

STRATÉGIES PERMETTANT DE MAXIMISER LA VALEUR ALIMENTAIRE DES FOURRAGES

CONFÉRENCIER

Robert Berthiaume

COLLABORATEURS

Carole Lafrenière

Hélène Petit

Hélène Lapierre

Luc Robitaille

INTRODUCTION

Bien que les principes gouvernant l'alimentation des bovins laitiers évoluent constamment, il demeure primordial de ne pas oublier que la vache est d'abord et avant tout un ruminant, c'est-à-dire un herbivore qui est l'hôte d'une multitude de micro-organismes (bactéries, protozoaires et champignons) capables de dégrader la cellulose et l'hémicellulose. À l'heure où l'agriculture durable est une préoccupation de société, les agriculteurs doivent réaliser que leurs vaches transforment des fourrages – un aliment indigestible pour l'homme – en produits laitiers qui constituent une excellente source de nutriments pour l'être humain.

De ce point de vue, la situation géographique du Québec représente un avantage certain. En effet, il est depuis longtemps reconnu que les climats tempérés du Québec permettent la production d'une grande quantité d'herbe. Cependant, les variations climatiques et l'expansion des troupeaux ont entraîné des changements majeurs dans notre façon de récolter et d'entreposer nos fourrages. Selon les données du Groupe de recherche en économie et politique agricoles (GREPA) de 1996 (tableau 1), 91 % des fermes laitières du Québec utilisaient de l'ensilage dans l'alimentation du troupeau.

Dans ce contexte, nous nous concentrerons principalement sur ce mode d'entreposage. Nous passerons en revue les différentes caractéristiques propres aux ensilages et suggérerons quelques stratégies à adopter afin d'en maximiser la valeur alimentaire. Toutefois, il est primordial de se rappeler que, bien que l'alimentation représente une part importante du coût de production, la rentabilité globale de l'entreprise est fonction d'une multitude de facteurs que le producteur a la difficile tâche de gérer. Les résultats de recherche présentés dans ce texte devraient donc être analysés dans le contexte global de chaque entreprise et en fonction des objectifs de chacun.

Tableau 1. Technologie utilisée sur les fermes laitières, Québec 1996

Système fourrager	Pourcentage des fermes
Foin sec	9,0
Foin sec et ensilage d'herbe	61,1
Foin sec et ensilage d'herbe et/ou maïs	29,9

Source : GREPA, 1996

LE CHOIX DES ESPÈCES : UNE QUESTION DE RENDEMENT ?

La plupart des agriculteurs aimeraient bien connaître la recette magique leur indiquant l'espèce à semer afin de récolter un maximum de fourrages. Malheureusement, les choses ne sont pas si simples. Du point de vue de la vache, ce qui compte est d'offrir un fourrage appétant, contenant tous les nutriments essentiels au bon fonctionnement du rumen (fibres, énergie, protéines et minéraux) et à la production du lait. De fait, si on évalue la qualité du fourrage sans tenir compte du rendement, la maturité représente le facteur le plus important dans la détermination de la valeur alimentaire (tableau 2).

En conséquence, le producteur averti adoptera un plan de culture comprenant des espèces qui atteignent la maturité à des dates différentes. Cela lui permettra d'allonger la période propice à la récolte, tout en tenant compte des autres facteurs tels que le rendement, le type de sol et le climat ainsi que le système d'entreposage utilisé. Si ce même producteur opte pour l'ensilage, il devra également tenir compte de l'ensilabilité des plantes choisies.

Tableau 2. Principaux éléments affectant la qualité des fourrages

Facteur de qualité	Importance relative (%)
Maturité	50
Composants anti-nutritionnels	15
Récolte & entreposage	15
Climat	10
Fertilité du sol	5
Espèce/cultivar	3
Autres	2

Source : Cherney et Cherney, 1993

Aptitude des plantes à l'ensilement (ensilabilité)

La fabrication d'un ensilage se résume trop souvent à une technique : 1) récolter, hacher, lacérer et macérer le fourrage ; 2) remplir et fermer le silo de façon étanche le plus rapidement possible ; 3) éviter la contamination du fourrage par les spores butyriques présentes dans le sol et 4) s'assurer que les conditions d'étanchéité sont maintenues durant toute la période d'entreposage.

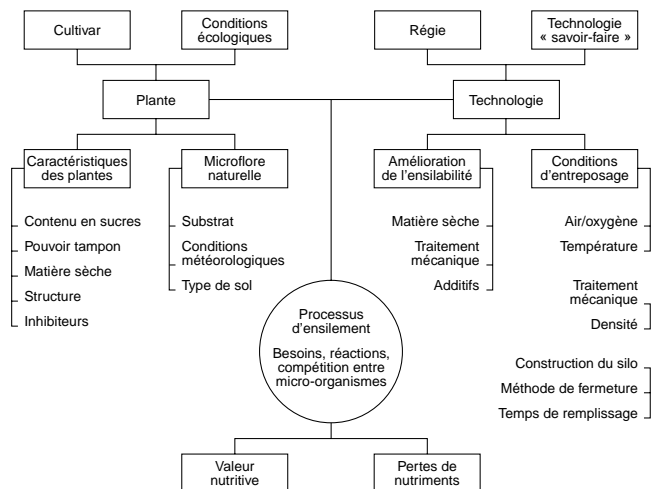
On oublie alors que cette technique découle du processus d'ensilage qui se déroule en quatre étapes : 1) une phase aérobie caractérisée par l'activité enzymatique de la plante et la prolifération des micro-organismes aérobies ; 2) une phase de fermentation où la domination des bactéries lactiques permettra d'inhiber et/ou de limiter les autres micro-organismes ; 3) une phase de stabilité anaérobie où l'activité microbienne est minimale si les conditions d'étanchéité sont maintenues et 4) une phase d'alimentation où l'ouverture du silo permet de nouveau l'activité microbienne aérobie.

Pour faire un bon ensilage, la phase aérobie doit être la plus courte possible parce que les sucres utilisés pour la respiration et les micro-organismes aérobies ne seront plus disponibles pour les bactéries lactiques. C'est pourquoi le préfanage, le remplissage et la fermeture du silo doivent être effectués le plus rapidement possible. La phase de fermentation est dominée par les bactéries lactiques. Toutefois, si le pH ne descend pas rapidement, les bactéries butyriques peuvent se développer durant cette même période. Un ensilage contenant beaucoup d'acide butyrique mais où l'azote ammoniacal est inférieur à 10 % de l'azote total indique que cette phase a été trop lente. Évidemment, l'importance et la vitesse du démarrage du développement des bactéries butyriques sont en relation avec la quantité de spores butyriques sur le fourrage à l'entrée au silo, d'où l'importance d'éviter la contamination du fourrage par le sol. La phase de stabilité anaérobie sera atteinte si le pH par rapport à la matière sèche est assez bas pour empêcher les bactéries butyriques de se développer. L'activité microbienne est alors minimale. Cependant, si la production d'acide lactique n'a pas permis d'atteindre le pH désiré, les bactéries butyriques se développeront de nouveau. Puisque les sucres ont déjà été utilisés, les bactéries butyriques prennent l'acide lactique. Il y a alors augmentation du pH et, selon le pH, les acides aminés seront aussi utilisés. Il y aura production d'azote ammoniacal d'où les odeurs caractéristiques des ensilages butyriques. L'intensité de ce phénomène dépendra de la matière sèche du fourrage. Finalement, au cours de la phase d'alimentation, une partie plus ou moins importante du silo est exposée à la présence d'oxygène. Il y a donc reprise d'activité des micro-organismes aérobies, d'où l'importance de la compaction de l'ensilage et de la vitesse d'avancement dans le silo.

La réussite d'un bon ensilage repose évidemment sur une bonne maîtrise de la technologie reliée à la fabrication et à l'entreposage des fourrages, mais aussi sur l'aptitude des plantes à l'ensilage, c'est-à-dire leur ensilabilité (figure 1). L'ensilabilité d'une plante est reliée à son contenu en sucres solubles, son pouvoir tampon et à sa matière sèche. Les sucres, parce qu'ils sont nécessaires pour produire l'acide lactique, le pouvoir tampon, parce qu'il s'oppose à la diminution du pH et la matière sèche, parce qu'elle affecte le

développement des micro-organismes en particulier les bactéries butyriques. Ainsi, si la combinaison de ces trois facteurs pour assurer une bonne fermentation était connue, il serait possible de prédire l'issue de la fermentation. À l'inverse, si ces facteurs ne rencontrent pas les besoins de la fermentation, il serait alors possible de modifier l'ensilabilité par la matière sèche et/ou les additifs à ensilage.

