

**DEMI-JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE
SUR LES FOURRAGES**

Le 1^{er} février 2001

Organisée conjointement par le
Comité des plantes fourragères
et le
Conseil Québécois des Plantes Fourragères (CQPF)

COMPTE-RENDUS DES CONFÉRENCES
Victoriaville, Québec

AVANT-PROPOS

Voici les comptes-rendus des conférences de la neuvième édition de la demi-journée d'information scientifique sur les fourrages organisée conjointement par le Conseil québécois des plantes fourragères (CQPF) et le comité des plantes fourragères. Depuis 1997, cette activité est organisée annuellement et vous est présentée sous forme d'une demi-journée qui fait suite à l'assemblée générale annuelle du CQPF. Au cours de cet après-midi, douze conférenciers viendront vous présenter de nouveaux résultats de recherche sur des sujets variés allant du sol à la fabrication de molécules utiles, mais toujours dans le domaine des plantes fourragères. Cette demi-journée se veut une occasion d'échange entre les représentants de l'industrie, les conseillers agricoles, les chercheurs, les producteurs ainsi que les autres intervenants intéressés à la production, le développement et la recherche en plantes fourragères au Québec. Vous trouverez dans le présent cahier des comptes-rendus qui résument ou complètent ce qui vous est présenté au cours de cet après-midi. Que cette journée soit remplie d'informations intéressantes vous permettant de continuer à valoriser les plantes fourragères dans l'Est du Canada.

Gaëtan Tremblay, Vice-président, Comité Plantes Fourragères.

TABLE DES MATIÈRES

1-	Manufacturer des molécules utiles. A la tonne. Medicago 101. <u>Michèle Martel</u>	3
2-	Changements climatiques et survie à l'hiver des plantes fourragères au Québec méridional. <u>Danielle Mongrain</u> , Gilles Bélanger, Philippe Rochette, Andy Bootsma et Yves Castonguay.	4
3-	Effets de la maturité et de la fertilisation azotée sur la concentration et la biohydrogénéation de l'acide linolénique de la fléole des prés. <u>Hanen Boufaied</u> , Yvan Chouinard, Gaëtan Tremblay, Hélène Petit, Réal Michaud et Gilles Bélanger.	5
4-	Rendement et valeur nutritive de la fléole des prés et de la fétuque élevée. <u>Gilles Bélanger</u> , Réal Michaud et Annie Brégard.	9
5-	Valeur nutritive des ensilages de balles rondes pour les bovins. <u>Daniel Ouellet</u> , Carole Lafrenière, Gabriel Roy et Robert Berthiaume	11
6-	Proportion de légumineuses dans les fourrages ? Des équations pour la calculer ! <u>Guy Allard</u> , Annie Brégard, Bruno Gosselin, et Doris Pellerin	22
7-	Effet des espacements entre les rangs, des doses de semis et de N sur le rendement du millet perlé. <u>Réal Michaud</u> et O.P. Dangi	25
8-	Effet des récoltes tardives sur le rendement et la qualité de huit hybrides de maïs fourrager en régions à faible unités thermiques-maïs. <u>Raynald Drapeau</u> , Gaëtan Tremblay, Gilles Bélanger et Réal Michaud	28
9-	Effet de l'avoine comme plante-abri sur le rendement et la qualité fourragère de la luzerne. <u>Jay Hackney</u> et Dennis Callaghan	32
10-	Disponibilité de l'azote aux fourrages à l'aide des membranes d'échanges anioniques. <u>Noura Ziadi</u> et Régis Simard	37
11-	Le S influence-t-il la qualité des fourrages ? <u>Claude Lapierre</u> , Régis Simard et Gilles Bélanger	38
12-	Effet de trois inoculants bactériens sur la qualité de conservation de la fléole des prés fertilisée avec du lisier de bovins ou du nitrate d'ammonium. <u>André Amyot</u> , Rodrique Grégoire et Denis Côté	40

Manufacture des molécules utiles. À la tonne.
Medicago 101

Michèle Martel, agronome

Medicago inc., Usine de molécules recombinantes, 2480, boul. Hochelaga, Sainte-Foy, Québec, Canada, G1K 7P4. Tél.: 658-9393 poste108, Fax: 658-6699, martelm@medicago.com, www.medicago.com

Pour l'industrie agricole, la luzerne est synonyme de lait ou de viande. Mais pour Medicago, luzerne rime avec production de molécules pharmaceutiques, cosméceutiques et d'enzymes industrielles. Présentement, la majorité de ces molécules bioactives sont produites à l'aide de microorganismes dans d'immenses fermenteurs. Cette technique est dispendieuse et limitée par le volume de ces fermenteurs. Chez Medicago, nous transformerons la luzerne en usine vivante, c'est-à-dire que des plants de luzernes modifiés génétiquement fabriqueront dans leurs cellules des molécules utiles comme l'hémoglobine, l'insuline, certains anticorps et bien d'autres. L'utilisation de plantes ou d'animaux pour fabriquer des molécules d'intérêt s'appelle la moléculture. Le processus est le suivant : nous insérons le gène de la molécule d'intérêt dans une cassette d'expression, puis nous intégrons cette cassette dans le génome de la plante. Vient ensuite la production de la biomasse qu'on récolte, l'extraction de la molécule recherchée, puis la disposition de la biomasse, étape finale du procédé. Cette présentation traitera brièvement de la production de biomasse et des méthodes d'extraction.

Les trois méthodes de propagation de plantes que nous utilisons pour la production de biomasse sont le bouturage, l'embryogenèse somatique et les semis au champ. Considérant que le marché pour une molécule pharmaceutique type sera de 500 à 2000 kg/an, nous estimons avoir besoin de 125 à 500 ha pour produire cette quantité, soit de 6000 à 25 000 tonnes de luzerne humide par an. Pour la luzerne cultivée en champ, nous aurons des normes très sévères de gestion du risque pour éviter le transfert de gènes vers la luzerne non transformée. Nos normes de biosécurité incluent, entre autres, des distances minimales de confinement et des procédés de contrôle de la floraison.

La stratégie de récupération des molécules privilégiée par Medicago est le fractionnement par la voie humide. Cette technologie est présentement utilisée par les luzernières françaises pour la fabrication de moulées de luzerne à haute valeur ajoutée. Holding Viridis, une association de coopératives issue de France Luzerne, est partenaire avec Medicago pour l'implantation au Québec d'une usine de traitement de la luzerne par la voie humide. Dans un premier temps, cette usine produira des moulées à partir de luzerne non transgénique. Une étude de faisabilité économique pour confirmer les capacités de l'usine et évaluer les marchés est présentement en cours.

La compagnie Medicago est basée à Québec, elle emploie près de quarante employés et compte des partenaires de recherche au Canada aussi bien qu'aux États-Unis et en Europe.

Changements climatiques et survie à l'hiver des plantes fourragères au Québec méridional

Danielle Mongrain¹, Gilles Bélanger¹, Philippe Rochette¹, Andy Bootsma² et Yves Castonguay¹

Agriculture et Agroalimentaire Canada, ¹Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Sainte-Foy (Québec) Canada G1V 2J3, Courriel: mongraind@em.agr.ca ²Centre de recherche de l'Est sur les céréales et les oléagineux, Ottawa (Ontario) Canada K1A 0C6.

Les modèles météorologiques prédisent qu'au Québec méridional en 2050, la température moyenne de la saison froide serait de 2 à 6°C plus élevée qu'aujourd'hui. Un tel réchauffement aura notamment une incidence sur les conditions climatiques automnales et hivernales. Or, ces conditions jouent un rôle important quant à la survie à l'hiver des plantes fourragères pérennes. Pour mesurer l'impact des changements climatiques sur la survie à l'hiver, nous avons d'abord identifié les causes de dommages hivernaux observés sur les plantes fourragères pérennes au Québec et développé des indices agroclimatiques exprimant le risque associé à chacune des causes.

Les indices automnaux décrivent les conditions de températures et de précipitations conduisant à l'acquisition d'endurcissement à l'hiver. Les indices hivernaux intègrent l'impact de l'intensité et la durée du froid ainsi que l'effet protecteur d'une couverture de neige, évaluent la perte de l'endurcissement au froid lors des redoux hivernaux et estiment les dommages aux racines par le déchaussement et la prise de racines dans la glace. L'impact des changements climatiques sur la survie à l'hiver a finalement été évalué en comparant les valeurs des indices prédites pour 2010-39 et 2040-69 aux valeurs actuelles (1960-90).

Vingt stations climatiques représentatives des régions agricoles du Québec ont été sélectionnées. Les valeurs de température et de précipitations prédites pour les périodes futures ont été calculées pour chaque station en ajustant les données journalières de la période 1961-90 avec les données de changement climatique issues du Modèle Couplé de Circulation Générale de Première Génération.

En moyenne pour l'ensemble des stations, nos résultats indiquent que la période d'endurcissement sera plus courte de 5 jours, moins pluvieuse (19 mm de pluie en moins) et le cumul des degrés-froid (inférieurs à 5°C) passera des 87 degrés-froid actuels à 67. La température minimale annuelle va passer de -34°C à -29°C. La période froide, période où un froid égal ou inférieur à -15°C peut sévir, sera également plus pluvieuse avec une augmentation de 41% du taux de pluie. La longueur de la période froide qui est actuellement de 114 jours va raccourcir à 100 jours et le nombre de jours d'enneigement, défini comme le nombre de jours avec une couverture de neige d'au moins 10 cm au sol, passera de 112 à 77 jours. Par conséquent, le nombre de jours où les plantes sont protégées d'une exposition directe à des basses températures par une couverture suffisante de neige sera réduit de 35.

Nous concluons que les risques de dommages hivernaux sur les plantes pérennes seront plus importants à l'avenir, malgré des températures hivernales plus douces. Ces dommages seront dus à des conditions sous-optimales d'acclimatation au froid durant l'automne et principalement à une protection inadéquate par la neige durant la période froide.

Influence de la maturité et de la fertilisation azotée sur la concentration et la biohydrogénéation de l'acide linolénique de la fléole des prés.

Hanen Boufaïed¹, Yvan Chouinard¹, Gaëtan Tremblay², Hélène Petit³, Réal Michaud², et Gilles Bélanger²

¹Département des sciences animales, Université Laval, QC (boufaiedh@em.agr.ca), Agriculture et agroalimentaire Canada, ²Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Sainte-Foy, QC, ³Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc, Lennoxville, QC.

L'acide linolénique (C18:3), précurseur des acides gras oméga-3 à chaîne longue (C20:5 et C22:6), a des effets positifs sur la santé humaine en inhibant l'apparition des maladies cardiovasculaires et par ses propriétés anti-inflammatoires (Williams, 2000). Il représente 30 à 75% du total des acides gras foliaires des plantes fourragères. A titre d'exemple, le C18:3 représente 31 et 59% des acides gras totaux du foin de luzerne et de l'herbe de trèfle (Van Soest, 1982), alors qu'il constitue 68,2, 60,7 et 76,5% des acides gras foliaires chez le ray-grass pérenne, le trèfle blanc et le dactyle, respectivement (Hawke, 1973).

Les fourrages sont donc une source importante de C18:3 dans la ration des bovins laitiers. La distribution des fourrages dans l'alimentation de la vache laitière pourrait être un outil pour maximiser le contenu en C18:3 de la matière grasse du lait. Cependant, ce désir d'enrichir la teneur en C18:3 du lait se heurte à un obstacle majeur. En effet, les acides gras polyinsaturés des fourrages sont soumis à la biohydrogénéation par la flore microbienne du rumen. La biohydrogénéation des C18:2 et C18:3 se traduit par la formation des acides gras *trans*-C18:1 et C18:0.

La présente expérience a été réalisée dans le but d'étudier les effets du stade de maturité en première coupe et de la fertilisation azotée sur la concentration et la biohydrogénéation *in vitro* de C18:3 et C18:2 de la fléole des prés (*Phleum pratense*, L). Le dispositif expérimental était un plan en parcelles partagées avec un arrangement factoriel des traitements. Quatre stades de croissance espacés d'une semaine (début montaison, début épiaison, fin épiaison et début floraison) et deux niveaux de fertilisation azotée (0 et 120 kg N ha⁻¹) (sous-parcelles) ont été étudiés en quatre répétitions. Deux incubations *in vitro* avec du liquide ruminal ont été effectuées sur l'ensemble des échantillons. Au cours de chaque incubation, les échantillons ont été incubés pendant 3, 6, 9, 24 et 36 heures dans le but d'étudier la cinétique de la biohydrogénéation des acides gras insaturés.

La disparition des C18:3 et C18:2 de la fléole durant la biohydrogénéation *in vitro* a été évaluée selon le modèle $P_t = i + b * e^{-ct}$, alors que l'apparition *in vitro* de C18:0 a été estimée selon le modèle $P_t = a + b(1 - e^{-ct})$ (Orskov et McDonald, 1979). Dans ces équations, P_t: représente les quantités d'acides gras de la fléole (C18:0, C18:2 et C18:3) présents dans le milieu d'incubation au temps t, i: représente la quantité de C18:2 et C18:3 non hydrogénable, a: représente la quantité de C18:0 de la fléole dans le milieu d'incubation au temps 0, b: représente la quantité de C18:2 et C18:3 de la fléole subissant l'hydrogénéation ou la quantité de C18:0 produit lors du processus de biohydrogénéation, c: représente le taux d'apparition ou de disparition de la fraction b à l'heure et t: représente

le temps d'incubation. L'hydrogénéation effective (**HE**) de C18:2 et C18:3 ainsi que l'apparition effective (**AE**) de C18:0 ont été déterminées en tenant compte d'un taux de passage k dans le rumen de $0,06 \text{ h}^{-1}$ selon les équations suivantes: $\text{HE} = b \left(\frac{c}{c+k} \right)$ et $\text{AE} = a + b \left(\frac{c}{c+k} \right)$. Le by-pass (**BP**) des C18:2 et C18:3, défini comme étant la quantité de C18:2 et C18:3 qui pourrait potentiellement quitter le rumen, a été estimé comme suit: $\text{BP} = i + b - \text{HE}$.

Les concentrations en C18:3 et C18:2 ont diminué avec la maturité de la fléole. Une interaction significative entre le stade de croissance et le niveau de fertilisation azotée a été observée pour la concentration en C18:3 ($P < 0,05$) et C18:2 ($P < 0,01$). Les concentrations en C18:3 de la fléole ont diminué d'une façon linéaire avec la maturité, et cette baisse a été plus marquée avec la fertilisation azotée. La fléole fertilisée avait des teneurs en C18:2 plus élevées que celles de la fléole non fertilisée et ceci a été observé aux quatre stades de maturité (Tableau 1).

Tableau 1. Concentrations en C18:2 et C18:3 de la fléole des prés à quatre stades de maturité et deux niveaux de fertilisation azotée.

