère avec l'utilisation des oligoéléments, le cuivre en particulier. Un complément minéral vitaminé enrichi (apports doublés) en cuivre, en zinc et en manganèse est nécessaire lorsque la teneur en soufre de la ration dépasse 2 g par kg MS.

Tableau 2. Quantité ingérée, digestibilité et valeur nutritive des vinasses de mélasse de betteraves.

Nom du produit Provenance de fabrication Traitement de dépotassification	PROTEINAL Ac. Glutam. Chimique	SIRIONAL Lysine Chimique	BETAINE X Levurerie Chimique partiel	VIPROTAL Levurerie Chimique partiel	VINASSE FS Levurerie Physique	CITROCOL Ac. citr. Néant	PRODYN Alcools Physique
Ration foin + vinasse							
Quantité ingérée (g MS/kg P ^{0.75})	40,2	36,3	41,1	39,2	42,1	42,9	26,2
Vinasse (% MS de la ration)	30,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Refus de vinasse (% du distribué)	0,0	12,7	0,0	5,5	0,0	0,2	39,7
Utilisation digestive de la MS (%)	64, 72	68, 36	68, 64	67, 23	65, 96	67, 50	62, 38
Utilisation digestive de la vinasse							
Matière sèche (%)	74, 63	80, 14	80, 98	77, 35	74, 30	78, 29	65, 19
Matière organique (%)	74,6	84,0	80,7	77,6	70,6	77,9	71,0
Energie (%)	70,0	78,6	78,3	74,9	71,5	75,8	65,4
Matières azotées (%)	86,6	88,5	86,4	84,4	76,8	80,2	74,0
Matières azotées digestibles (g)	568	581	475	489	295	330	323
Matières azotées non digestibles (g)	88	75	74	91	89	82	113
Valeur nutritive (/kg MS)							
UFL	0,72	0,83	0,90	0,82	0,80	0,84	0,80
UFV	0,65	0,77	0,85	0,76	0,73	0,78	0,71
PDIA (g)	0	0	0	0	0	0	0
PDIN (g) (a)	378 (350)	378 (358)	316 (297)	334 (297)	221 (193)	237 (213)	251 (209)
PDIE (g)	65	72	65	63	49	61	63

(a) Entre parenthèses, valeur PDIN tenant compte du supplément d'azote non digestible.

Tableau 3. Utilisation des vinasses de mélasse de betteraves par les génisses laitières de 1 an.

Lot (1) Effectif	Essai 1			Essai 2			
	Soja 2 x 5	VND 1 kg 2 x 5	VND 2 kg 2 x 5	Soja 10	VND 10	VD 10	Soja+ VD 10
Quantités ingérées (kg MS)							
Paille de céréale	4,40	4,38	4,66	1,13	1,12	1,04	1,05
Ensilage de maïs				4,95	4,95	4,93	4,93
Aliment concentré	2,13	2,13	1,69	0,23			0,11
Tourteau de soja	0,41			0,61			0,31
Vinasse		0,68	1,30		1,18	1,09	0,54
Complément MV	0,06	0,06	0,06	0,10	0,10	0,10	0,10
TOTAL	7,00	7,25	7,53	7,02	7,35	7,16	7,04
Eau (aliments + boisson, kg)	22,7	26,9	34,7	22,0	29,7	26,2	25,3
Apports nutritifs journaliers							
UFL (2)	4,78	4,85	4,97	5,91	5,89	5,77	5,81
MAT (g)	586	576	695	824	868	883	851
MAT (g/kg MS ingérée)	84	79	92	117	118	123	121
PDIN (g, 2)	395	353	422	546	524	530	537
PDIE (g, 2)	512	441	436	567	449	444	504
Apports minéraux (g/j)							
Potassium	88	150	220	68	171	100	83
Sodium	51	64	74	8	29	33	17
Soufre				11	27	18	14
Poids vif (kg)	345	338	340	390	300	383	389
Gain de poids vif (g/j)	450 _a	320 _b	380 _{ab}	760 _{ab}	710 _a	740 _{ab}	840 _b
Urémie plasmatique (mg/100 ml)	18,2 _{AB}	14,7 _A	20,9 _B	18,1 _a	16,5 _{ab}	17,2 _{ab}	15,3 _b

(1) VND = vinasse non dépotassifiée ; VD = vinasse dépotassifiée.