Figure 1. Facteurs influençant le processus d'ensilage



Weibbach et ses collaborateurs (1974) ont déterminé, à partir d'une série d'expériences avec des ensilages hachés, comment les sucres solubles, le pouvoir tampon et la matière sèche sont reliés entre eux. L'équation est la suivante :

$$Y = 450 - 80 (x)$$

où x est le ratio d'ensilabilité (sucres solubles (g/kg MS) / pouvoir tampon (g d'acide lactique/kg MS)) et

Y (g/kg MS), le contenu en matière sèche (MS) minimal requis pour empêcher le développement des bactéries butyriques.

En connaissant ces trois paramètres, il est donc possible de savoir si l'ensilabilité est bonne ou mauvaise et de la modifier au besoin par différents traitements comme le préfanage et/ou l'application d'additifs à ensilage. Malheureusement, les méthodes actuelles d'analyse ne permettent pas encore de déterminer au champ la teneur en sucres et le pouvoir tampon. Des techniques ou indicateurs, comme la prédiction des sucres solubles avec un réfractomètre au moment de la mise en silo ou la température précédant la récolte, n'ont pas permis d'établir d'équations fiables pour connaître la concentration en sucres solubles (Lafrenière, résultats non publiés). Quant au pouvoir tampon, bien qu'il soit fortement corrélé avec le pourcentage de protéines brutes (Muck *et al.*, 1991), son évaluation au champ n'est toujours pas possible. On

peut cependant connaître les valeurs moyennes du contenu en sucres solubles et du pouvoir tampon des fourrages en consultant les données existantes (tableau 3). Regardons maintenant les facteurs qui font varier les sucres solubles et le pouvoir tampon.

Facteurs de variation de la concentration en sucres solubles

- a) Type de plantes : Les graminées contiennent généralement plus de sucres solubles que les légumineuses (McDonald *et al.*, 1991). En pratique, sous nos conditions, il n'y a pas beaucoup de différence entre les graminées et les légumineuses (tableau 3). Il faut cependant mentionner que ces moyennes ont été établies avec des données recueillies sur plusieurs années et que la fertilisation azotée, pour les graminées, était très variable (30 à 150 kg N/ha). Parmi les principales graminées cultivées au Québec, le dactyle est la plante qui contient le moins de sucres solubles, surtout à la deuxième coupe (tableau 3).
- b) Stade de maturité : Chez les graminées, les sucres solubles augmentent avec la maturité de la plante, et ce, jusqu'au stade pleine épiaison, puis diminuent par la suite. Cela ne veut toutefois pas dire de récolter les graminées au stade pleine épiaison.

Le compromis entre le rendement et le potentiel nutritionnel est atteint au stade début épiaison, soit lorsque 1 cm de l'épi dépasse la feuille étendard. Pour les légumineuses, les quantités de sucres solubles demeurent assez constantes, bien qu'elles augmentent un peu jusqu'au stade bouton pour diminuer légèrement au stade pleine floraison (Smith, 1973).

Pour l'orge, il y a une augmentation des sucres solubles jusqu'au stade laiteux/pâteux mou et, par la suite, une diminution très marquée. Il est généralement recommandé d'ensiler l'orge au stade laiteux et de ne pas dépasser le stade pâteux mou. À ce stade, les sucres solubles sont alors élevés. Pour le maïs, il y a une diminution graduelle des sucres solubles avec l'avancement de la maturité (tableau 4).

- c) Conditions climatiques : Des températures fraîches et un bon ensoleillement permettent de maximiser le contenu en sucres solubles chez les graminées et les légumineuses. C'est pourquoi le contenu en sucres solubles est généralement plus bas en deuxième coupe qu'en première coupe (tableau 3). Aussi, pour le brome et le dactyle, dont la maturité est plus hâtive en saison, les températures qui précèdent la récolte influencent grandement le contenu en sucres solubles. Nous avons noté que, dans le nord de la province, ces deux graminées ont des

Tableau 3. Contenu en sucres solubles de différentes plantes

Plante	Zone UTM ¹	Coupe 1	Coupe 2
		Sucres solubles en % de la matière sèche	
Graminées			
Brome	1699 et moins	10,0	7,8
	2700-2900	7,3	ND ²
Dactyle	1699 et moins	10,0	5,8
	2700-2900	5,6	ND
Fléole des prés	1699 et moins	9,2	7,9
	2700-2900	7,6	ND
Prairies	1699 et moins	10,0	9,2
	2700-2900	7,2	ND
Moyenne	1699 et moins	9,7	7,3
	2700-2900	6,9	ND
Légumineuses			
Luzerne	1699 et moins	9,1	7,1
	2700-2900	7,5	ND
Trèfle rouge	1699 et moins	10,0	8,8
	2700-2900	5,3	ND
Moyenne	1699 et moins	9,6	8,3
	2700-2900	7,5	ND

1. UTM = Unité thermique maïs

2. ND = données non disponibles

Source : Lafrenière *et al.*, résultats non publiés

Tableau 4. Effet de la maturité sur le contenu en sucres solubles de l'orge et du maïs

Plante	Maturité / Date de récolte	Sucres solubles % de la matière sèche
Orge	Épiaison	16,9
	Floraison	18,0
	Laiteux	24,9
	Pâteux mou	24,2
	Mature	4,6
Maïs	Laiteux ¹	10,7
	Pâteux mou	13,8
	Denté hâtif	11,1

1. Source : Drapeau, résultats non publiés
Source : McDonald *et al.*, 1991

quantités de sucres solubles plus élevées que la fléole des prés lorsqu'on les récolte toutes trois au stade début épiaison. Ce stade est généralement atteint à la mi-juin pour le dactyle et le brome alors que les températures sont encore très fraîches. Par contre, pour la fléole des prés, ce stade est atteint à la fin juin alors que les températures sont plus chaudes, ce qui expliquerait son contenu en sucres un peu plus faible que celui du dactyle et du brome. Le même phénomène devrait s'observer dans le sud de la province, mais encore plus tôt en saison. Ainsi, si les graminées sont récoltées trop tardivement après l'épiaison, la quantité de sucres solubles sera faible puisqu'elle diminue avec l'avancement en maturité et ceci, sans tenir compte de l'effet de la température. Les températures près du point de congélation font augmenter les sucres de façon spectaculaire. Nous avons observé, pour le dactyle, une augmentation de 6 à 7 % du contenu en sucres solubles lorsque la température de la nuit précédant la récolte était de -2°C (Lafrenière *et al.*, résultats non publiés). Nos essais ont démontré que ce sont les conditions climatiques qui induisent les plus grandes variations du contenu en sucres solubles des graminées.

- d) Préfanage : Les sucres solubles diminuent durant le préfanage à cause de la respiration qui se poursuit. Les pertes en sucres solubles sont donc reliées aux conditions climatiques qui prévalent durant le préfanage. Pour les conditions de l'Abitibi-Témiscamingue, nous avons mesuré des pertes d'environ 1 % pour un préfanage visant une matière sèche de 30 % lorsque les conditions sont favorables (ensoleillé et sec). Par contre, si les conditions sont moins bonnes (nuageux et humide), les pertes se situent entre 2 et 3 %.
- e) Fertilisation : Chez les graminées, il est bien connu qu'une augmentation de la fertilisation azotée diminue la teneur en sucres solubles. L'effet de l'azote est cependant difficile à quantifier puisqu'on doit tenir compte de l'azote fourni par le sol et que cette quantité diffère d'un site à l'autre. Dans le nord de la province, la quantité d'engrais azoté ne devrait

pas dépasser 60 kg N/ha pour chacune des coupes. Par contre, cette quantité diminue l'ensilabilité du dactyle de façon beaucoup plus importante que pour la fléole des prés, et ce, surtout à la deuxième coupe. Pour le Sud, de telles données sont inexistantes, mais on peut présumer qu'une application de 60 kg N/ha diminuera l'ensilabilité de façon plus importante que dans le Nord parce que le sol peut fournir une plus grande quantité d'azote.