Stade de maturité	N (kg ha^{-1})	Acides gras (mg g^{-1} de matière sèche)	
		C18:2	C18:3
Début montaison	0	3,97	8,71
	120	4,26	11,43
Début épiaison	0	3,51	6,86
	120	3,85	10,32
Fin épiaison	0	3,39	6,37
	120	3,99	9,35
Début floraison	0	3,19	5,96
	120	3,71	7,90

L'étude de la cinétique de biohydrogénéation *in vitro* a montré que les quantités de C18:2 et C18:3 subissant la biohydrogénéation (b) a été plus élevée au stade début montaison, et qu'elle a diminué progressivement avec la maturité de la plante (Figure 1a, 1b). L'HE des C18:2 et C18:3 (Fig 1a, 1b) et l'AE de C18:0 (Fig 1c) ont également diminué de façon linéaire avec le stade de maturité de la fléole (Tableau 2). La quantité de C18:3 subissant l'hydrogénéation (b) a été plus élevée lorsque la fléole a été fertilisée en azote. Par contre, la fraction b de C18:2 n'a pas été affectée par la fertilisation azotée ($P = 0,13$). Le taux de biohydrogénéation (c) de C18:2 et C18:3 n'a pas été affecté par le stade de croissance de la fléole ni par la fertilisation en azote. Par contre, la fertilisation azotée a augmenté l'HE des C18:2 et C18:3 et l'AE de C18:0 en comparaison au traitement témoin (Tableau 2). Ces résultats sont le reflet des quantités plus grandes de C18:2 et C18:3 dans la fléole récoltée plus jeune ou recevant un traitement de fertilisation azotée. Le BP des C18:2 et C18:3 a été plus élevé au stade début montaison, puis a diminué linéairement avec la maturité de la fléole. En particulier, la quantité de C18:3 ayant échappé à la biohydrogénéation a été de 25% supérieur pour la fléole récoltée au stade début montaison comparativement au stade début floraison. Le BP des C18:2 et C18:3 a été plus élevé pour la fléole ayant reçu un traitement de fertilisation azotée (Tableau 2).

Tableau 2. Hydrogénéation effective, apparition effective et by-pass des C18:2, C18:3 et C18:0 au cours de la biohydrogénéation *in vitro* de la fléole des prés à quatre stades de croissance et deux niveaux de fertilisation azotée.

Acide gras	Paramètre mg	Traitement					
		Stade de croissance				N (kg ha ⁻¹)	
		Début montaison	Début épiaison	Fin épiaison	Début floraison	0	120
C18:3	HE	5,91	4,97	4,37	3,67	4,02	5,44
C18:2	HE	2,23	1,92	1,77	1,54	1,77	1,97
C18:0	AE	7,05	6,02	5,44	5,12	5,41	6,41
C18:3	BP	2,08	1,99	1,70	1,55	1,57	2,09
C18:2	BP	1,55	1,40	1,42	1,32	1,32	1,53

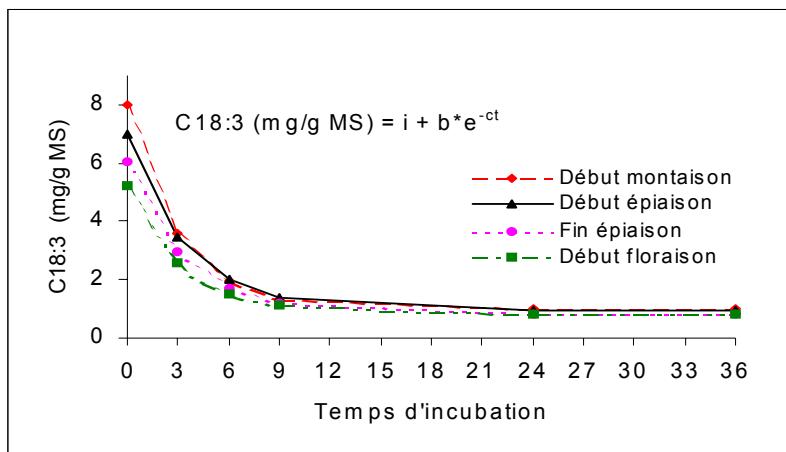
En conclusion, les concentrations en C18:2 et C18:3 de la fléole des prés et la biohydrogénéation des C18:2 et C18:3 au cours d'une incubation avec du liquide ruminal ont diminué avec le stade de maturité et augmenté avec le niveau de fertilisation azotée. La quantité de C18:2 et C18:3 qui quitte le rumen (by-pass) a été plus élevée lorsque la fléole a été récoltée jeune et a augmenté avec la fertilisation azotée. Une fertilisation azotée et une récolte de la fléole à un stade jeune permettraient donc de maximiser la quantité de C18:3 et C18:2 pouvant potentiellement échapper à la biohydrogénéation.

Cette recherche était réalisée grâce au financement d'Agriculture et agroalimentaire Canada.

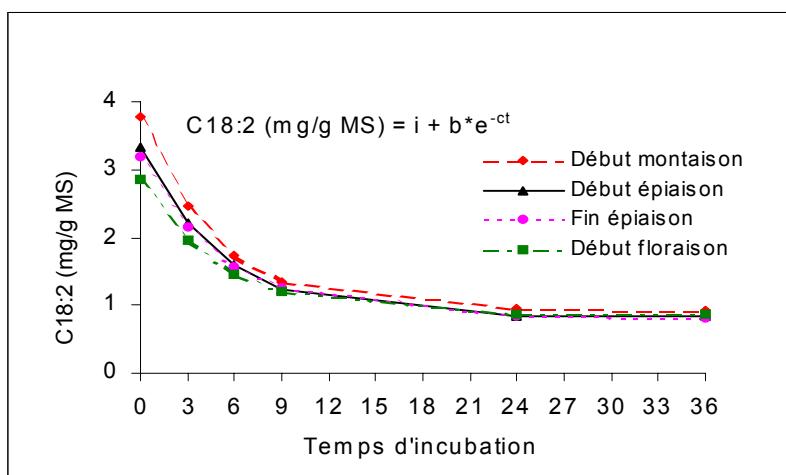
Références:

- Hawke, J. C. 1973. Lipids: 216-263. *in* Chemistry and biochemistry of herbage, vol 1, G. W. Butler et R. W. Baily, eds. Academic Press. London, New-York.
- Orskov, E. R, and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according the rate of passage. J. Agric. Sci. Camb. 92: 499-503.
- Van Soest, P. J. 1982. Lipids: pages 260-275 *in* Nutritional ecology of the ruminant, Ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fibers. O et B Books, Inc. Corvallis,Oregon. USA.
- Williams, C. M. 2000. Dietary fatty acids and human health. Ann. Zootech. 49: 165-180.

1a.



1b.



1c.

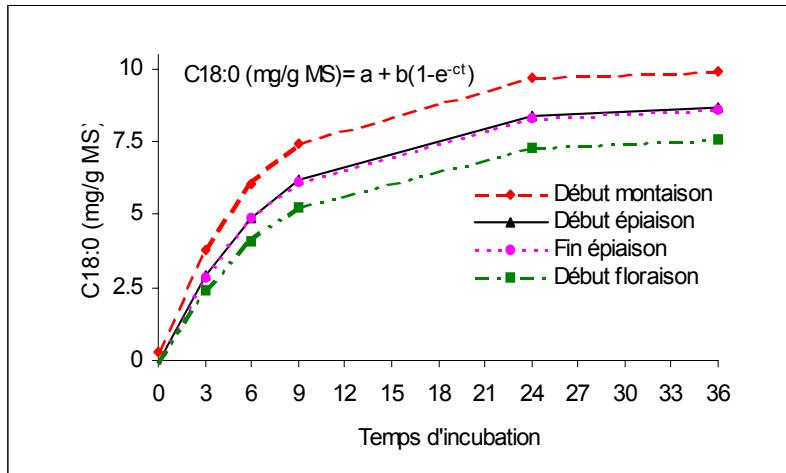


Figure 1. Courbe de la cinétique de disparition et d'apparition in vitro de l'acide linolénique (1a), l'acide linoléique (1b) et l'acide stéarique (1c) de la fléole des prés récoltée à 4 stades de croissance. i = Quantité de C18:2 et C18:3 non hydrogénable, a = Quantité de C18:0 dans le milieu d'incubation au temps 0, b = Quantité de C18:2 et C18:3 subissant la biohydrogénéation ou quantité de C18:0 produit lors de la biohydrogénéation, c = taux d'apparition ou de disparition de la fraction b à l'heure, t = temps d'incubation, HE = Hydrogénéation effective et AE = Apparition effective.

Rendement et valeur nutritive de la fléole des prés et de la fétuque élevée

Gilles Bélanger, Réal Michaud et Annie Brégard

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ste-Foy, G1V 2J3, Québec.

Tél: (418) 657-7980 Fax: (418) 648-2402 Courriel: belangergf@em.agr.ca

Parmi les graminées pérennes, la fléole des prés (*Phleum pratense* L.) est une espèce très populaire au Québec alors que la fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.) est beaucoup moins connue. Parmi les différences existant entre ces deux espèces, notons que la fléole est sensible à la sécheresse alors que la fétuque y est tolérante, que la fléole a une maturité plus tardive que la fétuque, mais que cette dernière a une plus longue saison de croissance, et enfin que la fétuque est moins appétente que la fléole.

Afin de comparer les deux espèces dans une même expérience, cette étude réalisée dans la région de Québec a évalué le rendement et la valeur nutritive de la fléole des prés (cv Champ) et de la fétuque élevée (cv AC Graze) ayant reçues chaque printemps trois niveaux de fertilisation azotée : 0, 40 et 180 kg N ha⁻¹. Pour ce faire, deux coupes par année pendant deux ans (1995-96) ont été effectuées. La première coupe a été réalisée au stade début épiaison de la fléole des prés. Les rendements en matière sèche ont été mesurés pour chaque coupe, de même que la teneur en azote du fourrage, et le pourcentage de fibres NDF (au détergent neutre). Les digestibilités in vitro (IVTD, digestibilité in vitro vraie; et IVCWD, digestibilité in vitro des parois cellulaires) ont été déterminées sur la première coupe seulement.

La fétuque avait une rendement supérieur à celui de la fléole quel que soit le niveau de fertilisation (Tableau 1). La plus forte capacité de regain de la fétuque par rapport à la fléole explique d'ailleurs partiellement cette supériorité de rendement. La teneur en azote de la fétuque avait tendance à être supérieure à celle de la fléole, ce qui entraînait un prélèvement d'azote par ha significativement plus élevé pour la fétuque. Par ailleurs la fétuque avait un pourcentage de fibres NDF significativement inférieur à celui de la fléole et une digestibilité des parois cellulaires (IVCWD) plus élevée. Conséquemment, la digestibilité (IVTD) de la fétuque était significativement supérieure à celle de la fléole.

Tableau 1. Rendement et valeur nutritive de la fléole des prés (cv Champ) et de la fétuque élevée (cv AC Graze) sous trois niveaux de fertilisation azotée (moyenne sur 2 ans, stade début épiaison à la première coupe)

Fertilisation (kg N ha ⁻¹)	Cultivars	Rendement (T ha ⁻¹)	Conc. N (%)	Prélèv. N (kg N ha ⁻¹)	NDF (%)	IVCWD	IVTD
						Coupes 1 + 2	Coupe 1
0	Champ	6.7	1.4	93.5	59.4	63.2	78.1
	AC Graze	8.4	1.5	128.4	57.3	63.0	79.3
40	Champ	8.9	1.6	138.5	59.1	62.5	77.8
	AC Graze	10.5	1.5	158.9	57.9	64.8	79.0
180	Champ	12.2	1.9	231.5	57.3	62.0	78.3
	AC Graze	15.4	2.1	314.2	55.5	66.4	79.8
Champ vs AC Graze		**	NS	***	***	**	**

, *, significativement différent à $P < 0.01, 0.001$, respectivement; NS, non significatif

Nous concluons que la fétuque élevée a un rendement supérieur à celui de la fléole des prés, avec notamment un regain plus important, et que la qualité nutritive de la fétuque est supérieure. Cependant le désavantage lié à la faible appétibilité de la fétuque devra être évalué dans le contexte des élevages au Québec avant de promouvoir plus avant la culture de la fétuque élevée.

Valeur nutritive des ensilages de balles rondes pour les bovins.

Daniel R. Ouellet¹, Carole Lafrenière², Gabriel L. Roy¹ et Robert Berthiaume¹.

¹Centre de recherche et développement sur le bovin laitier et le porc, AAC, C.P. 90, Lennoxville P.Q. J1M 1Z3. ²Ferme de recherche sur les bovins, AAC, C. P. 160, Kapuskasing, Ont., P5N 2Y3

L'ensilage de balles rondes est devenu un mode d'entreposage des plus populaires en agriculture moderne (Ohlsson, 1998). Les avantages de l'ensilage de balles rondes comparativement à l'ensilage conventionnel sont principalement liés à une réduction du capital investi dans l'équipement et l'entreposage. La possibilité de couper et d'envelopper rapidement de petites quantité de fourrages donnent aussi une grande flexibilité pour la formulation des rations.

Malgré sa popularité, peu d'information scientifique concernant les ensilages de balles rondes a été publiée (Nicholson et al., 1991; Petit et al., 1993; Charmley et al., 1999). Cependant, pour profiter au maximum de cette technologie, il faudrait connaître les caractéristiques de l'ensilage produit et évaluer la valeur nutritionnelle de cet ensilage par rapport à l'ensilage récolté et conservé traditionnellement.

Cet article présente les résultats d'une série d'expériences réalisées à la Ferme de recherche sur les bovins de Kapuskasing en Ontario. Ces recherches ont été effectuées pour comparer la valeur nutritionnelle des ensilages de balles rondes et ceux récoltés de manière conventionnelle. L'effet du niveau de matière sèche au moment de la mise en silo et la longueur des particules sur la qualité des ensilages a aussi été étudiés.

Effet du mode de conservation sur les performances des bouvillons en croissance - Ingestion et gain.

Une première expérience, d'une durée de 98 jours, a été réalisée pour comparer les performances de croissance des bouvillons alimentés avec des ensilages d'herbe entreposés en silo-meule (SM) ou en balle ronde (BR). Seize taurillons ($255 \text{ kg} \pm 22 \text{ ET}$) ont été divisés en deux groupes et alimentés avec un ensilage de trèfle rouge conservé en SM (25% MS; tableau 1) ou en BR (40% MS). Les animaux qui ont reçu l'ensilage de BR ont ingéré 35% plus de MS ($8,0 \text{ vs } 5,9 \text{ kg j}^{-1}$; ESM = 0,4) lorsque comparés à ceux recevant l'ensilage de SM. Cependant, le gain moyen quotidien (GMQ) n'a pas été affecté ($0,65 \text{ kg j}^{-1}$; ESM = 0,05). Ceci a entraîné une détérioration ($P < 0,01$) du coefficient de l'efficacité alimentaire des animaux recevant l'ensilage de BR ($12,8 \text{ vs } 9,0 \text{ kg MSI/kg GMQ}$; ESM = 0,8). Il a été rapporté que l'ingestion de matière sèche augmente avec des taux croissant de matière sèche des ensilages (Demarquilly, 1990) mais dans l'expérience actuelle, le plus haut taux d'ingestion des taurillons recevant l'ensilage de BR n'a pas amélioré le GMQ. Certains ont suggéré que l'énergie additionnelle requise pour consommer et digérer les longues fibres de l'ensilage de BR pouvaient réduire l'énergie disponible pour le gain (Osugi et al., 1975). Nicholson et al. (1991) attribuent plutôt cette baisse de performance aux caractéristiques de fermentation de l'ensilage. Dans notre expérience, les caractéristiques de fermentation présentées dans le tableau 1 indiquent que l'ensilage de SM était plus faible en MS et en sucres solubles mais plus haut en fibres NDF et en ammoniacal. Ces deux derniers paramètres pourraient en partie expliquer la plus basse consommation des animaux alimentés avec l'ensilage de SM puisque la fibre NDF (Mertens, 1973) et l'ammoniacal (Beever et Siddons, 1986) ont été associés à une diminution de l'ingestion volontaire de MS.