(2) INRA 1988.

Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes : minuscules P < 0,05 ; majuscules P < 0,01.

Conclusion

La vinasse de mélasse de betterave dépotassifiée est un produit techniquement utilisable pour l'alimentation des bovins et des ovins. Le traitement chimique de déminéralisation enrichit le produit en azote ammoniacal, l'appauvrit en potassium et en soufre et rend intéressante son incorporation dans les rations déficitaires en PDIN (ensilage de maïs, pulpe de betterave, pailles,...). Compte-tenu des valeurs PDIN et PDIE, la quantité de vinasse qui équilibre les rations des bovins est au maximum de 1,5 kg MS par jour (2 kg brut) soit 20 % de la matière sèche pour des animaux de 1 an. Cette proportion ne nécessitera pas de précautions particulières d'emploi du produit tant chez les bovins que chez les ovins sinon une transition au début de la distribution si la quantité doit excéder 10 % de la matière sèche de la ration.

Remerciements

La réalisation de ces essais a bénéficié de la collaboration et du financement de la Société Deleplanque, du RNED et de tous les autres fournisseurs des produits étudiés (Ets Legrand, S.I. Lesaffre, Sucre-Union).

Références bibliographiques

- BESANCENOT J.M., MOREL D'ARLEUX E., CHAPOUTOT P., CHILLON M., MAINDRON G., TIERNY J.B., 1989. Document de synthèse sur la vinasse de mélasse. Ed. RNED Bovin, Comité des sous-produits, 149 rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12.
- CHAPOUTOT P., 1984. Etude de la valeur alimentaire des effluents concentrés, intérêt et contrainte pour l'éleveur utilisateur. In « Les effluents concentrés de la filière betterave-sucre : optimisation technique et commerciale ». SECOPAL, Maisons-Laffitte, 129-144.
- HODEN A., JOURNET M., 1980. Aliments liquides à base de vinasse de levurerie et sans urée pour compléter les rations de fourrages pauvres distribuées à des génisses d'élevage. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 39, 5-9.
- LEONTOWICZ H., KRZEMINSKI R., LEONTOWICZ M., KULASEK G., BAREJ W., SOBCZAK E., BARTOWIAK M., HEMPEL-ZAWITKOWSKA J., 1984. Physiological evaluation on the utility of condensed beet molasses solubles in ruminant feeding. Pr. Mater-Zoot., 30, 77.
- WEIGAND E., 1983. Composition of various molasses residues and their feeding value for Ruminants. In « Feeding value of by products and their use by cattle ». Commission of the European Communities. Report EUR 8918 EN, 185-194.

J.L. TROCCON, C. DEMARQUILLY. Condensed sugar beet molasses solubles for ruminants.

Condensed sugar beet molasses solubles are by-products of the molasses fermentation industry. Their chemical composition (ash, crude protein) and the digestibility of the nutrients (on the basis of dry matter, organic matter, energy, crude protein) by ruminants varies greatly according to manufacture and origin.

Their mean energetic values are 0.82 UFL and 0.75 UFV/kg DM. The crude protein contents, essentially as non-protein compounds (betaine, glutamic acid, ammonia), are high. These solubles are a good nitrogen source for cattle and sheep. The use of these products in rations with a PDIN deficit is made easier when potassium and sulfur are eliminated.

TROCCON J.L., DEMARQUILLY C., 1989. La vinasse de mélasse de betterave pour les ruminants. *INRA Prod. Anim.*, 2 (4), 245-248.