- f) Temps de récolte durant la journée : Pour les graminées, le maximum de sucres solubles est atteint vers midi alors que pour les légumineuses, c'est plutôt vers la fin de l'après-midi (Smith, 1973).

Facteurs de variation du pouvoir tampon

- a) Types de plantes : Les légumineuses ont généralement un pouvoir tampon plus élevé que les graminées et le maïs (tableau 5).
- b) Maturité : Le pouvoir tampon diminue avec l'avancement de la maturité (Muck *et al.*, 1991), donc plus une plante est jeune, plus le pouvoir tampon est élevé.
- c) Préfanage : Il diminue légèrement le pouvoir tampon. En fait, le préfanage est plus utile pour empêcher le développement des bactéries butyriques que pour diminuer le pouvoir tampon.
- d) Fertilité : La fertilisation azotée des graminées augmente le pouvoir tampon. De façon générale, lorsque les graminées ont un pourcentage de protéines brutes dépassant 15 %, leur pouvoir tampon est équivalent à ce que l'on peut mesurer pour les légumineuses.

En résumé, le maïs a une excellente ensilabilité à cause de son contenu en sucres solubles élevé et de son faible pouvoir tampon. Quant à l'orge, l'ensilabilité est aussi très bonne si la récolte est faite au stade laiteux puisque les sucres solubles sont alors élevés

Tableau 5. Pouvoir tampon de différentes plantes

Plante	Site ¹	Coupe 1	Coupe 2
méq NAOH / kg MS			
Graminées			
Brome	Nord	421	474
Dactyle	Nord	480	447
Fléole des prés	Nord	406	409
Légumineuses			
Trèfle rouge	Nord	ND ³	505
Date récolte			
Maïs à ensilage ²	27 août	225	
	18 septembre	180	
	8 octobre	149	

1. Nord = données provenant de Kapuskasing et de l'Abitibi-Témiscamingue (Lafrenière, résultats non publiés)

2. Données d'Angleterre (McDonald *et al.*, 1991)

3. ND = données non disponibles

et, qu'à ce stade, la matière sèche est d'environ 35 %. Malheureusement, l'ensilabilité des graminées et des légumineuses reste plus faible.

Dans le nord du Québec, à la première coupe, la majorité des graminées a un ratio d'ensilabilité (selon l'équation de Weibbach) qui permet de faire de l'ensilage avec une matière sèche de 35 % alors que pour les mélanges et les légumineuses, la matière sèche doit être de 40 % (tableau 6).

Par contre, la plupart des graminées pourront être ensilées à 30 % de matière sèche si la fertilisation azotée ne dépasse pas 60 kg N/ha. À la deuxième coupe, l'ensilabilité des graminées est plus faible qu'à la première coupe et ceci est particulièrement critique pour le dactyle qui devrait être ensilé à 35 % de matière sèche. Quant à l'ensilabilité des légumineuses, elle est inférieure à celles des graminées, que ce soit à la première ou à la deuxième coupe. Dans les deux cas, ces fourrages devraient être ensilés entre 35 et 40 % de matière sèche (tableau 6).

Dans le sud du Québec, à cause de la quantité de sucres solubles plus faible que dans le nord, l'ensilabilité sera généralement plus faible.

Une bonne ensilabilité assure, en partie, le succès de l'ensilage. Toutefois, une bonne ensilabilité ne permet pas toujours une bonne conservation et, à l'inverse, une mauvaise ensilabilité ne conduit pas nécessairement à une mauvaise conservation. Certains indices laissent croire que les micro-organismes naturellement présents sur la plante seraient un facteur d'ensilabilité aussi important que les sucres et le pouvoir tampon. De plus, plusieurs autres facteurs peuvent modifier l'ensilabilité comme la respiration dans le silo qui modifie l'humidité des fourrages et l'ensilement en balles rondes qui influence la disponibilité des sucres parce que le fourrage n'est pas haché. Beaucoup de choses restent donc à apprendre sur les facteurs influençant l'ensilabilité des fourrages.

À la lumière de nos connaissances actuelles, la seule conclusion qui s'impose en ce qui concerne le choix

Tableau 6. Aptitude à l'ensilement des plantes fourragères en Abitibi-Témiscamingue selon l'équation de Weibbach

Matière sèche	Graminées		Légumineuses	
	Coupe 1	Coupe 2	Coupe 1	Coupe 2
% du nombre d'échantillons				
20	9	2	ND ¹	0
25	31	21	ND	0
30	72	47	ND	0
35	97	88	ND	58
40	100	100	ND	100

1. ND = données non disponibles

Source : Lafrenière, résultats non publiés

des espèces à cultiver est que la flexibilité est de rigueur ; nous pourrions ainsi profiter, d'un côté, de la complémentarité entre les espèces comme le maïs et la luzerne et, de l'autre, minimiser l'impact des caprices de la nature (sécheresse ou inondation). Cependant, il faut se rappeler que les performances de nos vaches seront plus influencées par notre régie de coupe que par tout autre facteur (tableau 2).

LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES D'ENTREPOSAGE

Un bon plan de culture doit s'accompagner d'un bon système de récolte et d'entreposage afin de conserver au maximum les nutriments qui ont coûté si cher à produire. Encore une fois, du point de vue de la vache, plusieurs facteurs associés à la méthode de récolte et d'entreposage viendront affecter son rendement, les principaux étant l'humidité et la longueur des particules.

L'humidité

Pour les producteurs de foin, l'humidité au moment de la récolte s'avère problématique. Les problèmes associés à du foin qui a chauffé (protéines liées à la fibre, baisse d'ingestion, poussière, etc.) sont bien connus. Dans le cas des ensilages, la situation demeure plus confuse. La nécessité du préfanage fait toujours l'objet d'un débat entre les tenants de l'ensilage en coupe directe (avec additif) et ceux du « haylage » ou ensilage mi-fané. Au cours années 1980, un vaste projet coopératif, baptisé « Eurowilt », a été conduit dans une douzaine de pays d'Europe. Des données provenant de 171 expériences menées avant le projet et de 36 conduites pendant ont permis d'en arriver aux conclusions suivantes : chez les vaches laitières, l'ingestion de matière sèche est augmentée (4 %) lorsqu'elles reçoivent de l'ensilage préfané, ce qui entraîne une augmentation du gain de poids des vaches. Cependant, la production laitière n'est pas affectée par le préfanage. Dans un sommaire de ces études, Zimmer et Wilkins (1984) concluent que l'effet de l'hu-

midité sur l'ingestion est indirect et surtout lié à certains produits de la fermentation comme l'acide butyrique et les amines (putrescine, cadavérine, ...), qui sont le résultat de la dégradation des protéines. Ces produits sont présents en grande quantité dans les ensilages très humides et mal fermentés, maïs, attention, ils peuvent aussi se retrouver dans des ensilages préfanés si on ne respecte pas les principes de base mentionnés précédemment. En France, les travaux de Dulphy et Van Os (1996) ont permis de constater que l'ingestion des ensilages est généralement inférieure à celle de l'herbe ou du foin récolté au même stade. Selon ces auteurs, chez la vache laitière, cette réduction est plus ou moins grande selon le niveau de matière sèche et l'intensité de la fermentation (tableau 7). En effet, l'ajout d'acide formique, un produit qui restreint la fermentation, provoque une augmentation de l'ingestion des ensilages, et ce, à tous les niveaux de matière sèche étudiés. Des indices tels que l'azote ammoniacal pourraient être utilisés afin de prédire l'ingestion des ensilages.