Bien que non mesuré, l'observation de la région près des mangeoires semble indiquer une certaine perte de matériel long et fibreux pour le traitement de BR ce qui pourrait causer une surestimation de l'ingestion. Chez des vaches laitières, Petit et al. (1993) ont observé un résultat opposé à celui que nous avons obtenu, soit une diminution de consommation des vaches recevant des ensilages de balles rondes. Ils ont attribué cette diminution d'ingestion à la taille des particules plus longues et à une diminution du contenu en acide lactique dans les ensilages de balles rondes.

Effet du mode de conservation sur les performances des bouvillons en croissance - Digestibilité au niveau du rumen.

Une étude conduite en parallèle, qui utilisait la technique des sachets de nylon (Veira et al., résultats non publiés), avec des génisses munies d'une fistule au rumen et qui recevaient les mêmes rations, indique que la fraction instantanément dégradée de la matière sèche (fraction "a"; Ørskov et McDonald, 1979) tendait à être plus basse pour l'ensilage de BR lorsque comparée à l'ensilage de SM (Figure 1) mais la fraction lentement dégradable (fraction "b") était plus haute. Le taux de dégradation ("k") de la MS était plus bas pour l'ensilage de BR. La fraction instantanément dégradée ("a") de l'azote était 18% plus basse pour l'ensilage de BR alors que la fraction lentement dégradable ("b") n'était pas affectée (Figure 2). Le taux de dégradation ("k") de l'azote tendait à être plus bas pour l'ensilage de BR. La dégradabilité de la fraction lentement ("b") disponible du NDF tendait à être plus haute pour l'ensilage de BR bien que le taux de dégradation ("k") était plus bas (Figure 3). Si on tient compte du temps de séjour dans le rumen des aliments, la dégradabilité dans le rumen de la matière sèche et de la fibre NDF n'a pas été affectée. Cependant, la dégradabilité dans le rumen de l'azote diminue pour les animaux recevant l'ensilage de BR principalement parce que la fraction rapidement dégradable était faible. Ce phénomène peut partiellement expliquer les performances parfois moins bonnes avec de l'ensilage de BR servi seul.

Effet du mode de conservation sur les performances des bouvillons en croissance - Génisses de remplacement.

Une seconde expérience a été réalisée pour évaluer la croissance des génisses de remplacement alimentées avec des ensilages de BR ou de SM. Pour cette expérience, 40 génisses sevrées (20 d'ossature moyenne et 20 de grande ossature) pesant au départ 208 kg de poids vif (21 ET) ont été divisées en 4 groupes. Les ensilages ont été offerts pour une consommation *ad libitum* durant une période de 98 jours (tableau 2). La matière sèche des ensilages était de 26 et 35% (ESM = 0,8) pour l'ensilage de SM et de BR, respectivement. Le GMQ, 0,70 kg d⁻¹ (ESM = 0,03), n'a pas été affecté par le type d'ensilage ou par l'ossature des animaux. De plus, il n'y a pas eu d'interaction entre l'ensilage et le type d'ossature. Bien que la comparaison de l'ingestion entre les traitements est limitée à cause du nombre faible de groupes, une valeur plus grande d'ingestion a été enregistrée pour les femelles recevant l'ensilage de BR (6,6 vs 6,0 kg MS j⁻¹ pour BR vs SM, respectivement). Encore une fois, l'observation visuelle semble indiquer des pertes de matériel près de la mangeoire pour les animaux recevant l'ensilage de BR. Ceci peut expliquer, en partie, l'observation faite d'une plus grande ingestion pour les génisses alimentées avec l'ensilage de BR.

Quel est l'effet de l'ensilage de balle ronde sur la digestibilité apparente des nutriments?

En parallèle, six bouvillons (270 kg de poids) ont été utilisés pour mesurer la digestibilité apparente des rations. Comparativement à l'essai de croissance, la MS des ensilages était similaire tout au long des tests (28,9 et 28,7%; ESM = 0,9 pour SM et BR, respectivement). Il n'y a pas eu d'effet des traitements sur la

digestibilité apparente de l'azote. Cependant, la rétention azotée exprimée en pourcentage de l'azote ingéré a été améliorée lorsque les animaux ont reçu l'ensilage de SM. (27 vs 22%; ESM = 1). Lorsque l'azote retenu est exprimé en pourcentage de l'azote absorbé (N retenu / [N ingéré - N perdu dans les fèces]), ce terme était supérieur (40,8 et 31,5%; ESM = 1,1; P<0,01) pour les bouvillons du groupe SM que ceux du groupe BR. La digestibilité apparente de la fibre NDF a eu tendance à augmenter chez les animaux recevant l'ensilage de SM (71,1 vs 67,4% ; ESM = 1,2) alors que pour la fibre ADF, il n'y a pas eu d'effet des ensilages (65%; ESM = 0,6). Si on associe la digestibilité plus grande de la fibre NDF à une amélioration la synthèse microbienne dans le rumen, ceci peut expliquer une meilleure utilisation de l'azote chez les animaux alimentés avec l'ensilage de SM.

Quel est l'effet de l'ensilage de balle ronde sur les fonctions reproductrices et la performance des femelles?

Dans une troisième expérience, l'ensilage de BR a été comparé à un ensilage de SM lorsque servi à des vaches et leurs veaux gardés à l'extérieur durant la saison hivernale. Quatre-vingt-dix vaches (610 kg; ESM = 5) et leurs veaux nés en septembre ont été divisés en 9 groupes égaux. Durant les 120 jours d'expérience, six groupes d'animaux ont reçu l'ensilage de SM (24% DM) et les autres ont été alimentés avec de l'ensilage de BR (34%). L'ensilage de SM a été servi une fois par jour alors que celui de BR a été fourni selon les besoins. La condition de chair et la mesure du gras dorsal ont été enregistrées au début de l'expérimentation, 1 semaine avant le début des inséminations et au moment du sevrage des veaux. Les performances reproductives ont aussi été évaluées. L'ingestion des vaches recevant l'ensilage de BR (3,1% du poids vif) a été supérieure lorsque comparée à celle des vaches recevant l'ensilage de SM. (2,0% du poids vif; P<0,001). L'ingestion des veaux, s'il y a lieu, a été attribuée aux vaches. Les vaches des groupes BR ont eu tendance (P=0,12) à gagner du poids (20 kg) alors que celles des groupes SM en perdaient (5 kg). Les veaux des divers groupes ont eu des gains similaires (0,88 vs 0,82 kg j⁻¹; ESM = 0,09; P>0,05). Lorsque l'ingestion d'ensilage et le gain total (mère-veau) ont été compilés, le GMQ et l'efficacité alimentaire étaient similaires entre les traitements.

Les résultats concernant l'aspect de la reproduction indiquent que les vaches recevant l'ensilage de BR avaient tendance (P<0,10) à avoir un intervalle de vêlage plus rapproché (377 vs 373 jours; ESM = 1). Aucun effet significatif des traitements n'a été observé sur l'intervalle vêlage - première insémination (94 jours; ESM = 1) ou sur le nombre de jours ouverts (99 jours; ESM = 5). L'augmentation de l'intervalle entre les vêlages pour les vaches alimentées avec l'ensilage de SM peut être liée à leurs pertes de poids. Short et al. (1990) ont rapporté que le déficit en énergie peut partiellement expliquer une réduction des performances reproductrices des vaches. Cependant, les raisons qui pourraient expliquer la perte de poids des animaux du groupe HS demeurent obscures.

Un résumé des performances zootechniques des bouvillons, des génisses et de la paire mère-veaux est présenté au tableau 3. En moyenne, les animaux recevant l'ensilage de BR ingéraient 32% plus de MS, gagnaient 10% plus de poids mais demandaient 26% plus d'aliments par kilogramme de gain.

Quel est l'effet de la teneur en matière sèche de l'ensilage de balle ronde sur son utilisation?

Malheureusement, dans les expériences citées ci-haut, la teneur en MS était confondu avec les effets liés au mode de conservation. Ainsi une autre expérience a été réalisé avec des vaches et leurs veaux pour

évaluer l'effet de la teneur en MS de l'ensilage de BR sur les caractéristiques de fermentation et les performances zootechniques des animaux. Trois ensilages différents ont été récoltés. Un ensilage conservé en SM fut récolté à 32% de MS, le second fut produit simultanément et entreposé en BR (39% MS) et le dernier fut un ensilage de BR entreposé à 52% de MS. Tel que démontré dans la figure 4, une réduction de la MS perdue pendant l'entreposage fut observée pour l'ensilage récolté plus sec ($P<0,05$). Les caractéristiques chimiques indiquaient que l'azote est principalement sous forme de protéines dans l'ensilage de SM et que c'est l'ensilage de BR conservé le plus humide qui possèdent le moins d'azote sous forme de protéines (tableau 4). Cependant, les caractéristiques de fermentation entre les deux ensilages de BR étaient similaires (résultats non présentés). Nous n'avons pas observé de différence entre les ensilages lorsque les performances des animaux furent comparées. Cependant, les vaches alimentées avec l'ensilage de BR préfané ont démontré une augmentation du poids et de dépôt dorsal numériquement plus grand que celles recevant l'ensilage conservé humide (tableau 5). Les GMQ des veaux étaient en moyenne de $1,07 \text{ kg j}^{-1}$ et étaient similaires entre les traitements.

Quel est l'effet de la teneur en matière sèche et de la longueur des particules sur la digestibilité apparente des nutriments?

La digestibilité des nutriments des ensilages servis dans le projet précédent a été aussi mesurée en utilisant six bouvillons. Les ensilages ont été servis longs (tel que coupés; 25 cm approximativement) ou hachés avant l'alimentation (2,5 cm approximativement), l'ensilage de SM a aussi été servi tel que récolté de même qu'un second ensilage de SM à titre de ration contrôle puisqu'il était d'une excellente qualité. Aucune différence n'a été observée entre les ensilages de SM et l'ensilage de BR à haute teneur en humidité (résultats non présentés). Cependant, la digestibilité de la matière sèche a été modifiée par la teneur en humidité des ensilages de BR, l'ensilage humide étant plus digestible (73,2 vs 70,3%; ESM = 1,2, pour BR39% vs BR52%, respectivement). La digestibilité des fibres NDF et ADF n'a pas été affectée par les traitements. La digestibilité de l'énergie a eu tendance à être plus élevée pour l'ensilage de BR à haute teneur en humidité (68,1 vs 65,1%; ESM = 1,5, pour BR39% et BR52%, respectivement). Lorsque comparé à l'ensilage BR39%, les bouvillons recevant l'ensilage de BR plus sec ont eu un coefficient de digestibilité de l'azote plus faible (60,2 vs 68,7%; ESM = 2,3; $P<0,001$). Ceci peut expliquer la tendance observée chez ces animaux à retenir moins d'azote (19,9 vs 28,6 g j^{-1} ; ESM = 4,6). En général, les coefficients de digestibilité suggèrent une meilleure utilisation de l'ensilage de BR à haute teneur en humidité lorsque comparés à l'ensilage de BR préfané. Cependant, la performance des vaches et des veaux favorisait l'ensilage préfané probablement parce que l'ingestion de ce dernier a été supérieure. Telle qu'observé par Petit et Flipot (1990), la rétention azotée était plus importante lorsque l'ensilage était servi coupé (25 vs 19% N retenu par N ingéré; ESM = 3; $P<0,10$ ou exprimé en azote absorbé: 38 et 27% de l'N absorbé; ESM = 6; $P<0,05$).

Pouvons-nous améliorer les performances des bovins avec des ensilages de balles rondes ayant une haute densité?

Compte tenu des résultats précédents, nous avons formulé l'hypothèse que la taille des particules pouvait avoir un effet important sur l'efficacité alimentaire des bovins. Pour vérifier ce postulat, un ensilage de dactyle de deuxième coupe a été récolté avec une presse à balles rondes munie ou pas d'un dispositif de couteaux additionnels. Tel que prévu, les résultats indiquent que la densité des balles hachées était plus élevée que celles récoltées sans les couteaux additionnels (183 vs 149 kg MS m^{-3} ; ESM = 26; $P<0,01$) et

la moyenne géométrique de la taille des particules indique que l'ensilage haché était plus court (23 vs 30 cm; ESM = 2; P<0,05). L'utilisation des couteaux n'a pas affecté les pertes de matière sèche durant l'entreposage ni les caractéristiques de fermentation. Dans un essai de performance, 24 paires vaches-veaux, ont démontré une croissance similaire lorsqu'elles ont reçu l'ensilage de BR haché ou témoin (veaux: 1,05 et 1,13 kg j⁻¹ pour haché et témoin, respectivement; vaches: 0,43 vs 0,38 kg j⁻¹ pour haché et témoin, respectivement). L'ingestion et l'efficacité alimentaire ont été similaires entre les traitements. Nous avons conclu que malgré le fait que la presse avec les couteaux additionnels avait produit des balles plus denses parce que les particules étaient plus petites, cette réduction n'était pas suffisante pour altérer la performance des animaux. Considérant cette information, l'effet de la taille des particules sur l'efficacité alimentaire demande des recherches supplémentaires où la taille des particules seraient fortement réduites.

En conclusion, les résultats présentés confirment que la fermentation des ensilages de balles rondes est limitée, particulièrement lorsque le matériel est préfané (Nicholson et al., 1991). Ainsi, l'ensilage de balles rondes est caractérisé par un pH élevé, une faible concentration en acide lactique et une haute teneur en sucre. La protéolyse est aussi limitée dans les ensilages de balles rondes tel que le dénote sa teneur en ammoniaque.

Le gain moyen quotidien des animaux n'a pas été affecté par le type d'ensilage servi. Cependant, les hauts niveaux d'ingestion observés avec les ensilages de balles rondes ont contribué à réduire l'efficacité alimentaire tel que démontré auparavant (Charmley et al., 1999). Dans nos expériences, il a fallu entre 8 et 45% plus de matière sèche provenant des balles rondes pour produire un kilogramme de gain. Ceci est similaire aux observations faites par Nicholson et al. (1991) et Charmley et al. (1999).

Lorsque déterminé *in situ*, la dégradabilité de l'azote dans le rumen était inférieure pour l'ensilage de balles rondes. Lorsque comparée avec l'ensilage de silo-meule, la digestibilité des ensilages de balles rondes semble peu affectée. Ainsi, nous suggérons que les particules plus longues de l'ensilage de balles rondes ont un effet sur l'ingestion de matière sèche et sur le temps de séjour du fourrage dans le rumen. Cette hypothèse est supportée par Amyot (1988) qui a rapporté une augmentation de l'ingestion de matière sèche et de la production laitière lorsque l'ensilage de balles rondes a été haché (5-7 cm) avant les repas.

Pour les producteurs, l'ensilage de balles rondes peut représenter une méthode de conservation qui peut réduire le travail à la coupe et à la reprise et ce, sans nuire aux performances des animaux. Cependant, plus de matière sèche devrait être entreposée pour alimenter le même nombre d'animaux puisque l'efficacité alimentaire est réduite avec les balles rondes. Finalement, il semble que l'énergie requise pour réduire la taille des particules est compensée par une amélioration de l'efficacité alimentaire.

Références

- Amyot, A. 1988. Évaluation de l'ensilage de balles rondes. Station de recherche de Deschambault, Québec.
- Beever, D. E. and Siddons R. C. 1986. Digestion and metabolism in the grazing ruminant. Pages 479-497 in L. P. Milligan, W. L. Grovum, and A. Dobson, eds. Control of digestion and metabolism in ruminants. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. Y.
- Charmley, E., Savoie, P., McRae, K. B. and Lu, X. 1999. Effect of maceration at mowing on silage conservation, voluntary intake, digestibility and growth rate of steers fed precision chopped or round bale silages. Can. J. Anim. Sci. 79:195-202.

- Demarquilly C. 1990. Utilisation des conservateurs: quand et pourquoi les utiliser. Résultats zootechniques. Pages 93-104. In Symposium international sur l'ensilage d'herbe. Conseil de recherche en Agro-Alimentaire de l'Abitibi-Temiscamingue.
- Nicholson, J. W. G., McQueen, R. E., Charmley, E. and Bush, R. S. 1991. Forage conservation in round bales or silage bags: Effect on ensiling characteristics and animal performance. Can. J. Anim. Sci. **71**:1167-1180.
- Mertens, D. R. 1973; Application of theoretical mathematical models to cell wall digestion and forage intake in ruminants, Ph.D. Thesis. Cornell Univ. Ithaca, NY
- Ohlsson, C. 1998. Grass baleage. Pages 253-282 in J. H. Cherney and D. J. R. Cherney. eds. Grass for dairy cattle. CAB International, University Press, Cambridge, UK.
- Ørskov, E.R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. (Camb.) **92**:499-503.
- Osugi, P.O., Gordon, J.G., and Webster, J.F. 1975. Energy exchanges associated with eating and rumination in sheep given grass diets of different physical forms. Br. J. Nutr. **34**:59-71.
- Petit, H.V. and Flipot, P.M. 1990. Intake, duodenal flow, and ruminal characteristics of long or short chopped alfalfa-timothy silage with or without inoculant. J. Dairy Sci. **73**:3165-3171.
- Short, R.E., Bellows, R.A., Staigmiller, R.B., Berardinelli, J.G., and Custer, E.E. 1990. Physiological mechanisms controlling anoestrus and infertility in postpartum beef cattle. J. Anim. Sci. **68**:799-816.

Tableau 1. Composition de l'ensilage d'herbe conservé en silo-meule ou en balles rondes et servi aux bouvillons.

	Silo-meule	Balles rondes	ESM	Probabilité (P<)
pH	4.5	4.7	0.2	NS
MS (%)	25.1	40.3	1.1	0.01
Sucres solubles (% de MS)	2.81	6.09	0.41	0.01
NDF (% de MS)	53.3	45.4	1.8	0.01
ADF (% de MS)	38.5	34.1	0.9	0.01
CP (% de MS)	18	16.4	1.2	NS
N-NH ₃ (% de l'N total)	7.8	4.5	0.7	0.01
N insoluble à l'eau chaude (% de l'N total)	53.2	53.7	4.3	NS

Moyennes, n = 7, NS = non significatif

Tableau 2. Composition de l'ensilage d'herbe conservé en silo-meule ou en balles rondes et servi aux génisses de remplacement.

	Silo-meule	Balles rondes	ESM	Probabilité ($P <$)
pH	4.3	4.4	0.2	NS
MS (%)	25.8	34.7	0.8	0.01
Sucres solubles (% de MS)	2.4	6.86	0.2	0.01
NDF (% de MS)	54	51	1.3	NS
ADF (% de MS)	35.6	34.3	0.8	NS
CP (% de MS)	15.4	15.1	0.5	NS
N-NH ₃ (% de l'azote total)	6.5	5.1	0.4	0.05
Caractéristiques de fermentation				
AGV (% MS)				
Acétate	3.3	0.9	0.2	0.01
Propionate	0.15	0.02	0.01	0.01
Butyrate	0.09	0.07	0.02	NS
AGV totaux (% MS)	3.6	1	0.1	0.01
Lactate (% MS)	8.5	3.8	0.4	0.01
Éthanol (%MS)	1	1.1	0.1	NS

Moyennes, n = 7, NS = non significatif

Tableau 3. Sommaire des performances des animaux recevant de l'ensilage d'herbe conservé en silo-meule (SM) ou en balles rondes(BR).

	Matière sèche ingérée (kg j ⁻¹)		Gain moyen (kg j ⁻¹)		Conversion alimentaire	
Essai	BR	SM	BR	SM	BR	SM
Bouvillons	8	5.9	0.62	0.65	12.8	9
Génisses	6.6	6	0.67	0.74	10.5	8.4
Vache-veau (données combinées)	18.7	12.4	1.04	0.78	18	15.9
Moyenne (% de différence entre BR vs SM)	32		10		26	

Tableau 4. Composition de l'ensilage d'herbe conservé en silo-meule ou en balles rondes et utilisé pour évaluer l'effet de la teneur en matière sèche.

	Silo-meule (1)	Balles rondes (2)	Balles rondes préfanées (3)	ESM	Probabilité (P<)	
					1 vs 2	2 vs 3
pH	4.4	4.32	4.54	0.06	NS	0.05
MS (%)	32.1	39.6	51.7	2.3	0.1	0.01
Sucres solubles (% de MS)	1.9	2.9	3.5	0.4	NS	NS
NDF (% de MS)	46.6	46.6	50.3	1.9	NS	NS
ADF (% de MS)	30.2	30.3	31.7	1.1	NS	NS
CP (% de MS)	10.4	10.3	10.3	1.8	NS	NS
N-NH ₃ (% de l'N total)	5.7	5.3	4	0.6	NS	NS
N insoluble à l'eau chaude (% of total N)	51.3	41.8	47.6	18	0	0.05

Moyennes, n = 7, NS = non significatif

Tableau 5. Effet de la teneur en matière sèche de l'ensilage d'herbe conservé en silo-meule ou en balles rondes sur les performances d'un système vache-veau.

	Silo-meule (1)	Balles rondes (32% de MS; 2)	Balles rondes préfanées (52%; 3)	EST	Probabilité (P<)	
					1 vs 2	2 vs 3
Gain de poids des vaches (kg j ⁻¹)	0.24	0.24	0.5	0.12	NS	0.1
Augmentation du gras dorsal (mm)	2	0.5	2.6	1.1	NS	NS
Changement dans la condition corporelle (unité)	0.01	-0.07	0.18	0.2	NS	NS
Gain de poids des veaux (kg j ⁻¹)	1.11	1.02	1.09	0.1	NS	NS

Moyennes, n = 10, NS = non significatif

Figure 1. Dégradabilité dans le rumen de la matière sèche de l'ensilage d'herbe conservé en silo-meule ou en balles rondes. La dégradabilité effective est estimée avec un taux de passage théorique de 4% par heure.

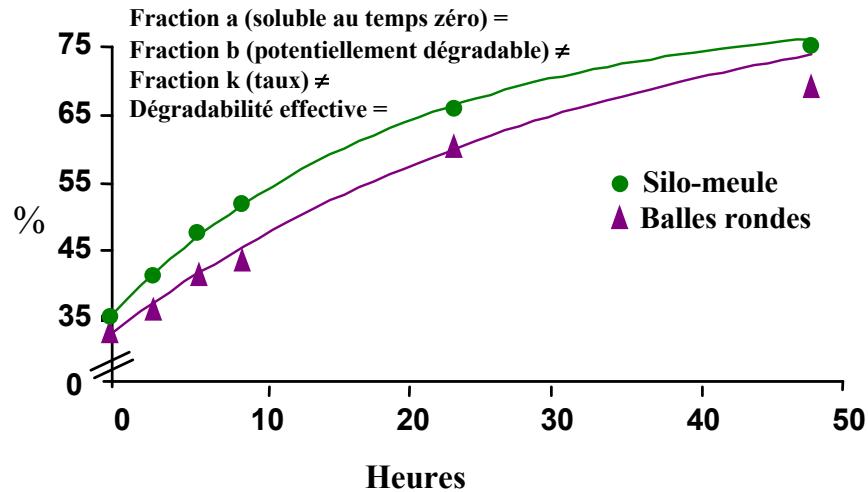


Figure 2. Dégradabilité dans le rumen de l'azote de l'ensilage d'herbe conservé en silo-meule ou en balles rondes. La dégradabilité effective est estimée avec un taux de passage théorique de 4% par heure.

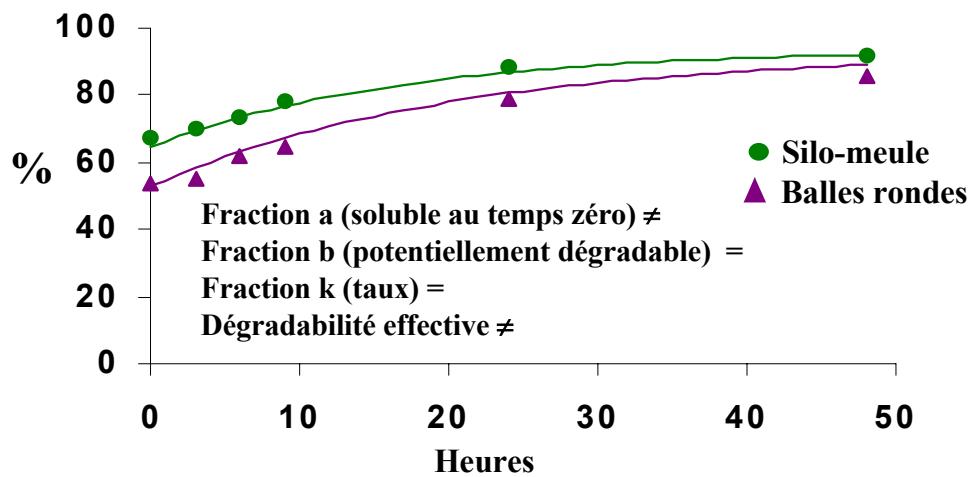


Figure 3. Dégradabilité dans le rumen de la fibre NDF de l'ensilage d'herbe conservé en silo-meule ou en balles rondes. La dégradabilité effective est estimée avec un taux de passage théorique de 4% par heure.

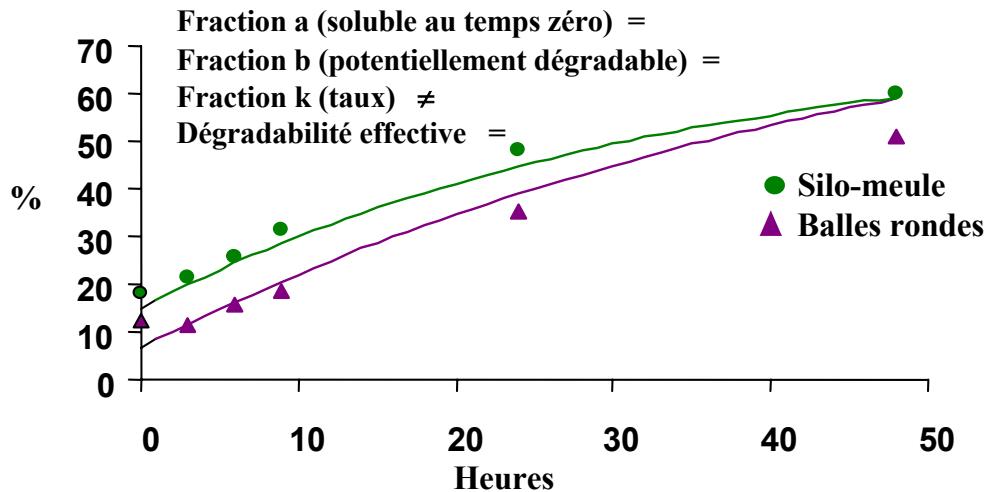
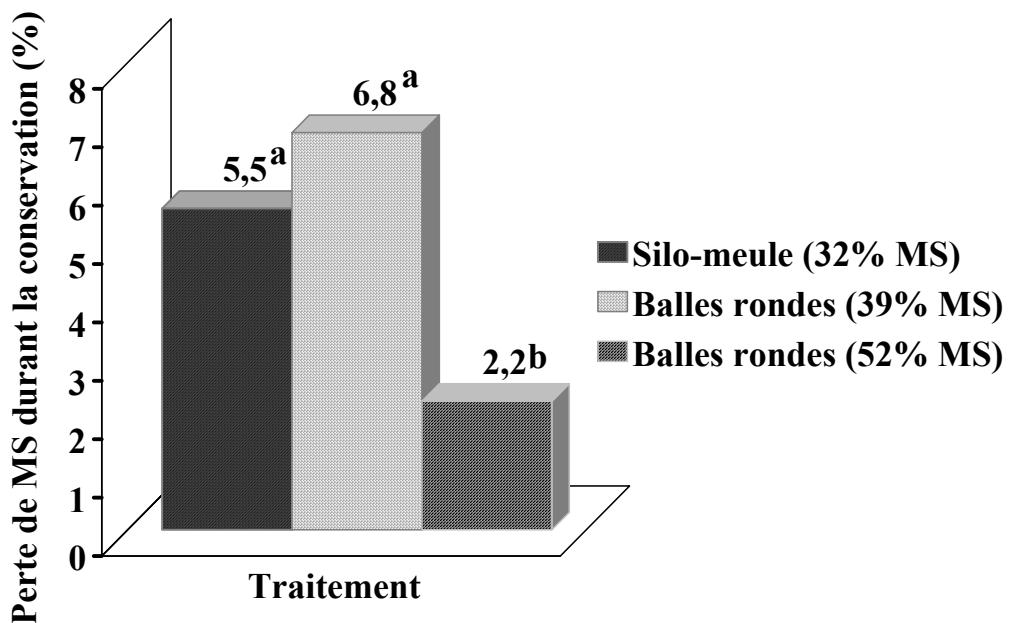


Figure 4. Perte de matière sèche durant la fermentation de l'ensilage d'herbe de silo-meule, de balles rondes humides ou de balles rondes préfanées.



Proportion de légumineuses dans les fourrages?

Des équations pour la calculer!

Guy Allard, Annie Brégard, Bruno Gosselin, et Doris Pellerin

Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Ste-Foy, Québec, G1K 7P4.

Tél: (418) 656-2131 poste 2706 Courriel: guy.allard@plg.ulaval.ca

La production de fourrage est une production majeure au Québec, avec une superficie en production équivalente à plus de 60 % des superficies cultivées. Le fourrage est l'élément de base de la ration des ruminants. Pour calculer les rations des bovins, la valeur énergétique des fourrages doit être déterminée. Au Québec les équations de prédiction de la valeur énergétique des fourrages de McQueen et Martin (1980) sont utilisées; elles permettent d'estimer les Énergies Nettes de lait, d'entretien et de gain. Selon la proportion de légumineuses présente dans le fourrage, différentes équations sont utilisées soit une pour chacun des trois types de fourrages suivants: moins de 33 %, entre 33 et 66 %, et plus de 66 % de légumineuses. Ainsi pour choisir la bonne équation de prédiction de la valeur énergétique des fourrages, il faut savoir dans quelle catégorie classer le fourrage testé. Actuellement la proportion de légumineuses est estimée selon les informations fournies par les producteurs dans sa demande d'analyse, ou encore à partir de l'aspect visuel de l'échantillon de fourrage. Ces méthodes sont généralement peu précises.

L'objectif de cette étude était de développer puis de valider des équations permettant de prédire la proportion de légumineuses en se basant sur les analyses biochimiques du fourrage. Pour ce faire, les données d'analyses biochimiques de 590 échantillons de foin ou d'ensilage de diverses légumineuses et graminées, rapportées dans 39 études scientifiques (dont celles de Gervais 1991 et 1994), ont été regroupées dans une base de données. Puis, à partir de ces données, des équations de prédiction ont été élaborées par une méthode mathématique dite incrémentale (stepwise de SAS).