La longueur des particules

L'arrivée massive de l'ensilage de balles rondes dans le portrait agricole québécois a rendu l'ensilage accessible aux propriétaires de petits troupeaux. Du point de vue de la vache, l'ensilage de balles rondes représente un aliment sensiblement différent de l'ensilage haché conventionnel. Le fait de ne pas hacher la plante a pour effet de restreindre la fermentation, puisque les sucres solubles présents à l'intérieur des cellules sont relâchés beaucoup plus lentement. Cela ralentit la production d'acide lactique et, donc, la baisse du pH (figure 2) (Berthiaume, résultats non publiés). C'est d'ailleurs pour cette raison qu'il est généralement recommandé de récolter les balles rondes à un taux de matière sèche plus élevé que l'ensilage conventionnel, soit aux alentours de 40 à 50 %. De plus, les longues particules devraient assurer une santé optimale du rumen et favoriser la mastication. Cependant, le fait que l'ensilage de balles rondes soit récolté relativement sec et non haché a pour conséquence d'en faire un ensilage très instable en présence d'air et sensible aux moisissures. Le tableau 8 présente un

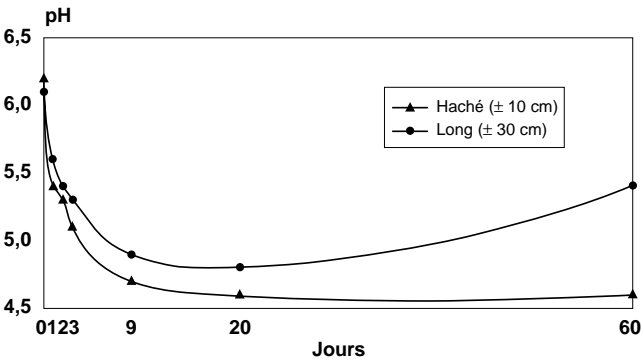
Tableau 7. Effet du niveau de matière sèche et de l'acide formique sur l'ingestion d'ensilage en % de l'ingestion du foin équivalent

Matière sèche de l'ensilage (%)	Ingestion de matière sèche	
	Ensilage témoin	Ensilage + Acide formique
17	84	91
20	87	94
23	90	96
35	96	100

Source : Dulphy et Van Os, 1996

sommaire des résultats obtenus par Petit *et al.* (1993), lors d'une expérience réalisée à Normandin, visant à comparer différents systèmes de récolte et d'entreposage.

Figure 2. Effet du hachage sur le pH des balles rondes ensilées



Source : Berthiaume, résultats non publiés

Bien que l'effet de la longueur de hachage soit confondu avec l'humidité puisque les balles rondes ont été ensilées plus sèches (54,3 vs 35,4 %), il demeure que l'ingestion a diminué avec les ensilages hachés plus long, ce qui a entraîné une baisse de la production laitière et de ses composantes. Ces résultats viennent corroborer ce que nous avons observé chez des bovins en croissance (Berthiaume *et al.*, 1993). En effet, lorsqu'on compare des ensilages récoltés au même niveau de matière sèche (fourragère conventionnelle vs auto-chargeuse), il semble que, pour obtenir des performances comparables (gain et/ou production laitière), les bovins doivent consommer plus si on leur sert des ensilages non hachés. Les raisons expliquant ce phénomène demeurent obscures, mais on peut émettre l'hypothèse qu'elles sont reliées à la demande en énergie pour mastiquer, digérer et absorber les nutriments. Il serait toutefois intéressant de savoir si

cette différence existe aussi dans le cas des rations riches en concentrés (>50 %) servies aux vaches en début de lactation.

LES ADDITIFS : COMMENT FAIRE UN CHOIX ?

Une bonne maîtrise de tous les facteurs influençant le processus d'ensilage est difficile ce qui amène beaucoup de variation dans la conservation des fourrages (figure 1). Les problèmes de conservation sont omniprésents et originent soit d'une régie déficiente, d'une mauvaise technique d'ensilage, d'une fermentation lactique inadéquate ou d'une combinaison de ces facteurs. Des problèmes d'instabilité aérobie peuvent toutefois aussi survenir même avec une bonne fermentation. Ces problèmes reliés à la conservation des ensilages ont un effet plus ou moins marqué sur l'ingestion par les animaux, d'où l'importance d'une bonne conservation.

Beaucoup de travaux de recherche ont été réalisés pour trouver des solutions aux problèmes de conservation, ce qui expliquerait la panoplie d'additifs à ensilage présents sur le marché. En 1992, 57 produits différents étaient vendus sur le marché canadien (CPVQ, 1992), et cette liste continue de s'allonger. Avec tous ces produits, il est souvent difficile pour le producteur de faire un choix éclairé. La connaissance des différents types de produits, leur rôle et leur limite d'application selon les différents problèmes de conservation rencontrés pourraient en permettre une meilleure utilisation. Toutefois, les additifs à ensilage ne peuvent pallier une régie déficiente ou une mauvaise technique d'ensilage. Un additif à ensilage ne peut être vendu au Canada que s'il est enregistré tel que stipulé par la loi relative aux aliments du bétail. L'Agence canadienne d'inspection des aliments est responsable

Tableau 8. Effet du système de récolte sur la composition de l'ensilage et sur les performances des vaches

Item	Fourragère conventionnelle	Auto-chargeuse	Balles rondes ensilées
Composition de l'ensilage			
Matière sèche (%)	35,4	33,3	54,3
Protéines brutes (% MS)	16,4	16,8	15,8
ADF (% MS)	33,0	37,3	32,1
Performance			
Ingestion (kg MS/jour)	23,7a	22,6a	20,1b
Lait (kg/jour)	26,6a	22,7c	24,1b
Gras (kg/jour)	1,12	0,94	0,96
Protéines (kg/jour)	0,77	0,66	0,70

Les valeurs d'une même ligne suivies de lettres distinctes sont significativement différentes ($P < 0,05$)

Source : Petit *et al.*, 1993

de l'enregistrement de ces produits. Les additifs à ensilage peuvent être enregistrés dans trois catégories différentes : les produits nutritionnels (mélasse, lactosérum, urée, etc.), les conservateurs (acides organiques et ses dérivés, acides minéraux, antioxydants) et les additifs non nutritionnels (enzymes, cultures bactériennes, etc.).

Pour faire enregistrer un produit nutritionnel, il n'est pas nécessaire qu'une étude scientifique démontre l'efficacité du produit, puisque l'analyse garantie des nutriments inscrite sur l'étiquette atteste que le produit peut servir à des fins nutritionnelles. Par contre, pour les conservateurs et les additifs non nutritionnels, il doit être démontré que le produit a un effet positif sur les fourrages. En plus, pour les additifs non nutritionnels, il est nécessaire de justifier au moins une allégation nutritionnelle (action positive). Les allégations nutritionnelles peuvent être reliées à la conservation ou à la rétention d'un élément nutritionnel reconnu comme la matière sèche, la protéine, la protéine liée à la fibre, les vitamines, etc. ou à l'amélioration de la performance animale comme le gain moyen quotidien, la production laitière, etc. Pour obtenir l'enregistrement d'un conservateur ou d'un additif non nutritionnel, les essais doivent être faits au Canada ou dans des conditions similaires aux conditions canadiennes, à l'échelle commerciale et sous la supervision de personnes qualifiées. Les essais doivent aussi inclure un témoin et pouvoir être analysés statistiquement par des méthodes appropriées ($P > 95\%$). Lorsque les données soumises ne correspondent pas à ces normes mais qu'elles s'y rapprochent (e.g., silos expérimentaux au lieu de silos à l'échelle commerciale), il peut y avoir un enregistrement temporaire. La compagnie a alors généralement 2 ans pour soumettre à nouveau des données. La lettre « T » au début du numéro d'enregistrement sur l'étiquette indique l'état temporaire de l'enregistrement.

Dans le système canadien, l'enregistrement n'est pas synonyme de recommandation (au sens agronomique du terme). Il atteste que le produit a permis d'obtenir des résultats positifs dans au moins un essai et qu'il répond aux normes de la réglementation canadienne en matière d'étiquetage et d'emballage. Toutefois, pour aider le producteur agricole à sélectionner le produit qui lui convient, l'allégation inscrite sur l'étiquette est très précise (animaux utilisés, matière sèche, etc.). Cette allégation provient des résultats obtenus d'un ou des essais soumis pour l'enregistrement. Généralement, pour recommander un produit, il faudrait que ce dernier ait obtenu des résultats positifs dans différents essais indépendants sous nos conditions. Un tel réseau d'essais est inexistant au Québec et même au Canada. Le producteur agricole a donc la responsabilité de vérifier, auprès de son fournisseur, les résultats des essais du produit qu'il veut acheter.