Les équations de prédiction suivantes ont été élaborées :

$$(1) \% \text{ lég.} = 4,635 \text{ ADF} - 5,527 \text{ NDF} + 184,224 \quad (R^2 = 0,79);$$

$$(2) \% \text{ lég.} = 119,265 \text{ PB/ADF} + 352,415 \text{ ADF/NDF} - 238,685 \quad (R^2 = 0,77);$$

$$(3) \% \text{ lég.} = 3310,654 \text{ Ca/NDF} - 54,543 \text{ PB/ADF} + 4,765 \quad (R^2 = 0,81);$$

où les valeurs d'analyses sont exprimées en pourcentage de la matière sèche pour les caractéristiques suivantes : ADF, fibres au détergent acide; NDF, fibres au détergent neutre; PB, protéine brute; Ca, calcium.

Par la suite, la validation de ces équations a été effectuée en utilisant les analyses biochimiques de mélanges fourragers : 1- issues d'une étude de Lévesque (1998); et 2- faites sur des mélanges fourragers reconstitués artificiellement à partir de foin de fléole des prés et de foin de luzerne.

De façon générale, pour de mêmes valeurs d'ADF, les valeurs de NDF des graminées sont plus élevées que celles des légumineuses. À l'inverse les valeurs de PB et de Ca des graminées sont généralement plus basses que celles associées aux légumineuses pour des valeurs d'ADF comparables. Ceci explique pourquoi ces quatre caractéristiques biochimiques se retrouvent dans nos équations de prédiction. Les proportions de légumineuses prédites (valeurs prédites) par

chacune des trois équations sont très corrélées et très proches des valeurs connues (valeurs observées) tel que présenté sur la figure 1.

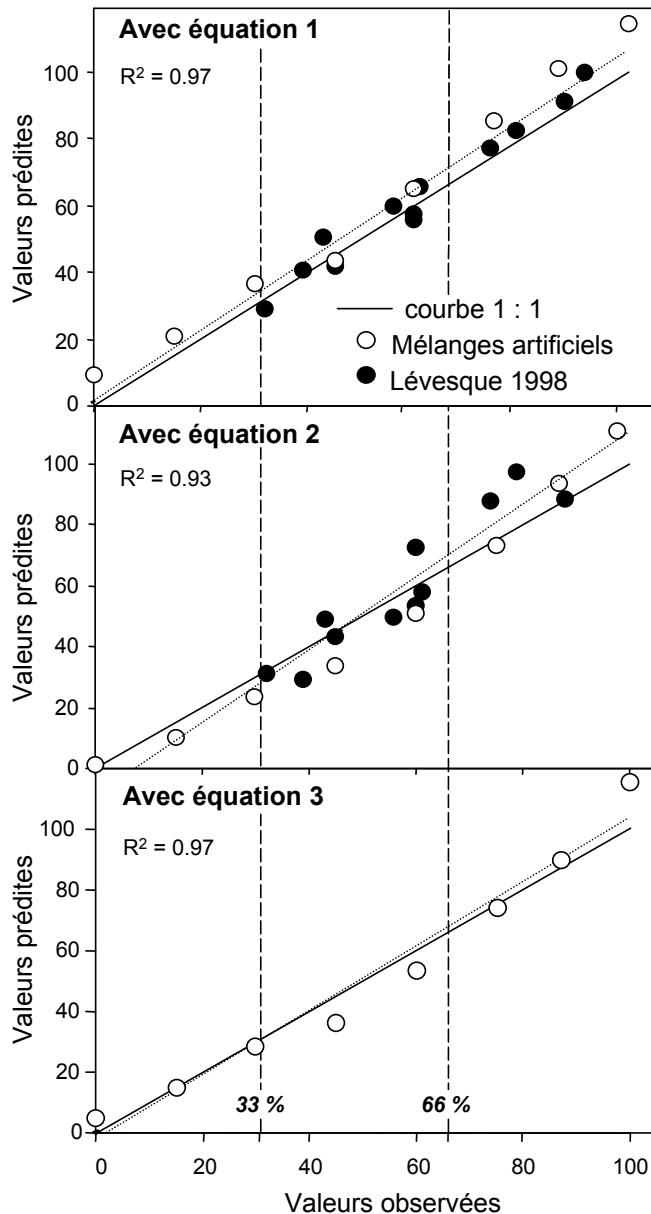


Figure 1. Valeurs prédictes en fonction des valeurs observées de pourcentages de légumineuses dans des échantillons de fourrage en utilisant trois équations de prédiction basées sur les caractéristiques biochimiques des plantes.

Bien que la première équation soit associée à des R^2 (0,79 et 0,97) plus élevés, la deuxième équation (R^2 de 0,77 et 0,93) pourrait s'avérer plus robuste d'utilisation en situation générale non seulement parce qu'elle tient compte des valeurs de PB en plus des valeurs d'ADF et de NDF, mais également parce qu'elle fait appel au ratio ADF/NDF, une valeur plus discriminante entre les graminées et les légumineuses que les valeurs d'ADF et de NDF prises séparément. En ce qui concerne la troisième équation qui prend en compte le Ca, celle-ci fournit une très bonne

précision (R^2 de 0,81 et 0,97). Toutefois deux éléments limitent son utilisation : premièrement le Ca n'est pas analysé de façon routinière en laboratoire (et l'analyse par le proche infra-rouge du Ca manque de précision comparativement aux analyses pour les PB, ADF et NDF) et deuxièmement, les teneurs en Ca des légumineuses sont très variables en fonction des conditions environnementales et des sols. Comme notre banque de données comprend des valeurs de Ca variant entre 1,25 et 1,85 %, il faut s'assurer de respecter ces limites sinon il y aura sousévaluation ou surévaluation des proportions de légumineuses avec des valeurs de Ca inférieures ou supérieures, respectivement.

Les trois équations proposées prédisent la proportion de légumineuses avec suffisamment de justesse pour classer les fourrages selon les trois catégories : moins de 33 %, entre 33 et 66 %, et plus de 66 % de légumineuses. Puisque actuellement lors d'une analyse de fourrage pour le bétail les composantes en PB et ADF sont évaluées et que, de plus en plus, le NDF est demandé (et réalisable avec une bonne précision à l'aide de l'infra-rouge), nous suggérons de privilégier l'utilisation des proportions de légumineuses fournies par les équations présentées ici plutôt que d'utiliser les informations rapportées sur les formulaires de demande d'analyses remplies par les producteurs. Ces valeurs plus précises des proportions de légumineuses permettront d'utiliser les équations appropriées pour la prédiction de l'énergie des fourrages et ainsi favoriser la formulation de ration alimentaire plus adéquate pour les bovins.

Références :

- Gervais, P. 1991.** Composition morphologique et chimique, à trois stades de croissance, de certains cultivars de quatre graminées fourragères pérennes cultivés au Québec. Bulletin technique no. 16, Conseil des Productions Végétales du Québec, pp. 235.
- Gervais, P. 1994.** Composition chimique, à trois stades de croissance, de certains cultivars de légumineuses fourragères pérennes cultivés au Québec. Bulletin technique no. 20, Conseil des Productions Végétales du Québec, pp. 156.
- Lévesque, P. 1996.** Comparaison de l'influence du chiendent (*Elytrigia repens* (L.) Nevski) et de la fléole des prés (*Phleum pratense* L.) sur la qualité fourragère de la luzerne (*Medicago sativa* L.) à l'aide de la spectroscopie dans le proche infra-rouge. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Sainte-Foy, Québec. 72 pp.
- McQueen, R. et J.P. Martin. 1980.** Laboratory evaluation of nutritional quality of forage. *Ad hoc Committee of the ruminant nutrition subcommittee of the expert committee on animal nutrition, Canada committee on animal production services*, April 1980.

Effet des espacements entre les rangs, des doses de semis et d'azote sur le rendement du millet perlé

Réal Michaud¹, Marie-Claude Pépin¹
Om P. Dangi² et R. Sritharan²

¹Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures / Ste-Foy - Normandin,
2560 boul. Hochelaga, Ste-Foy, Qué. G1V 2J3

²Agriculture and Environment Renewal Canada Inc, 225-250 B Greenbank Road , Nepean, Ont. K2H 8X4

Le millet perlé (*Pennisetum glaucum*) est une espèce annuelle qui aime les climats chauds et qui résiste bien à la sécheresse. Cette espèce généralement cultivée sur plus de 250 000 ha dans la partie sud-est des États-Unis, a été introduite à petite échelle au Québec au cours des dernières années avec des succès très variables. Certains hybrides ont été développés pour l'est du Canada par Agriculture Environment Renewal Canada (AERC) mais l'adaptation de ces hybrides et de toute l'espèce aux conditions pédoclimatiques de notre région est peu connue. Tout comme le sorgho, le millet perlé est utilisé comme plante de secours lorsque les légumineuses sont endommagées par l'hiver et que l'on entrevoit une rareté de fourrage. C'est une espèce dont la valeur nutritive est très bonne et qui, contrairement au sorgho, ne contient aucun élément toxique aux animaux. L'objectif général de cette étude était de développer un système de gestion approprié pour cette espèce. Les objectifs plus spécifiques étaient de définir les conditions de semis (doses de semis et espacements entre les rangs) et les doses optimales de fertilisation azotée (doses et temps d'application).

Deux essais ont été implantés au printemps 2000 à deux sites soit Princeville et St-Joseph-de-Lévis sur des loams sableux. Pour l'essai I, deux écartements (18 et 36 cm entre les rangs) et 6 doses de semis (5, 10, 15, 20, 25 et 30 kg/ha) ont été comparés en factoriel sous deux doses d'azote soit 50 (25 en post-levée - 3 semaines après semis /25 après la première coupe) et 100 (50/50) kg de N par ha, et comprenant quatre répétitions. L'essai a été fertilisé en présemis à raison de 336 kg/ha de 5-20-20 à Lévis et de 175 kg/ha de 10-20-30 à Princeville. Une première coupe a été effectuée lorsque les plantes ont atteint en moyenne 70 cm de hauteur ou approximativement 7-8 semaines après le semis. Une seconde coupe a été effectuée environ 6 semaines plus tard. Chaque parcelle a été coupée à environ 10 cm du sol. Pour l'essai II, deux espacements (18 et 36 cm entre les rangs), 1 dose de semis (12 kg/ha) et 8 doses de N (0, 50, 100, 150, 25 en post-levée - 3 semaines après semis /25 après la 1ère coupe, 50/50, 75/75 et 100/100 kg/ha) ont été évalués en factoriel selon un dispositif en blocs aléatoires complets comprenant quatre répétitions. Les fertilisations de base et la gestion de coupe ont été les mêmes que celles de l'essai I. Les semis ont été effectués les 1-2 juin à Lévis et les 5-6 juin à Princeville.

Les rendements de matière sèche ont été plus élevés à Lévis qu'à Princeville, site où le sol est resté passablement humide durant tout l'été. Les doses de semis ont eu un effet hautement significatif sur la densité du peuplement (Tableau 1). Le nombre de plantes/m² a augmenté de façon linéaire avec l'accroissement des doses de semis. La hauteur des plantes a été peu affectée par la dose de semis. Seule la dose de 5 kg/ha a donné des plantes un peu plus courtes. Les doses de semis ont affecté significativement les rendements (Tableau 2). La dose de semis optimale serait de 15 à 20 kg/ha. Les doses supérieures à 20 kg/ha n'ont pas contribué à accroître les rendements. Les espacements entre les rangs ont un effet marqué sur la densité de peuplement exprimée en plantes/m². Un espacement de 18 cm entre les rangs a donné environ 50 % plus de plantes/m². Les rendements obtenus avec des

espacements de 18 cm ont été généralement supérieurs à ceux obtenus avec des espacements de 36 cm entre les rangs. Les effets des doses de semis ont été beaucoup plus marqués pour les espacements de 18 cm que pour ceux de 36 cm du moins pour le site de Princeville.

Les doses d'azote ont un effet significatif sur les rendements en matière sèche (Tableau 5). Une dose de 50 kg/ha de N appliquée après le semis a donné des rendements significativement supérieurs à ceux obtenus en absence de fertilisation azotée. Cependant une seule application soit le traitement 50/0 a donné des rendements égaux et même supérieurs à une application 25/25 (25 en post-levée - 3 semaines après semis /25 après la première coupe). Ces résultats confirment ceux obtenus lors d'un essai similaire réalisé en 1999. Le traitement 50/50 a fourni des rendements égaux à ceux du traitement 100/0. Ces résultats confirment également ceux obtenus l'an dernier à savoir que l'azote appliquée une seule fois en début de croissance donne d'aussi bons sinon de meilleurs rendements que ceux obtenus suite à une application fractionnée, du moins pour les doses sous expérimentation. La dose 75/75 a donné des résultats intermédiaires entre 50/50 et 100/100. Ce dernier traitement a fourni les meilleurs rendements totaux et ceux-ci étaient significativement supérieurs à ceux obtenus avec le traitement 50/50.

Le millet perlé est une espèce peu connue. Des données additionnelles seront nécessaires pour confirmer de façon définitive les recommandations suivantes car jusqu'ici les résultats ont variés d'une année à l'autre et d'un site à l'autre. Toutefois, les résultats de cette expérience indiquent que pour le millet perlé, la dose de semis devrait varier entre 15-20 kg/ha et il devrait être ensemencé dans des rangs espacés d'environ 18 cm. Une fertilisation azotée minimale de 50 kg/ha serait recommandée et celle-ci pourrait être fournie en une seule application.

Tableau 1. Effet des doses de semis sur la densité (nombre de plantes / m²) mesurée à deux sites en 2000.

Doses de semis (kg/ha)	Lévis		Princeville	
30	101	a	104	a
25	82	b	98	a
20	64	c	80	b
15	54	c	59	c
10	41	d	46	d
5	25	e	27	e

Tableau 2. Effet des doses de semis sur les rendements en matière sèche (kg/ha) mesuré à deux sites en 2000 (deux coupes à chaque site).

Doses de semis (kg/ha)	Lévis		Princeville	
30	7078	a	4120	a
25	6767	ab	4070	a
20	6790	ab	4037	a
15	6379	b	3698	b
10	5648	c	3225	c
5	5359	c	2769	d

Tableau 3. Effet des espacements entre les rangs sur la densité de peuplement (nombre de plantes / m²) mesurée à deux sites en 2000.

Espacement (cm)	Lévis		Princeville	
18	74	a	81	a
36	49	b	57	b

Tableau 4. Effet des espacements entre les rangs sur les rendements en matière sèche (kg/ha) mesuré à deux sites en 2000 (deux coupes à chaque site).

Espacement (cm)	Lévis		Princeville	
18	6445	a	3900	a
36	6228	a	3407	b

Tableau 5. Effets des doses d'azote sur les rendements en matière sèche (kg/ha) de chaque coupe mesurés à deux sites en 2000.

Rendement coupe 1

Dose de N	Lévis		Princeville	
0/0	2583	d	588	b
50/0	3061	c	1401	a
100/0	3341	abc	1578	a
150/0	3653	a	1272	a
25/25	3001	c	723	b
50/50	3158	bc	1219	a
75/75	3164	bc	1446	a
100/100	3516	ab	1487	a

Rendement coupe 2

Dose de N	Lévis		Princeville	
0/0	2854	d	880	c
50/0	3358	bcd	1359	b
100/0	3647	abc	1653	b
150/0	3189	cd	2308	a
25/25	3673	abc	1605	b
50/50	3829	ab	2298	a
75/75	4012	a	2258	a
100/100	4094	a	2509	a

Rendement total

Dose de N	Lévis		Princeville	
0/0	5437	d	1468	f
50/0	6419	c	2760	d
100/0	6987	bc	3231	c
150/0	6842	bc	3580	bc
25/25	6674	bc	2328	e
50/50	6987	bc	3517	bc
75/75	7176	ab	3704	ab
100/100	7609	a	3996	a

Effet des récoltes tardives sur le rendement et la qualité de huit hybrides de maïs fourrager en régions à faibles unités thermiques-maïs.

Raynald Drapeau, Gaëtan Tremblay, Gilles Bélanger et Réal Michaud.

Agriculture et agroalimentaire Canada, Centre de recherche sur les sols et les grandes cultures, Normandin, Sainte-Foy (Québec). Courriel: drapeaud@em.agr.ca

La production de maïs fourrager dans le Moyen-Nord du Québec est gênée par une courte saison de croissance. White et al. (1976) recommandaient pour les Provinces Maritimes que le maïs fourrager soit récolté un peu avant ou dans les jours suivant le gel pour obtenir le rendement maximum et une bonne qualité. Dans les régions à faibles teneurs en unités thermiques maïs, il faut normalement attendre au-delà de la première semaine d'octobre pour obtenir la teneur en matière sèche (**MS**) qui permet une bonne conservation et évite le suintement des silos (30-35% MS). L'objectif de cette étude était de quantifier les effets négatifs éventuels des récoltes tardives sur le rendement en MS et sur la qualité de huit hybrides de maïs fourrager en régions à faibles unités thermiques-maïs.

Cette étude a été réalisée dans la région du Saguenay-Lac-St-Jean où la période de végétation est relativement courte, du début mai à la mi-septembre, alors que la saison sans gel dommageable varie de 101 à 137 jours. Les précipitations annuelles moyennes sont d'environ 92 cm et les pluies sont assez bien réparties au cours de la saison de croissance. L'accumulation moyenne de unités thermiques maïs dans la région du Saguenay-Lac-St-Jean est à la limite des exigences énergétiques des hybrides les plus hâtifs. Entre 1996 et 1999, par exemple, l'accumulation d'UTM à six sites représentatifs de cette région était en moyenne de 2284, variant entre 2007 et 2674 UTM.

Huit hybrides de maïs (Tableau 2) ont été implantés en parcelles à Normandin, St-Prime, Lac-à-la-Croix, St-Bruno, Deslisle, et Bagotville, et soumis à quatre périodes de récolte, et ce pendant 3 ans. Le dispositif expérimental a été en blocs partagés, répétés quatre fois, avec en grandes parcelles, les dates de récolte et en sous-parcelles, les hybrides. Les parcelles comprenaient un rang de 6 mètres, espacé de 75 cm avec 20 cm entre les plants. Un rang de protection a été ajouté entre chaque grande parcelle. Les semis ont été effectués du 23 au 28 mai en 1997, du 11 au 14 mai en 1998 et du 10 au 13 mai en 1999 à une profondeur d'environ 3.5 cm à l'aide de la canne à maïs. La fertilisation azotée a consisté en l'application de 130 à 150 kg N / ha, soit de 30-40 kg / ha au semis et 100-110 kg / ha 4 semaines après le semis. La fertilisation au phosphore et au potassium a été ajustée en fonction des analyses de sol. Les herbicides Banvel et Accent ont été utilisés lorsque nécessaire. La récolte initiale a été effectuée dans la première semaine d'octobre. Les 2^{ième}, 3^{ième} et 4^{ième} récoltes ont été effectuées en moyenne 10.7, 21 et 31 .4 jours après la première récolte.

Rendement

Le retard de la récolte a causé une diminution du rendement en MS et en épis du maïs fourrager (Tableau 1). Les rendements moyens en MS total et en épis à la première récolte étaient respectivement de 14.5 et 6.5 t / ha. Le rendement moyen en MS du fourrage a diminué de 34 kg MS / ha par jour après la première récolte alors que le rendement en épis a diminué de 3.5 kg MS / ha par jour. Les hybrides ont présenté des différences de rendement à la première date, mais il n'y avait pas d'interaction hybrides X date de récolte, de sorte que la diminution de rendement avec le retard de la récolte était similaire pour tous les hybrides.

Le rendement en MS fourrage, à la première date de récolte, a varié de 13.1 t MS / ha pour l'hybride G4011 à 16.2 t MS / ha pour l'hybride DK220, tandis que celui des épis a oscillé entre 5.6 t MS / ha pour G4017 et 7.4 t MS / ha pour DK220 (Tableau 2).

La contribution moyenne des épis au rendement à la première récolte était de 43.5 % (Tableau 1). Chaque jour additionnel de retard de la récolte s'est traduit par une augmentation de la contribution moyenne des épis au rendement; cette hausse a été estimée à 0.11 % par jour. Un effet significatif des hybrides sur la contribution des épis au rendement a été noté. A la première récolte, la contribution des épis au rendement a varié de 38.3 % pour l'hybride G4017 à 48.0 % pour l'hybride DK183 (Tableau 2).

Valeur nutritive du fourrage

La teneur en MS moyenne à la première récolte était de 30.6 %. Le retard de la récolte à l'automne a causé une augmentation la teneur en MS du fourrage; elle a augmenté de 0.51 % par jour additionnel après la première récolte (Tableau 1). L'hybride a eu également un effet significatif sur la teneur en MS à la récolte. A la première récolte, la teneur moyenne en MS a varié de 28.0 % pour Maximilk à 32.8 % pour DK183 (Tableau 2).

En règle générale, le retard de la récolte à l'automne et les hybrides utilisés ont eu un effet significatif sur l'ensemble des facteurs de qualité considérés. La teneur moyenne en protéines brutes (**PB**) à la première récolte était de 8.5 %. Elle a diminué avec un retard de la récolte de 11 jours, après quoi elle est demeurée stable (Tableau 1). L'hybride G4017 a présenté la plus haute valeur pour la teneur en PB à la première récolte (Tableau 2).

Le retard de la récolte à l'automne a causé une augmentation des concentrations en fibres ADF et NDF. Les valeurs moyennes à la première récolte étaient de 24.4% pour la fibre ADF et 46.9 % pour la fibre NDF. La fibre ADF augmentait par la suite de 0.037 % par jour alors que la fibre NDF augmentait de 0.067 % par jour (Tableau 1). L'effet des hybrides a été significatif tant pour la fibre ADF que pour la fibre NDF. A la première récolte, la teneur moyenne en fibre ADF a varié de 23.3 % pour l'hybride DK183 à 25.7 % pour l'hybride Maximilk. Quant à la teneur moyenne en fibre NDF, elle a oscillé entre 45.3 % pour l'hybride DK191 et 48.8 % pour l'hybride Maximilk (Tableau 2).

La teneur moyenne en sucres solubles à la première récolte était de 11.0 % et elle a diminué avec le retard de la récolte au taux de 0.19 % par jour cumulé après la première récolte (Tableau 1). Un effet significatif des hybrides a été enregistré. Ainsi, la teneur moyenne en sucres solubles à la première a varié de 9.7 % pour l'hybride DK183 à 12.0 % pour l'hybride G4017 (Tableau 2).

Le retard de la récolte à l'automne a causé une diminution de la digestibilité de la MS. La digestibilité de la MS était de 86.9% à la première récolte et elle a diminué par la suite de 0.036 % par jour (Tableau 1). Un effet significatif des hybrides a été observé. La digestibilité moyenne de la MS a varié de 85.3 % pour l'hybride Maximilk à 86.8 % pour l'hybride DK191 (Tableau 2).

Il n'y a pas eu d'effet significatif du retard de la récolte sur la digestibilité de la fibre NDF. La digestibilité moyenne de la fibre NDF à la première récolte était de 71.5 % (Tableau 1). La digestibilité de la fibre NDF variait par contre entre les hybrides, passant en moyenne de 70.6% pour G4011 à 72.5 pour G4017 (Tableau 2).

Conclusion

Dans cette étude réalisée au Saguenay-Lac-St-Jean, le retard de la récolte s'est traduit par une augmentation de la teneur en matière sèche du fourrage, une baisse significative du rendement total en matière sèche et une baisse significative, quoique légère, de la valeur nutritive du maïs fourrager. La teneur en sucres solubles est le paramètre de qualité qui a diminué le plus avec le retard de la récolte. Les hybrides DK220, DK221 et G4066 ont eu un rendement supérieur et une qualité de fourrage comparable aux autres.

Référence

White, R.P., Winter, K.A., et Kunelius, H.T. 1976. Yield and quality of silage corn as affected by frost and harvest dates. *Can. J. Plant Sci.* 56: 481-486.

Tableau 1. Effet d'un délai de la récolte sur le rendement et la qualité du fourrage de maïs^z

Nombre de jours après la 1 ^{ière} récolte ^y	0	11	21	31	SEM ^x
Rendement total (t MS / ha)	14.5	13.7	13.4	13.0	0.14
Rendement en épis (t MS / ha)	6.5	6.2	6.2	6.1	0.07
Proportion d'épis (%)	43.5	43.8	44.5	45.2	0.59
Matière Sèche (MS, %)	30.6	37.7	41.5	46.1	0.78
Protéine Brute (% de la MS)	8.5	8.2	8.3	8.3	0.06
ADF (% de la MS)	24.4	24.8	25.3	25.9	0.29
NDF (% de la MS)	46.9	47.9	48.8	49.6	0.04
Sucres solubles (% de la MS)	11.0	8.5	6.7	5.7	0.03
Digestibilité in vitro de la MS (%)	86.2	85.8	85.5	85.2	0.17
Digestibilité in vitro de la fibre NDF (%)	71.5	71.5	71.3	70.9	0.24

^zMoyennes de 8 hybrides répétés 4 fois sur 6 sites pendant 3 années.^yLa première récolte était réalisée après une première gelée, soit en général au cours de la première semaine d'octobre.^xSEM = "Standard error of the mean", Erreur-type ou écart-type de la moyenne.**Tableau 2.** Rendement et qualité du fourrage des 8 hybrides de maïs à la première date de récolte^z

Hybrides UTM	DK220	DK221	G4066	MaxiMilk	DK183	G4017	DK191	G4011	SEM ^y
	2250	2300	2400	2300	2150	2200	2225	2200	
Rendement total (t MS / ha)	16.2	15.8	15.3	14.2	14.0	14.0	13.7	13.1	0.29
Rendement en épis (t MS / ha)	7.4	7.2	6.5	6.1	6.9	5.6	6.6	6.0	0.19
Proportion d'épis (%)	44.1	43.7	40.6	41.9	48.0	38.3	46.7	44.3	1.14
Matière Sèche (MS, %)	31.3	31.4	28.8	28.0	32.8	29.2	32.3	31.2	0.91
Protéine Brute (% de la MS)	8.3	8.2	8.6	8.7	8.4	8.9	8.3	8.5	0.09
ADF (% de la MS)	23.9	24.3	24.8	25.7	23.3	24.7	23.5	24.9	0.37
NDF (% de la MS)	46.0	46.7	47.5	48.8	45.4	48.1	45.3	47.1	0.51
Sucres solubles (% de la MS)	10.7	10.6	11.5	11.6	9.7	12.0	10.2	11.2	0.39
Digestibilité in vitro de la MS (%)	86.6	86.2	86.0	85.3	86.7	86.4	86.8	85.7	0.02
Digestibilité in vitro de la fibre NDF (%)	71.7	71.9	70.8	70.8	71.6	72.5	72.0	70.6	0.03

^zMoyennes de 4 répétitions sur 6 sites pendant 3 années. La première récolte était effectuée après une première gelée, soit en général au cours de la première semaine d'octobre.^ySEM = "Standard error of the mean", Erreur-type ou écart-type de la moyenne.

Effet de l'avoine comme plante-abri sur le rendement et la qualité fourragère de la luzerne.

Jay Hackney et Dennis Callaghan
PICKSEED CANADA INC.

Sommaire

Nous avons évalué l'effet de semer la luzerne avec plante-abri sur le rendement l'année du semis et l'année suivant le semis. Des semis ont été effectués en 1999 et 2000 chez PICKSEED à Lindsay, Ontario. Nous avons comparé le rendement en fourrage, la qualité fourragère (%PB protéines brutes, ADF digestibilité ADF, NDF digestibilité NDF, VAR valeur alimentaire relative) et le rendement en lait à l'acre (selon le modèle Milk90 de l'Université du Wisconsin). L'emploi de plante-abri permet d'augmenter le rendement en fourrage l'année du semis mais le fourrage produit est de moindre qualité. Le cultivar PS2065MF (amélioré pour la qualité fourragère) en semis pur a donné moins de rendement fourrager mais un meilleur rendement potentiel de lait.

Avant-propos

L'implantation au printemps de la luzerne se fait le plus souvent avec plante-abri. Le rendement avec plante-abri, que ce soit récolté comme ensilage ou pour le grain est normalement plus élevé que le rendement sans plante-abri. Par contre, les plantes-abri sont des compétiteurs à la luzerne aussi bien que des protecteurs, et il est normal de constater une certaine réduction de la population et du rendement de luzerne. Cette réduction est évidente l'année du semis et même celle qui suit. Genest et Steppeler (1973, Can J. Pl. Sci. 53: 285-290) ont observé une réduction de rendement en luzerne de 20% causé par l'avoine comme plante-abri prélevée à maturité, pour l'année suivant le semis.

Pour les cultivars de luzerne à haute qualité fourragère, la question se pose; dans quelle mesure est-ce que la perte de rendement est compensée par cette qualité fourragère (valeur alimentaire relative plus élevée)?

Matériel et Méthodes

L'essai était implanté le première semaine de mai en 1999 et en 2000 au Centre de recherches en plantes fourragères de la compagnie PICKSEED CANADA, à Lindsay en Ontario (44°22', N 78°75' W). Les traitements expérimentaux sont organisés dans un design factoriel avec cultivars de luzerne à trois niveaux et façons culturales à trois niveaux, disposé dans quatre répétitions en blocs complets aléatoires. Trois cultivars de luzerne ont été évalués, soit PICKSEED 2065MF, PICKSEED 8920MF et Able

(PICKSEED CANADA INC). Le cultivar 2065MF est enregistré depuis 2000. C'est un cultivar avec un haut potentiel de rendement et des caractères qu'on associe avec des cultivars à dormance à l'automne tardive (ca.4), regain excellente, bonne croissance tôt le printemps et à l'automne, mais qui donne une persistance et survie à l'hiver qu'on associe plutôt avec une dormance hâtive (ca. 2). Ce cultivar est amélioré pour la qualité fourragère et il a une forte expression de feuilles multifoliolées. Le cultivar 8920MF est le premier cultivar multifoliolé de meilleur qualité fourragère à paraître sur le marché canadien (enregistré en 1991). Il combine la qualité fourragère avec une dormance hâtive et une bonne persistance. Le cultivar Able est trifoliolée, avec une dormance mi-hâtive. Le cultivar Able contient 6% de plantes à racines traçante, est très persistant, mais n'a pas été amélioré pour la qualité fourragère.

Les trois façons culturales étaient (1) semis pur de luzerne, (2) semis de luzerne plus avoine comme plante-abri récoltée comme ensilage vert au stade début épiaison (3) semis de luzerne plus avoine récolté pour le grain (stade grain mur). Le taux de semis pour le luzerne est de 13 kg/ha et pour l'avoine (cultivar AC Rigodon) est 100 kg/ha. L'herbicide Poast a été appliqué sur les parcelles de semis pur.