L'additif idéal doit assurer une bonne fermentation homolactique (ne produire que de l'acide lactique),

inhiber les réactions chimiques et enzymatiques ainsi que les micro-organismes indésirables en diminuant rapidement le pH. Sa manipulation doit être sécuritaire, et il devrait permettre de diminuer les pertes de matière sèche et de nutriments, d'améliorer les performances animales et la stabilité aérobie (chauffage). Malheureusement, aucun des produits actuellement sur le marché ne possède toutes ces caractéristiques. Nous avons regroupé les additifs à ensilage en trois catégories : 1) les inhibiteurs de fermentation, 2) les stimulants de fermentation et 3) les inhibiteurs aérobies. Cette liste est loin d'être exhaustive, car seuls les additifs à ensilage les plus couramment utilisés ont été considérés. Pour une liste plus détaillée, le lecteur peut consulter d'autres ouvrages sur le sujet (Woolford, 1984 ; McDonald *et al.*, 1991).

Les inhibiteurs de fermentation

Les inhibiteurs de fermentation visent à empêcher le développement des micro-organismes et à arrêter l'activité enzymatique des plantes. Dans ce but, on abaisse artificiellement le pH à 4,0 avec des acides minéraux comme l'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique ou l'acide phosphorique. C'est ce qu'on appelle le système A.I.V. (A. I. Virtanen) développé par Virtanen en Scandinavie (McDonald *et al.*, 1991). Aujourd'hui, pour des raisons économiques, l'abaissement du pH est moins radical, mais il permet quand même d'inhiber la majorité des micro-organismes alors que la fermentation lactique naturelle continue l'acidification. On utilise alors des acides organiques comme l'acide formique. Ce dernier n'agit pas que sur les micro-organismes ; il permet aussi de diminuer la solubilité de l'azote. Très peu utilisé au Canada à cause de son coût et des dangers reliés à son utilisation, il demeure l'additif le plus recommandé dans certains pays d'Europe. Contrairement à ce qu'on entend parfois dans le « champ », l'acide formique n'est pas un produit illégal au Canada. Selon la réglementation de la loi des aliments du bétail, c'est un aliment à ingrédient unique, c'est-à-dire que son utilisation dans les aliments est jugée acceptable sur la base de son efficacité et de son innocuité. À ce titre, il n'a pas besoin d'enregistrement pour être vendu au Canada en autant que les normes d'étiquetage soient respectées. Par contre, aucune allégation ne peut être donnée sur l'étiquette en regard de son utilisation sur les fourrages.

Les stimulants de fermentation

a) Les sucres

L'addition de sucres (e.g. mélasse) lors de l'ensilage peut permettre d'améliorer la conservation lorsque le contenu en sucres de la plante est trop faible. Il y a toutefois certains risques à employer seulement des sucres parce qu'ils sont aussi utilisés par toutes les autres populations de micro-organismes et pas

seulement par les bactéries lactiques. Bien que les sucres améliorent la fermentation, les résultats sont meilleurs s'il y a inoculation de bactéries lactiques efficaces en même temps.

La façon moderne d'ajouter des sucres est l'addition d'enzymes fibrolytiques (cellulase, hémicellulase) ou amylolytiques (amylase). Ces enzymes permettent le relâchement des sucres de la fibre (cellulose ou hémicellulose) ou de l'amidon qui sont par la suite utilisés par les bactéries lactiques. L'efficacité de ces enzymes est maximale lorsque le pH se situe entre 4 et 5, que la matière sèche est inférieure à 30 % et que la plante est jeune et hachée finement. Notons que leur efficacité est très réduite dans les ensilages préfanés. Avec le maïs, un problème supplémentaire peut survenir : ces préparations enzymatiques étant rarement pures, l'activité amylolytique peut dégrader l'amidon et favoriser le développement des levures et la production d'éthanol (Spoelstra, 1991), ce qui augmente les risques de chauffage lors de la reprise. Tous ces facteurs font en sorte que l'effet de ces produits est difficile à prédire.

b) Les inoculants lactiques

Les inoculants lactiques sont des additifs à ensilage qui fournissent à la plante des bactéries homolactiques – ne produisant que de l'acide lactique – pour assurer une fermentation lactique rapide et efficace. L'inoculant lactique est en fait un « coup de pouce » à la nature. C'est par la diminution rapide du pH que les inoculants inhibent les micro-organismes indésirables et limitent leur action néfaste sur la conservation. Parmi les additifs à ensilage, les inoculants sont les plus populaires à cause de la facilité et de la sécurité qu'ils offrent pour leur manutention et leur application sur les fourrages. La théorie qui justifie l'utilisation des inoculants lactiques dans l'ensilage est basée sur les faibles quantités de bactéries lactiques qu'on retrouve naturellement sur la plante, le fait qu'elles soient majoritairement hétérolactiques (formation d'acides lactique et acétique) et que, même si elles sont homolactiques, elles sont peu efficaces. Ce n'est toutefois pas toujours le cas. Les populations de bacté-

ries lactiques naturelles sont très variables en raison de nombreux facteurs dont la température, l'humidité relative, les précipitations, la période durant la saison, les plantes, le stade de maturité et les conditions de préfanage. Si nous voulons améliorer la fermentation, les bactéries ajoutées devront compétitionner avec les bactéries naturelles de la plante. Elles doivent donc être efficaces et en nombre suffisant.

Une vaste étude réalisée en Europe avec des graminées (projet Eurobac) a déterminé que, pour améliorer la fermentation de façon significative, il faut que la quantité d'inoculant ajoutée soit dix fois plus élevée que la population naturelle, c'est-à-dire qu'il faut un facteur d'inoculation (FI) de 10 (Pahlow, 1991). Par contre, selon Muck (1996), si les bactéries inoculées sont efficaces, un FI de 0,1 est suffisant pour améliorer la conservation de la luzerne.

Le facteur d'inoculation n'est pas le seul élément nécessaire pour permettre une bonne conservation. En effet, nos données démontrent que plus le facteur d'inoculation est élevé, plus l'acide lactique augmente et l'acide butyrique diminue (tableau 9). Toutefois, dépendamment des sucres et du pouvoir tampon, l'effet sur la teneur en acide acétique et en azote ammoniacal varie. Lorsqu'il y a un manque de sucres et/ou que le pouvoir tampon est élevé, il y a augmentation de l'acide acétique et/ou de l'azote ammoniacal. D'après ces résultats, une amélioration significative de la conservation serait obtenue avec un FI élevé. La quantité de sucres initiale est aussi importante et elle est dépendante du pouvoir tampon. C'est ce qui pourrait expliquer que, dans certains cas, l'inoculant n'améliore pas la conservation. Ainsi, l'ensilabilité d'un fourrage est relié à son contenu en sucres et à son pouvoir tampon, mais aussi aux bactéries lactiques naturellement présentes sur la plante.

Est-il possible de quantifier les bactéries lactiques naturelles sur la plante ? Oui, mais ce n'est pas une pratique courante puisque le test prend un minimum de deux jours, sans oublier que les conditions d'expédition au laboratoire influencent grandement les résultats. Il serait toutefois possible de développer un modèle de prédiction comme celui utilisé pour la luzerne (Muck,

Tableau 9. Effet du facteur d'inoculation (FI) sur la conservation des ensilages de graminées hachés en silos expérimentaux (Ferme expérimentale de Kapuskasing)

Facteur inoculation (FI)	Pouvoir tampon (m.équ. NaOH /kg MS)	Sucres solubles (%MS)	Acide lactique (%MS)	Acide acétique (%MS)	Acide butyrique (%MS)	N-NH ₃ (% N)
———— % relatif témoin non inoculé = 100 ————						
FI < 2	370	7,2	135	137	45	91
	330	8,3	156	90	88	87
FI > 7	410	8,1	227	105	28	106

Source : Lafrenière, résultats non publiés

1996). Il faudrait alors adapter ce modèle ou en développer de nouveaux pour nos différents fourrages, puisque la quantité de bactéries lactiques naturellement présentes varie non seulement selon les plantes, mais aussi selon le stade de maturité. Pour le moment, nous devons nous appuyer sur les résultats de recherche déjà publiés.