En 1999, la date de semis était le 5 mai et en 2000, c'était le 7 mai. Les parcelles ont été récoltées le 17 juillet en 1999. Le semis 1999 était récolté le 17 juillet en 1999 et le 24 mai, 20 juillet et le 6 septembre en 2000. Le semis 2000 était récolté le 20 juillet. Nous avons prélevé un échantillon de fourrage dans chaque parcelle et pour chaque coupe pour l'analyse de qualité fourragère. L'échantillon était coupé manuellement sur une longueur de 1.0 m sur deux rangées et séché immédiatement par air forcé à 30°C pendant 3 jours avant d'être analysé par NIRS pour le pourcentage de protéines brutes (%CP), la digestibilité ADF, et la digestibilité NDF (indicateur d'ingestion potentiel). Nous avons employé le modèle 'Milk90' de l'Université du Wisconsin pour estimer le rendement en lait en livres à l'acre pour chacun des traitements (W.T. Howard, D. Undersander and R.D. Shaver. 1990. Milk90: Calculating Forage Milk per Ton of Dry Matter and Per Acre. Dept. of Dairy Sci & Agronomy, University of Wisconsin-Madison, 10/12/90).

Résultats

Rendement l'année du semis

Le rendement (kg/ha 100% matière sèche) en luzerne plus avoine récolté comme ensilage était beaucoup supérieur au rendement de luzerne en semis pur, et ceci pour les deux années de l'expérience. Le rendement moyen sur les deux années était 6502.9 kg/ha pour la récolte ensilage versus 2972.5 kg/ha pour le semis pur. L'effet de la méthode culturale était significatif ainsi que l'effet cultivar (Tableau 1).

Tableau 1. Effet de l'avoine comme plante-abri sur le Rendement de luzerne

Semis 1999 et 2000

Rendement fourragère l'année du semis

	Moyenne 99-00	Rendement		
	Rendement	1999	2000	
	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha
Able pur foin	2860.8	100.0	2211.6	3509.9
PS2065MF pur foin	3153.8	110.2	2448.2	3859.3
PS8920MF pur foin	2902.8	101.5	2311.6	3494.1
Able+avoine ensilage	6464.7	226.0	5539.7	7389.6
PS2065MF+avoine ensilage	6671.5	233.2	5760.1	7583.0
PS8920MF +avoine ensilage	6372.5	222.8	5375.6	7369.4
Moyenne pur foin	2972.5	100.0	2323.8	3621.1
Moyenne ensilage	6502.9	218.8	5558.5	7447.3
Moyenne PS2065MF	4912.7	105.4	4104.2	5721.2
Moyenne PS8920MF	4637.7	99.5	3843.6	5431.7
Moyenne Able	4662.7	100.0	3875.7	5449.8

Qualité fourragère l'année du semis

La qualité fourragère de la luzerne pure était supérieur à celle de la récolte ensilage (Tableau 2, p<0.05). La teneur en protéines brutes (%PB) était 26% plus élevée pour la luzerne pure, la digestibilité et l'ingestion potentiel étaient meilleurs et la valeur alimentaire relative était 205.7% plus élevée. Donc le rendement potentiel en lait pour le cultivar PS2065MF était le plus élevé parmi les traitements avec 10,192 livres/acre versus 9,363 livres/acre, un avantage de 8.8% (p<0.05).

Tableau 2. Effet de l'avoine comme plante-abri sur le rendement en lait de luzerne

Semis 1999 et 2000

Qualité fourragère l'année du semis

	PB (%)	ADF (%)	NDF (%)	VRA	Rendement		
					%Able+	en Lait livres/ac	%Able+
Able pur foin	19.7	21.9	29.2	225.6	212.4	9534	114.4
PS2065MF pur foin	19.2	20.5	27.7	242.0	227.8	10192	122.3
PS8920MF pur foin	19.5	21.9	29.0	226.5	213.3	9105	109.3
Able+avoine ensilage	14.7	39.9	50.4	106.2	100.0	8331	100.0
PS2065MF+avoine ensilage	16.2	37.4	47.4	117.6	110.7	9363	112.4
PS8920MF +avoine ensilage	15.6	38.2	48.3	113.7	107.1	8386	100.7
Moyenne pur foin	19.5	21.4	28.6	231.3	205.7	9610	110.5
Moyenne ensilage	15.5	38.5	48.7	112.5	100.0	8693	100.0
Moyenne PS2065MF	17.7	28.9	37.5	179.8	108.4	9777	109.5
Moyenne PS8920MF	17.5	30.1	38.7	170.1	102.5	8746	97.9
Moyenne Able	17.2	30.9	39.8	165.9	100.0	8933	100.0

PB: protéines brutes; ADF: digestibilité du fibre ADF

NDF: digestibilité du fibre NDF; VRA: Valeur alimentaire relative

Rendement et qualité en première année de production

Le rendement en fourrage en première année de production était 15.4% de plus en moyenne pour la luzerne en semis pur que les parcelles semées avec avoine récolté pour le grain. Le rendement en semis pur a dépassé de 8.7% le rendement de luzerne semée avec avoine récoltée comme ensilage. Les effets des traitements culturaux et des variétés étaient significatifs ($p<0.05$) en ce qui concerne le rendement. Les différences en PB, ADF, NDF et VAR étaient significatives pour les variétés, mais ces aspects de qualité fourragère n'étaient pas influencés par les traitements culturaux. Le rendement en lait à l'acre était 15.9% supérieur pour la luzerne en semis pur que pour la luzerne semée avec avoine récoltée pour le grain, et 10.5% de plus que la luzerne avec avoine récoltée pour l'ensilage. Si on fait la comparaison entre la meilleure variété à haute qualité fourragère en semis pur, le PS2065MF, et le cultivar Able semé avec plante-abri récoltée pour le grain, on trouve un avantage en potentiel de lait à l'acre de 25.4%.

Tableau 3. Effet de l'avoine comme plante-abri sur Rendement de luzerne

Première année de production (2000): Rendement, qualité fourragère et rendement potentiel en lait à l'acre (modèle de l'Université du Wisconsin)

	Rendement						Rendement		
	TOTAL						en Lait		
	kg/ha	%chk	PB	ADF	NDF	VAR	%	livres/ac	%
Able pûr foin	9636.5	112.9	21.9	29.3	36.1	167.1	103.4	9534	117.3
PS2065MF pûr foin	10152.8	119.0	21.5	28.9	35.7	169.3	104.7	10192	125.4
PS8920MF pûr foin	9501.4	111.3	22.1	30.1	36.9	161.4	99.8	9105	112.0
Able+oat ensilage	8881.1	104.1	21.6	30.6	37.4	158.9	98.3	8331	102.5
PS2065MF+oat ensilage	9365.4	109.7	21.9	29.1	35.8	169.0	104.6	9363	115.2
PS8920MF +oat ensilage	8697.6	101.9	22.3	30.0	36.7	163.4	101.1	8386	103.2
Able+avoine grain	8535.0	100.0	22.0	30.3	36.9	161.7	100.0	8126	100.0
PS2065MF+avoine grain	8709.1	102.0	21.6	28.9	35.6	169.4	104.8	8773	108.0
PS8920MF+avoine grain	8136.4	95.3	22.6	29.6	36.3	166.4	102.9	7973	98.1
No. Coupes		3							
Moyenne pûr foin	9764	115.4	21.8	29.4	36.2	165.9	100.1	9610.5	115.9
Moyenne ensilage	8981	106.2	21.9	29.9	36.6	163.8	98.8	8693.4	104.9
Moyenne grain	8460	100.0	22.1	29.6	36.3	165.8	100.0	8290.8	100.0
Moyenne PS2065MF	9317	104.3	21.7	28.9	35.7	169.5	103.7	9442.5	109.0
Moyenne PS8920MF	8715	97.5	22.2	29.8	36.5	164.4	100.6	8488.3	98.0
Moyenne Able	8935	100.0	21.8	30.0	36.6	163.4	100.0	8663.8	100.0
CV		3.9		3.2	3.9	3.3	4.7		
lsd.05		502.4		1.0	1.7	1.7	11.1		
p>F(var)		0.000		0.074	0.016	0.023	0.035		
p>F(underseed)		0.000		0.732	0.404	0.425	0.4565		
p>F(interaction)		ns		ns	ns	ns	ns		

Conclusion

Semer la luzerne sans plante-abri a augmenté le rendement en fourrage l'année suivant le semis. Le rendement en fourrage l'année du semis était plus que le double avec avoine comme plante-abri que sans avoine, mais la qualité fourragère était beaucoup diminuée (VAR de 231.3 versus 112.5). Le cultivar PICKSEED 2065MF peut donner moins de fourrage l'année du semis que si il était semé avec plante-abri, mais compense par sa qualité fourragère en donnant plus de potentiel de lait.

DISPONIBILITÉ DE L'AZOTE POUR LES FOURRAGES À L'AIDE DES MEMBRANES D'ÉCHANGES ANIONIQUES

Noura Ziadi et Régis R. Simard

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560 boul. Hochelaga, Sainte-Foy (Québec) G1V 2J3.

Tél: (418) 657-7980, Fax: (418) 648-2402, Courriel: ziadin@em.agr.ca.

La disponibilité de l'azote (N) du sol est un facteur important en production fourragère. L'utilisation au champ des membranes d'échange anionique (AEMs) comme méthode d'analyse du N du sol peut être plus précise que les méthodes d'analyse de sol standards. L'objectif principal de cette étude était d'évaluer le potentiel des AEMs à mesurer la disponibilité des $\text{NO}_3\text{-N}$ pour les fourrages produits en Abitibi-Témiscamingue. En 1995 et 1996, les AEMs ont été enfouies (0-15 cm) dans le sol à quatre sites. Les traitements consistaient en cinq doses de NH_4NO_3 (0, 60, 120, 180 et 240 kg N ha^{-1}). À tous les sites, le NO_3^- adsorbé sur les AEMs a augmenté avec la dose d'engrais ajouté. Les nitrates sur les AEMs ($\text{NO}_{3\text{AEMs}}$) sont significativement corrélés à ceux du sol extraits à l'eau ($\text{NO}_{3\text{w}}$; R^2 varie de 0,35 à 0,98) dans les deux saisons de croissance. Le prélèvement en N est plus fortement corrélé au $\text{NO}_{3\text{AEMs}}$ qu'aux $\text{NO}_{3\text{w}}$. Le $\text{NO}_{3\text{AEMs}}$ a également mieux prédict le rendement relatif des fourrages ($R^2 = 0,60$) et la quantité d'engrais N économiquement optimale (Nop) ($R^2 = 0,45$) que le $\text{NO}_{3\text{w}}$ ($R^2 = 0,08$). Basé uniquement sur la relation entre le rendement relatif et la teneur du sol en nitrates au printemps, la teneur en $\text{NO}_{3\text{AEMs}}$ prédict mieux que les $\text{NO}_{3\text{w}}$ les besoins en N des fourrages produits sous ce climat continental frais. De plus, en se basant sur leur simplicité, leur rapidité et leur coût peu élevé, les AEMs sont plus avantageuses sur le plan pratique et supérieures en ce qui a trait à la prédition de la disponibilité de N que l'extraction à l'eau.

Le S influence-t-il la qualité des fourrages ?

Claude Lapierre, Régis Simard et Gilles Bélanger

Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures,
Agriculture et Agroalimentaire Canada.
2560 boul. Hochelaga, Sainte-Foy (Québec) G1V 2J3
Tél. : (418) 657-7980 Fax : (418) 648-2402 Courriel : lapierrec@em.agr.ca

Le soufre (S) est requis en assez grande quantité (10-50 kg S ha⁻¹) pour la croissance optimale des végétaux. En plus de jouer un rôle clé dans l'activation de l'enzyme *nitrate reductase* (Lamond 1997), le S entre dans la composition des acides aminés cystine, cystéine et méthionine, impliqués dans l'assemblage structural des protéines (Fismes et al. 2000). Les quantités de S et d'azote (N) assimilées par les plantes sont généralement proportionnelles à celles retrouvées dans les acides aminés et les protéines, suggérant que les besoins en S et N soient étroitement liés (Rendig et al. 1976). Un rapport N:S inadéquat dans les tissus de plantes peut compromettre la synthèse des protéines (Cassel et al. 1996; Sweeney et Moyer 1997) et ainsi, diminuer la qualité des fourrages.

Dans les sols, plus de 90% du S est sous forme organique et doit être oxydé en sulfate (SO₄²⁻) pour être disponible aux plantes (Lowe 1964). Selon Tabatabai et Al-Khafaji (1980), le taux de relâchement de SO₄²⁻ à partir de la matière organique du sol est généralement trop faible pour subvenir aux besoins des cultures. Au Québec, le problème de diminution de la matière organique des sols (Tabi et al. 1990), couplé à l'importante réduction des émissions de S d'origine industrielle (Environnement Canada, 1999) ainsi qu'à l'utilisation de fertilisants ne contenant pas de S, pourraient occasionner une baisse importante du S des sols disponible pour l'alimentation des végétaux. Des teneurs en S inférieures à 10 mg kg⁻¹, considérées comme restrictives pour la majorité des cultures, sont de plus en plus fréquentes dans les analyses de sol de la province (A. Brunelle, communication personnelle) et ailleurs dans l'Est du Canada (Gupta et Sanderson 1993).

Une étude est présentement en cours afin d'évaluer l'efficacité du SULF-N 45tm (sulfate d'ammonium) comme source d'azote et de soufre pour des cultures de maïs-grain, d'orge et de fourrages, cultivés sur des sols pauvres en soufre. Nous rapportons ici, les résultats obtenus lors de la première année d'essais effectués sur les plantes fourragères. Les essais ont été réalisés sur une luzernière nouvellement ensemencée sur une argile St-Urbain située à Ste-Rosalie, ainsi que sur une prairie de graminées dominée par le dactyle sur un loam sableux localisé à Ste-Perpétue dans la région de Nicolet. Les traitements consistaient en un taux d'application unique d'azote (110 kg N ha⁻¹) dont différentes proportions (0%, 25%, 50%, 75%, et 100%) étaient ajoutées sous forme de SULF-N 45tm. Des traitements où 100% de l'azote était appliqué sous forme d'urée utilisée seule ou sous forme de nitrate d'ammonium auquel était ajouté du gypse,

ont également été inclus. Les traitements ont été répétés quatre fois et disposés selon un dispositif en blocs aléatoires complets.

Les traitements n'ont eu que peu d'effet sur la teneur en fibre par détergent neutre (NDF), la fibre par détergent acide (ADF) et la valeur alimentaire relative (VAR) des fourrages. Bien que la teneur en azote des tissus ait été relativement constante entre les traitements, l'apport de SULF-N 45tm a induit une augmentation significative des teneurs en S. Les teneurs moyennes en S des tissus dans les traitements sans ou avec apport de S, ont été respectivement de 0.13% et 0.20% pour le dactyle et de 0.20% et 0.24% pour la luzerne. Ces différences de concentration en S des tissus a inévitablement eu une influence sur le rapport N :S. Dans certains cas et de façon plus marquée aux deux premières coupes de dactyle, le rapport N :S des tissus des fourrages n'ayant pas reçu de S a atteint des valeurs plus grandes que 16, suggérant que le S soit insuffisant pour la formation des protéines. L'apport de S sous forme de sulfate d'ammonium serait donc une alternative afin de diminuer le risque de produire des fourrages à faible contenu protéique.