Une compilation des essais réalisés avec des inoculants entre 1985 et 1992 a démontré que l'inoculation a permis une meilleure fermentation dans 40 % des cas chez le maïs, dans 75 % des cas chez la luzerne et dans 71 % des cas chez les graminées (Muck, 1993). Une compilation similaire faite par Bolsen *et al.* (1996) a démontré que les caractéristiques fermentaires ont été améliorées dans 90 % des essais. De façon générale, l'inoculation permet d'obtenir un pH plus faible, un ratio acide lactique/acide acétique plus élevé et des concentrations en azote ammoniacal plus faibles.

Les essais réalisés à Kapuskasing et La Pocatière ont démontré une bonne amélioration de la conservation pour les ensilages hachés récoltés entre 25 % et 35 % de matière sèche (tableau 10). Pour les ensilages à 20 % de matière sèche, bien que nous ayons peu de données, l'inoculant est difficilement recommandable en raison du manque de sucres et/ou d'un pouvoir tampon élevé, sauf dans certains cas particuliers pour les graminées. Avec l'augmentation de la matière sèche, les bactéries lactiques naturelles sont peu efficaces pour produire de l'acide lactique, phénomène observé dans les ensilages hachés et encore plus avec la balle ronde, probablement à cause de la faible disponibilité des sucres. L'inoculation a donc un effet spectaculaire sur l'augmentation de l'acide lactique pour l'ensilage de balles rondes. Nos données démontrent aussi une augmentation de l'acide acétique. Ce phénomène n'est pas nécessairement néfaste, puisque la diminution du pH et l'augmentation de l'acide acétique pourraient avoir un effet bénéfique sur la stabilité aérobie.

Les inhibiteurs aérobies

Les inhibiteurs aérobies sont des produits qui inhibent les micro-organismes pouvant se développer en présence d'oxygène lors de la reprise de l'ensilage ou encore s'il y a infiltration d'air dans le silo. Il faut toutefois retenir que ce ne sont pas des produits miraculeux et qu'une bonne maîtrise de l'exclusion de l'air dans le silo doit d'abord être la solution privilégiée.

Lors de la reprise, les levures ont, dans plusieurs cas, été identifiées comme étant les micro-organismes qui initiaient le chauffage des ensilages (McDonald *et al.*, 1991), bien qu'elles ne soient pas les seules. Par la suite, avec la remontée du pH, les moisissures se développent de même que les bactéries protéolytiques, ce qui entraîne les fortes odeurs d'ammoniac dans les ensilages qui chauffent ou qui ont chauffé.

Le meilleur inhibiteur aérobie est l'acide propionique, suivi de l'acide acétique et de l'acide lactique. Plus le pH est acide, plus ces acides sont efficaces, d'où l'importance de diminuer le pH le plus possible. Cependant, il faut savoir que l'acide butyrique est encore meilleur que l'acide propionique pour améliorer la stabilité aérobie, ce qui expliquerait que les ensilages butyriques soient très stables lors de la reprise. En raison de son coût élevé, l'acide propionique est surtout utilisé dans le haut des silos où la présence d'oxygène est plus difficile à contrôler. Beaucoup de travaux de recherche sont présentement en cours pour développer un inoculant qui agirait sur la stabilité aérobie. Les résultats observés jusqu'à maintenant ne sont pas aussi probants que ceux obtenus pour l'amélioration de la conservation. Selon Muck (1993), ces inoculants ont été efficaces dans moins de 50 % des cas, et leur stabilité n'était pas tellement supérieure à celle du témoin.

Tableau 10. Effet des inoculants sur la conservation des ensilages. Essais réalisés aux Fermes expérimentales de Kapuskasing et de La Pocatière

Paramètre fermentaire	Ensilage haché		Ensilage balles rondes	
	Luzerne 20 % MS	Trèfle rouge 30 % MS	Trèfle rouge 35 % MS	Trèfle rouge 40-50 % MS
————— % relatif témoin non inoculé = 100 —————				
Acide lactique	93	ND ¹	260	467
Acide acétique	99	76	103	134
Acide butyrique	100	4	99	27
N-NH ₃	62	62	75	83

1. ND = données non disponibles

Source : Lafrenière, résultats non publiés

Leur effet sur les performances animales

Les sections précédentes ont permis de voir comment les différents types d'additifs affectent le processus de fermentation et la qualité de l'ensilage. L'objectif ultime demeure toutefois l'amélioration des performances animales. Des indices tels que l'ingestion volontaire, la production laitière et la composition du lait, le gain de poids ou la condition de chair, la digestibilité des nutriments et la conversion de ces mêmes nutriments en lait sont couramment utilisés dans ce but. Malheureusement, il n'est pas toujours possible d'expliquer comment les additifs agissent. En effet, comment peut-on expliquer que les vaches produisent plus de lait lorsque la composition de l'ensilage traité est virtuellement la même que celle de l'ensilage témoin ? Le tableau 11, adapté de Kung et Muck (1997), présente certaines des raisons les plus souvent invoquées.

Kung et Muck ont procédé à une revue de la littérature concernant les additifs les plus populaires en Amérique du Nord : les inoculants bactériens, les enzymes et l'acide propionique. Nous ajouterons quelques informations sur les inhibiteurs de la fermentation (e.g. acide formique) à titre de comparaison.

a) Les inoculants lactiques

Les inoculants ont fait couler beaucoup d'encre au cours des dernières années et continuent d'alimenter les discussions concernant l'ensilage. Avant de conclure quoi que ce soit sur ces produits, il faut se

rappeler que beaucoup de progrès a été réalisé dans la sélection des souches de bactéries spécifiques à l'ensilage. Dans leur revue des projets publiés entre 1990 et 1995, Kung et Muck (1997) ont observé une amélioration de l'ingestion dans 28 % des projets et de la production laitière dans 47 % des cas. L'augmentation moyenne de lait observée se chiffrait à 1,4 kg/jour. Bien qu'intéressants, ces résultats ne permettent pas d'expliquer grand-chose, puisque les conditions d'utilisation ont varié considérablement d'un projet à l'autre. À titre indicatif, le tableau 12 présente les résultats de 14 essais réalisés avec un seul et même inoculant.

Ces améliorations furent obtenues avec différentes espèces – graminées, maïs, luzerne – ensilées à des niveaux de matière sèche variant entre 15 et 46 %. Ajoutons que les vaches recevant les ensilages traités ont également gagné plus de poids (0,18 vs 0,09 kg/jour), ce qui révèle un meilleur bilan énergétique. Malheureusement, il a été impossible d'établir une relation claire entre la qualité de la fermentation et/ou la digestibilité et les performances animales. Ces résultats indiquent sans équivoque que les méthodes actuelles d'analyse ne permettent pas de mesurer les indices de fermentation appropriés afin d'expliquer les performances observées.

b) Les enzymes

Tout comme les inoculants, les enzymes sont utilisées depuis plusieurs années afin d'améliorer la qualité des ensilages. Tel que mentionné dans la section précédente, la plupart des produits sont constitués d'un mélange d'enzymes capables de dégrader les sucres

Tableau 11. Effet des additifs sur la fermentation et raisons évoquées pour l'amélioration des performances animales

Effet des additifs	Raisons expliquant l'effet	Résultats possibles sur les performances animales
Baisse plus rapide du pH et/ou pH plus bas	Dominance des bactéries lactiques homofermentaires Inhibition des bactéries indésirables	Amélioration de la conservation des protéines et du métabolisme azoté
Baisse de la concentration en acide acétique	Dominance des bactéries lactiques homofermentaires	Augmentation de la palatabilité et de l'ingestion
Baisse de la concentration en acide butyrique	Baisse rapide du pH Inhibition des clostridies	Augmentation de l'ingestion et du métabolisme azoté
Baisse de la concentration en azote ammoniacal et en acides aminés libres	Inhibition des protéases	Augmentation de l'ingestion et du métabolisme azoté
Augmentation du propionate	Ajout d'acide propionique	Meilleure stabilité aérobie à la reprise, moins de pertes, meilleure ingestion, moins de mycotoxines

Source : Kung et Muck, 1997

Tableau 12. Effet de l'inoculant MTD1 sur l'ingestion d'ensilage et la production laitière des vaches

	Ingestion (kg MS/jour)		Production de lait (kg/jour)	
	Témoin	MTD1	Témoin	MTD1
Moyenne	10,45	10,95	25,88	27,09
Différence		+4,8 %		+4,6 %

Source : Kung et Muck, 1997

complexes des parois cellulaires (cellulases, hemicellulases, etc.) en sucres simples (glucose, sucrose), ce qui les rend disponibles à l'attaque des bactéries lactiques. C'est pour cette raison que l'usage des enzymes est généralement combiné à celui des inoculants bactériens. L'effet de l'addition d'enzymes au silo sur les performances animales est généralement moins grand que dans le cas des inoculants lactiques. D'après la revue de Kung et Muck (1997), le traitement des ensilages aux enzymes a eu des effets positifs sur l'ingestion dans 21 % des cas et a augmenté la production laitière dans 33 % des projets rapportés dans la littérature. L'augmentation moyenne de la production était de 0,9 kg/jour. Contrairement à ce qu'on aurait pu supposer, la digestibilité de la matière sèche n'a été augmentée que dans 9 % des projets, ce qui nous laisse perplexe quant au mode d'action des enzymes.

Depuis 1995, l'intérêt des chercheurs s'est tourné vers l'ajout d'enzymes aux aliments juste avant qu'ils soient donnés aux animaux afin d'éviter les effets négatifs que le processus d'ensilage pourrait avoir sur la performance des enzymes. Des résultats très prometteurs ont d'ailleurs été obtenus par Beauchemin et Rode (1996).

c) Les inhibiteurs de la fermentation

L'acide formique demeure l'additif le plus efficace, surtout avec les ensilages humides (>60 %). Comme l'indiquent les travaux de Nagel et Broderick au Wisconsin (1992), l'ajout d'acide formique à un ensilage de luzerne permet d'améliorer l'utilisation de l'azote en diminuant significativement la proportion d'azote sous forme non protéique (tableau 13).

Ces résultats fort intéressants furent obtenus avec des vaches en début de lactation recevant une ration contenant 98 % d'ensilage. Compte tenu du coût élevé de l'acide formique appliqué dans ce projet, les auteurs conclurent que l'ajout de cet acide, bien que très efficace, devrait être évalué dans des diètes contenant plus de concentrés, donc plus comparables à ce qui est utilisé en pratique. Néanmoins, il apparaît évident que le développement de méthodes pratiques afin de réduire la dégradation des protéines dans le silo pourrait avoir un impact majeur sur la valeur alimentaire des ensilages.

Tableau 13. Effet de l'acide formique sur la composition de l'ensilage de luzerne et sur les performances des vaches qui en sont alimentées

Item	Témoin	Acide formique
Composition de l'ensilage		
Matière sèche (%)	38,2	35,2
Protéines brutes (% MS)	21,4	20,8
ANP (% du N total) ¹	43,1a	29,1b
NDF (% MS) ²	38,9	41,2
Performance		
Ingestion (kg MS/jour)	18,3	18,2
Lait (kg/jour)	29,2a	32,6b
Gras (kg/jour)	1,1a	1,3b
Protéines (kg/jour)	0,81a	0,92b

Les valeurs d'une même ligne suivies de lettres distinctes sont significativement différentes ($P < 0,05$)

1. ANP = Azote non protéique

2. NDF = Fibre détergente neutre

Source : Nagel et Broderick, 1992

LES STRATÉGIES DE COMPLÉMENTATION DES ENSILAGES

Le potentiel que confère le rumen aux ruminants de digérer la fibre et de fabriquer la protéine microbienne est contrebalancé par une certaine inefficacité dans l'utilisation de l'azote. Concrètement, ce phénomène se traduit par une dégradation importante de la protéine alimentaire par les micro-organismes du rumen en ammoniacque, laquelle ne sera pas réutilisée au niveau ruminal. Cet excès d'ammoniacque est absorbé par le sang, détoxifié en urée par le foie et excrété dans l'urine, provoquant une perte nette d'azote. Cette situation est exacerbée lorsque l'on fournit de fortes proportions d'ensilage d'herbe à des ruminants. Très peu d'études rapportent l'absorption de l'azote chez des bovins recevant des ensilages d'herbe. Chez les vaches se nourrissant d'une ration contenant un mélange d'ensilages de luzerne et de maïs additionné de concentrés, 35 % de l'azote ingéré était absorbé sous forme d'ammoniacque et seulement 22 % sous forme d'acides aminés (McGuire *et al.*, 1989). Les travaux de recherche de Veira (1990) ont démontré que de 30 à 50 % de l'azote ingéré par des moutons nourris d'ensilage a été perdu dans le rumen (tableau 14). Cela représente non seulement une perte d'azote, mais aussi une perte d'énergie, puisqu'il y a un coût énergétique à la détoxification de l'ammoniacque absorbé en urée. Comme on peut le constater au tableau 14, plus le niveau de protéines augmente dans l'ensilage, plus on en perd dans le rumen. Ce phénomène peut être lié à au moins deux causes. Premièrement, un déséquilibre entre l'énergie et la protéine disponibles dans le rumen résulte en un excès d'ammoniacque que les bactéries du rumen sont incapables d'utiliser pour la synthèse de protéines microbiennes.

De fait, selon Veira (1990), les ensilages comportant plus de 15 % de protéines brutes entraînent un excès de protéines dégradables dans le rumen. Des études

plus récentes (Broderick, 1996) ont permis de confirmer ces observations dans le cas de la luzerne. Une seconde raison de l'excès d'ammoniacque dans le rumen provient de la composition de l'ensilage lui-même. Par exemple, même si les résultats d'analyse reçus du laboratoire indiquent 20 % de protéines brutes, ce que le chimiste a dosé est l'azote. Or, dans les ensilages, il est fréquent de constater que plus de la moitié de cet azote se trouve sous forme non protéique. Autrement dit, moins de la moitié de la « protéine brute » est effectivement de la protéine. Cet azote non protéique contribue à augmenter la quantité d'ammoniacque en excès dans le rumen. En tentant d'expliquer ce phénomène, Jones *et al.* (1995) ont comparé la dégradation des protéines (protéolyse) dans le silo pour différentes espèces. Ils ont découvert qu'une enzyme présente dans le trèfle rouge réduit significativement la protéolyse. Les travaux se poursuivent afin de déterminer si cette enzyme pourrait être appliquée aux ensilages de luzerne.

En plus de provoquer une dégradation plus ou moins forte des protéines dans le silo, la fermentation diminue l'énergie disponible pour les bactéries. En effet, pendant la fermentation, une proportion pouvant aller jusqu'à 15 % de la matière sèche sera transformée en acides gras volatils (acides lactique, propionique, butyrique et autres). Absorbés par la paroi ruminale et utilisés par l'animal, ces acides ne sont alors pas disponibles pour les bactéries, ce qui provoque une diminution de l'efficacité de la synthèse microbienne (tableau 15).

La vache se retrouve donc en déficit sur le plan de la protéine métabolisable, c'est-à-dire la protéine absorbée dans l'intestin et utilisée pour la production de lait. Il est donc primordial de trouver des moyens pratiques d'améliorer la synthèse microbienne et/ou de diminuer la dégradabilité des protéines contenues dans les ensilages si nous voulons améliorer l'utilisation de ces derniers. Compte tenu de tous les problèmes évoqués, on serait en droit de se poser la question suivante : pouvons-nous faire confiance aux ensilages dans les rations servies aux vaches ? À notre

Tableau 14. Évaluation des pertes d'azote par des moutons nourris d'ensilage

Espèce	PB ¹ (%)	N ingéré (g/j)	NAN ² duodéal (g/j)	% perdu dans le rumen
Luzerne	22,8	23,1	16,7	27,7
Luzerne	23,2	18,9	10,6	43,9
Luzerne	17,9	34,4	21,7	36,9
Luzerne	19,6	33,2	21,0	36,7
Luzerne	25,9	48,3	22,9	52,6
Graminées	14,6	22,7	15,9	30,0

1. Protéines brutes

2. Azote non ammoniacal

Source : Veira, 1990

Tableau 15. Efficacité de la synthèse microbienne avec des diètes à base d'ensilage servies à des vaches en lactation

Diète	Ingestion de matière organique (kg/j)	N microbien (g/j)	Efficacité de la synthèse microbienne (g/kg MOADR ¹)
Ensilage coupe directe	10,8	160	28,6
Ensilage préfané	13,1	215	32,0

1. MOADR = matière organique apparemment digestible dans le rumen

Source : Harrison *et al.*, 1994

avis, la réponse est claire : oui. Cependant, il faut connaître l'effet de la fermentation sur l'ingestibilité et la protéolyse afin de compléter adéquatement les ensilages.