Références

- Cassel, D.K., Kamprath, E.J., Simmons, F.W., 1996. Nitrogen-sulfur relationships in corn as affected by landscape attributes and tillage. Agron.J. 88 :133-140.
- Fimes, J., Vong, P.C., Gukert, A., Frossard, E., 2000. Influence of sulfur on apparent N-use efficiency, yield and quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown on a calcareous soil. European Journal of Agronomy 12 :127-141.
- Gupta, U.C., and Sanderson, J.B. 1993. Effect of sulfur, calcium and boron on tissue nutrient concentration on potato yield. J. Plant Nutrition 16 : 1013-1023
- Lamond, R.E. 1997. Sulphur in Kansas. Kansas State University agricultural experiment station and cooperative extension service. Crops and Soils 4-1 : 1-4.
- Lowe, L.E. 1964. An approach to the study of the sulfur status of soils ans its application to selected Quebec soils. Can. J. soil Sci. 44 : 176-179.
- Sweeney, D.W., Moyer, J.L., 1997. Sulfur source and placement effects on forage yield and quality of established tall fescue. Agron. J. 89 : 905-910.
- Tabatabai, M.A. and Al-Khafaji, A.A. 1980. Comparison of nitrogen and sulfur mineralization in soils. Soils Sci. Soc. Am. J. 44 : 1000-1006.
- Tabi, M., Tardif, L., Carrier, D., Laflamme, G., Rompré, M. 1990. Inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec, rapport synthèse. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Direction de la recherche et du développement, 71 p.

Effet de trois inoculants bactériens sur la qualité de conservation de la fléole des prés fertilisée avec du lisier de bovins ou du nitrate d'ammonium

André Amyot¹, Rodrigue Grégoire¹ et Denis Côté²

¹Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), 120-A, Chemin du Roy, Deschambault, Québec, G0A 1S0. Courriel: andre.amyot@irda.qc.ca; ²Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), 2700, rue Einstein, Sainte-Foy, G1P 3W8.

L'effet des engrains organiques sur la qualité des fourrages dépend de deux facteurs principaux, soit la quantité d'azote fournie et l'apport de micro-organismes. La fertilisation azotée à fortes doses influence la qualité des fourrages de différentes façons: diminution de la teneur en matière sèche et augmentation de la teneur en azote total, en azote soluble et en nitrates. Cependant seules de très fortes doses peuvent porter la teneur en nitrates au-dessus de 0,5% (Hnatyzyn et Guais, 1988).

La fertilisation azotée influence aussi la fermentation de l'ensilage : elle fait diminuer la teneur en sucres solubles des fourrages ce qui peut affecter négativement la fermentation (du moins dans les ensilages humides), d'autant plus que l'augmentation de la teneur en protéine brute contribue à augmenter le pouvoir tampon (Noller et Rhykerd, 1974). De plus la fertilisation azotée fait augmenter la quantité d'ammoniac formée pendant la fermentation. Finalement la teneur en nitrates des fourrages diminue pendant la fermentation, sauf dans les ensilages à plus de 50% de matière sèche (Spoelstra, 1996).

Un fumier non composté contient un grand nombre d'entérobactéries et de spores de Clostridium sp et de Bacillus sp, de sorte que l'épandage de fumier augmente le risque de contamination des cultures avec des micro-organismes non favorables à la fermentation de l'ensilage (Östling et Lindgren, 1991 ; Rammer et al, 1994). Selon Pahlow (1991) (cité par Davies et al (1996), l'application de lisier de bovins modifie aussi la population de bactéries lactiques, ce qui peut contribuer à favoriser une fermentation plus rapide au début.

Les travaux de Rammer et al (1994) semblent indiquer que l'application de lisier peut parfois donner un ensilage de meilleure qualité que le traitement avec des engrains minéraux ; cela semble se produire lorsque la teneur en sucres des fourrages ayant reçu du fumier est plus élevée que celle du fourrage fertilisé avec l'engrais minéral, suite à une moindre efficacité de l'engrais organique.

Toutes ces données démontrent que l'effet des applications de fumier dans les prairies sur la fermentation de l'ensilage dépend de plusieurs facteurs : type de fumier (teneur en azote, population de bactéries), méthode d'application, dose d'application, date d'application (délai entre l'application et la récolte), conditions de température pendant cette période (précipitations principalement), teneur en matière sèche des ensilages, méthode d'ensilage, utilisation d'additif, etc

Il y a eu peu de recherche pour évaluer l'efficacité des inoculants bactériens en fonction du mode de fertilisation des prairies et pour évaluer si les inoculants bactériens permettent de contrôler les effets adverses possibles de la fertilisation organique sur la qualité de l'ensilage. Dans les travaux de Rammer et al (1994), l'inoculation a eu une influence inconsistante sur la qualité des ensilages dans le cas d'une fertilisation avec du lisier et n'a rien rapporté dans le cas d'une fertilisation avec du fumier solide. Ils concluent que l'efficacité de l'inoculation peut être influencée par l'efficacité de la fertilisation puisqu'elle influence la teneur en sucres. De même Thomas (1997) rapporte que l'application de lisier de bovins (47 t/ha) a eu peu d'effet sur la qualité de l'ensilage de luzerne (34% M.S.) et conclut que la décision d'utiliser un inoculant devrait être basée sur d'autres facteurs que l'application de fumier.

Dans le cadre d'un projet de recherche multidisciplinaire réalisé au Centre de recherche en sciences animales de Deschambault, nous avons étudié les effets de différentes doses de lisier de bovins appliquées à une prairie de graminées. Ce projet comporte trois volets, soit l'effet des doses de lisier sur 1- l'efficacité fertilisante immédiate, 2- la qualité de conservation de l'ensilage et 3- la performance des

bouvillons. Dans la présente conférence nous présenterons une partie des résultats de l'expérience réalisée en 1998 dans le cadre du volet 2 de ce projet.

Il s'agit d'une expérience factorielle (fertilisation x additif) comportant les traitements fertilisants suivants :

- 1- Lisier de bovins (30 kg N / ha)
- 2- Lisier de bovins (60 kg N / ha)
- 3- Lisier de bovins (90 kg N / ha)
- 4- Nitrate d'ammonium (60 kg N / ha)
- 5- Témoin

Dans le cas des traitements 1, 2 et 3, la fraction liquide du lisier de bovins a été séparée de la fraction solide avec un séparateur à vis et a été appliquée le 12 mai 1998 dans des parcelles de fléole d'environ 0,5 ha avec un épandeur muni d'une rampe basse. Le fourrage a été récolté le 9 juin avec une fourragère conventionnelle et placé en silos de laboratoire de 10 cm de diamètre et 75 cm de longueur après avoir été traité avec l'un des additifs suivants :

- 1- Témoin,
- 2- Inoculant SIL-ALL (Alltech Inc), formule commercialisée en Europe et aux Etats-Unis, (bactéries lactiques), ci-après désigné inoculant S,
- 3- Inoculant BIOTAL PLUS (Biotal Inc), (bactéries lactiques et bactéries propioniques), ci-après désigné inoculant B,
- 4- Inoculant expérimental (Alltech Inc), (bactéries lactiques et bactéries *Bacillus pumilis*), ci-après désigné inoculant P.

Les 160 silos (5 traitements de fertilisation x 4 traitements avec des additifs x 2 durées d'entreposage x 4 répétitions) ont été ouverts après 30 jours ou 90 jours d'entreposage pour le suivi des paramètres de la fermentation et de la valeur nutritive. De plus un test de stabilité aérobie a été réalisé en plaçant environ 1,5 kg de fourrage dans des bacs de polystyrène d'une capacité de 7,5 litres pour une durée de 7 jours. Les critères utilisés pour évaluer la qualité de l'ensilage exposé à l'air ont été le pH et la présence de moisissures (échelle de 1 à 6).

Cette expérience a permis d'évaluer l'influence de différentes doses de la fraction liquide du lisier de bovins, appliquée avec une rampe basse, et de différents inoculants bactériens sur la qualité de conservation de l'ensilage de fléole réalisé en silos de laboratoire à environ 37% M.S. Les résultats obtenus supportent les conclusions suivantes :

A- Effets des traitements fertilisants

1- Fermentation

Les deux plus fortes doses de la fraction liquide du lisier de bovins (60 et 90 kg N / ha), appliquée à l'aide d'une rampe basse, tout comme la fertilisation avec le nitrate d'ammonium (60 kg N / ha), donnent un fourrage avec une teneur en sucres solubles inférieure à celle du témoin non fertilisé lors de la récolte et qui libère moins de sucres solubles pendant la fermentation. Ces fourrages, à l'exception de celui fertilisé avec la plus forte dose de lisier (90 kg N / ha), présentent par ailleurs un pouvoir tampon inférieur à celui du témoin non fertilisé. Cela n'influence pas la production d'acide lactique ni le pH de l'ensilage puisque la teneur en sucres solubles n'est pas assez basse pour limiter la fermentation, mais on observe une réduction de la production d'acide acétique. Par ailleurs, pour un même apport d'azote (lisier-60 vs nitrate-60), la fertilisation avec du lisier n'influence pas les différents paramètres de la fermentation comparativement à la fertilisation avec du nitrate d'ammonium.

2- Valeur nutritive

Ces doses de lisier filtré (60 et 90 kg N / ha), donnent aussi, tout comme la fertilisation avec le nitrate d'ammonium (60 kg N / ha), un fourrage dont la valeur nutritive est significativement différente de celle du témoin non fertilisé, tel qu'indiqué par des teneurs plus élevées en protéine brute, protéine liée, protéine soluble, protéine vraie soluble, fibre par détergent acide, fibre par

détergent neutre et phosphore mais une teneur moins élevée en calcium. Cependant la fermentation fait disparaître les différences au niveau de la qualité protéique (protéine liée, protéine soluble, protéine vraie soluble). Par ailleurs, pour un même apport d'azote (lisier-60 vs nitrate-60), la fertilisation avec du lisier fait augmenter la teneur en protéine brute de façon moins marquée que la fertilisation avec du nitrate d'ammonium. Le fourrage fertilisé avec du lisier présente aussi une teneur en cendres et une teneur en potassium plus élevée, mais une teneur en magnésium moins élevée que celui fertilisé avec du nitrate d'ammonium.

3- Stabilité aérobie

Le fourrage qui a reçu la dose intermédiaire de lisier (60 kg N / ha) chauffe un peu plus que témoin non fertilisé lorsqu'il est exposé à l'air et présente plus de moisissures et un pH plus élevé après 7 jours d'exposition alors que les autres traitements fertilisants n'influencent pas de façon significative la stabilité aérobie. L'absence d'effet significatif avec la plus forte dose de lisier (90 kg N / ha) semble due au fait que cette dose a des effets plus variables que la dose intermédiaire (60 kg N / ha) sur les différents paramètres mesurés dans cette expérience. Par ailleurs, pour un même apport d'azote (lisier-60 vs nitrate-60), la fertilisation avec du lisier réduit la stabilité aérobie de l'ensilage par rapport à la fertilisation avec du nitrate d'ammonium, tel qu'indiqué par les écarts de température, la présence de moisissures et l'élévation de pH.

B- Effets des inoculants bactériens

1- Fermentation

Chacun des inoculants bactériens évalués dans cette expérience influence positivement la fermentation de l'ensilage. En effet l'inoculation bactérienne se traduit en une plus grande production d'acide lactique, une moindre production d'acide acétique et un pH inférieur à celui du témoin, conséquence du fait que les bactéries homolactiques inoculées sont plus efficaces que les bactéries naturelles à acidifier la masse d'ensilage. De plus la teneur en azote ammoniacal des ensilages inoculés est généralement inférieure à celle du témoin ce qui semble la conséquence d'une réduction de la protéolyse suite à une acidification plus rapide. Les fourrages traités avec chacun des inoculants présentent aussi une teneur en sucres solubles plus faible que le fourrage témoin, ce qui semble la conséquence de l'utilisation d'une plus grande quantité de sucres du fourrage pour la fermentation.

Les effets positifs de l'inoculation bactérienne sont souvent plus marqués dans le fourrage fertilisé que dans le témoin non fertilisé. En effet on observe avec au moins un des trois inoculants, une plus grande diminution de pH, une plus grande diminution de la teneur en azote ammoniacal, une plus grande augmentation de la teneur en acide lactique, une plus grande diminution de la teneur en acide acétique et une moins grande diminution de la teneur en sucres solubles dans au moins un des fourrages fertilisés comparativement au témoin non fertilisé. Cependant ces effets sont faibles et variables d'un inoculant à l'autre.

2- Valeur nutritive

Chacun des inoculants bactériens évalués dans cette expérience réduit de façon significative la solubilité de la protéine et l'inoculant S réduit la teneur en cendres du fourrage. Cependant les inoculants bactériens n'influencent pas les autres paramètres de la valeur nutritive. De plus l'effet de l'inoculation bactérienne sur la valeur nutritive n'est pas influencé significativement par les traitements fertilisants appliqués au fourrage.

3- Stabilité aérobie

Les inoculants bactériens évalués dans cette expérience n'améliorent pas la stabilité aérobie de l'ensilage. Au contraire ils semblent la faire diminuer. En effet le fourrage traité avec l'inoculant S, l'inoculant B et l'inoculant P chauffe un peu plus que le témoin non inoculé lorsqu'il est exposé à l'air et présente plus de moisissures et un pH plus élevé après 7 jours d'exposition à l'air. En fait l'inoculant B et l'inoculant P n'ont pas amélioré la stabilité aérobie même s'il contiennent des microorganismes qui devraient l'améliorer. Dans le cas de l'inoculant B cela s'explique par le fait que les bactéries du genre *Propionibacterium* qu'il contient n'ont pas produit d'acide propionique.

Les bactéries du genre *Bacillus* présentes dans l'inoculant P ne semblent pas avoir été efficaces elles non plus. De plus l'inoculant B et l'inoculant P diminuent la stabilité aérobie de l'ensilage quels que soient les traitements fertilisants alors que l'influence de l'inoculant S dépend des traitements fertilisants. En effet l'inoculant S diminue de façon prononcée la stabilité aérobie de l'ensilage témoin alors que ce n'est pas le cas dans les traitements lisier-60 et nitrate-60.

BIBLIOGRAPHIE

- Davies, D. R., R. J. Merry and E. L. Bakewell. 1996.** The effect of timing of slurry application on the microflora of grass, and changes occurring during silage fermentation. *Grass and Forage Sci.* 51 : 42-51.
- Goodman S. A., P. J. Warner and C. Orr. 1995.** A novel bacterial inoculant to reduce aerobic deterioration of silages. *Biotechnology in the feed industry . Processing of Alltech's 8th annual symposium.* p. 451-458.
- Hnatyszyn, M. et A. Guais. 1988.** Les fourrages et l'éleveur. Collection Agriculture d'aujourd'hui. Ed. J. B. Baillière. Paris. 440 pages.
- Noller C. H. and C. L. Rhykerd. 1974.** Relation ship of nitrogen fertilization and chemical composition of forage to animal health and performance. In *Forage fertilization.* Published by American Society of Agronomy. Madison (Wisconsin). 621 pages.
- Östling C. E. and S. Lindgren. 1991.** Bacteria in manure and on manured and NPK-fertilised silage crops. *J. Sci. Food Agric.* 55 : 579-588.
- Pahlow, G. 1991.** Role of microflora in forage conservation. In : Pahlow G. and Honing H. (eds). *Forage conservation towards 2000*, pp 26-36.
- Rammer, C., C. Östling, P. Lingvall and S. Lindgren. 1994.** Ensiling of manured crops - effects on fermentation. *Grass and Forage Sci.* 49 : 343-351.
- Thomas, E. D. 1997.** Impact of manure on alfalfa and fermentation. Proceedings from the « Silage : field to feedbunk » North American Conference : 47-52. NRAES Publication 99, Cooperative Extension, Ithaca, NY.