Les suppléments énergétiques

Il a été démontré depuis longtemps que l'ajout de céréales dans les rations à base d'ensilage augmente l'ingestion totale et la production laitière. Nous savons aussi que cet effet est plus marqué dans le cas des fourrages moins digestibles (récolte tardive). La quantité de céréales requises pour produire une quantité fixe de lait devrait donc être plus faible lorsque l'ensilage est plus digestible. Cependant, lorsqu'une vache reçoit plus de céréales, elle a tendance à consommer moins de fourrage. C'est ce qu'on appelle le phénomène de substitution. Malheureusement, plus l'ensilage est digestible, plus la substitution sera importante. Plusieurs chercheurs se sont donc penchés sur ce problème afin de trouver d'autres sources d'énergie pouvant augmenter l'efficacité de la synthèse microbienne et améliorer le statut énergétique de l'animal tout en évitant la substitution. Petit et Tremblay (1995b) ont testé quatre combinaisons de concentrés comprenant deux sources d'amidon (maïs ou orge-avoine) et une source de fibres hautement digestibles (pulpe de betterave), combinées à une source de

protéines relativement dégradables (tourteau de soya) ou à une source de protéines peu dégradables (farine de poisson). Les résultats, présentés au tableau 16, montrent une amélioration significative de la production laitière avec les diètes contenant de la pulpe de betterave alors que le type de supplément protéique n'a eu aucun effet. Une étude complémentaire réalisée avec des vaches fistulées au niveau du rumen (Petit et Tremblay, 1995a) a permis d'établir que les vaches recevant de la pulpe de betterave avait une concentration ruminale en ammoniacque inférieure aux vaches recevant de l'amidon. Cela indique une amélioration de la synthèse microbienne causée par un meilleur synchronisme entre l'énergie et la protéine. De fait, la disparition de la matière sèche et des sucres totaux, mesurée avec la méthode des sachets de nylon, a été plus rapide dans le cas de la pulpe de betterave comparativement aux deux sources d'amidon (maïs et orge-avoine).

Des résultats prometteurs ont aussi été obtenus par Satter et Dhiman (1996) avec des rations à base d'ensilage de luzerne complémentées de maïs sous différentes formes : maïs-grain roulé, maïs-épi humide (MEH) et maïs-épi humide moulu. Bien qu'il contienne 9,6 % de rafle sur une base de matière sèche, la production laitière a été supérieure avec le MEH. Les auteurs attribuent ces résultats à une meilleure disponibilité de l'amidon dans le rumen. Cependant, le fait de moudre

Tableau 16. Effet de la source d'énergie dans la moulée sur les performances des vaches laitières nourries avec de l'ensilage

Item	Maïs-soya	Céréales-soya	Pulpe-soya	Pulpe Farine de poisson
Ingestion (kg MS/j)				
Ensilage	15,6	15,5	16,4	16,1
Concentré	4,2	4,7	4,7	4,6
Production (kg/j)				
Lait	24,1a	24,9a	28,0b	28,1b
Gras	0,96a	1,00a	1,12b	1,12b
Protéines	0,74a	0,76a	0,82b	0,82b

Les valeurs d'une même ligne suivies de lettres distinctes sont significativement différentes ($P < 0,05$)

Source : Petit et Tremblay, 1995b

le MEH n'a pas entraîné d'augmentation de la production laitière. Selon Broderick (1996), l'absence de réponse à la suite de la mouture pourrait être le résultat d'une digestion trop rapide de l'amidon dans le rumen, ce qui diminuerait le pH en deçà de 6,0 et entraînerait une chute de la synthèse microbienne. Dans ce cas, il apparaîtrait donc que trop n'est pas mieux que pas assez... Les travaux se poursuivent afin de trouver le supplément énergétique le plus approprié pour les ensilages.

Les suppléments protéiques

Dans le cas des suppléments protéiques, la situation semble plus claire. Plusieurs travaux de recherche ont établi que l'ajout de suppléments protéiques peu dégradables, comme la farine de poisson ou la fève soya rôtie, à des rations majoritairement (>50 %) composées d'ensilage d'herbe entraîne une augmentation significative de la production laitière, particulièrement chez les fortes productrices (tableau 17). L'apport de protéines non dégradables viendrait augmenter la quantité de protéines métabolisables d'origine alimentaire qui arrivent à l'intestin, comblant ainsi une partie du déficit causé par l'inefficacité de la synthèse microbienne et la perte d'azote dans le rumen dont nous avons parlé précédemment. Cependant, comme l'indiquent les résultats de Petit et Tremblay (1995b) au tableau 16, il semble que lorsque nous arrivons à maximiser la synthèse de protéines microbiennes, la dégradabilité ruminale du supplément protéique a peu d'effet.

L'augmentation des performances serait aussi attribuable à une légère augmentation de l'ingestion d'ensilage associée au supplément protéique. D'ailleurs, les résultats d'une expérience menée en Grande-Bretagne par Sutton *et al.* (1996) démontrent que si l'objectif est de maximiser la contribution des ensilages dans la ration, il faudrait augmenter la concentration en protéines du supplément servi (tableau 18). Cela permettrait de maintenir la production de protéines et de gras tout en augmentant considérablement la proportion d'ensilage dans la ration. Les auteurs ont cependant oublié de mentionner qu'il s'agit probablement d'un effet de la qualité de la protéine servie, puisque les concentrés à 40 et 60 % de PB contenaient respectivement 15,6 et 33 % de farine de poisson en matière sèche. Or la farine de poisson est non seulement une source de protéines non dégradables, mais aussi une excellente source de méthionine, un des acides aminés considéré comme limitant dans les rations à base d'ensilage d'herbe pour bovins laitiers (Rulquin *et al.*, 1995). D'ailleurs, les travaux de Veira (1991) avec des bouvillons en croissance ont démontré que l'ajout de méthionine et de lysine protégées à un ensilage d'herbe augmentait le gain de poids de 17 %. Ces résultats très encourageants restent à confirmer et expliquer.

Nos travaux de recherche en cours ont justement pour but de déterminer l'effet d'un apport en méthionine protégée contre la dégradation ruminale sur les performances des vaches laitières recevant des rations à base d'ensilage.

Tableau 17. Quelques exemples des augmentations de performance observées à la suite de l'addition de protéines peu dégradables à des rations à base d'ensilage de luzerne

Traitement	Augmentation en lait (kg/j)	Variation de l'ingestion (kg MS/j)
Fève soya rôtie	1,6	-0,1
Fève soya extrudée	1,3	+0,1
Farine de poisson	2,1	+1,0

Source : Satter et Dhiman, 1996

Tableau 18. Effet de la teneur en protéines brutes et de la quantité de concentré sur les performances animales

Item	Type de concentré		
Concentré (kg)	9	6	3
Protéines brutes (%)	20	30	60
Lait (kg/j)	30,3	28,6	28,8
Gras (g/j)	1 240	1 090	1 100
Protéines (g/j)	980	910	950
Ingestion d'ensilage (kg MS/j)	9,9a	11,9b	14,4c

Les valeurs d'une même ligne suivies de lettres distinctes sont significativement différentes ($P < 0,05$)

Source : Sutton *et al.*, 1996

CONCLUSION

Malgré l'amélioration de nos connaissances au sujet de la fermentation et de l'utilisation des additifs, les ensilages d'herbe constituent, à plusieurs points de vue, un véritable défi pour le nutritionniste. En effet, si on veut équilibrer adéquatement la ration d'une vache laitière, il faut être en mesure de prédire avec une certaine précision la quantité d'aliments qu'elle consommera (ingestion), la teneur en nutriments tels que la protéine et l'énergie de cet aliment et l'utilisation que l'organisme fera de ces nutriments. À l'heure actuelle, les méthodes d'analyse utilisées dans le « champ » ne nous donnent pas toute l'information requise. Les travaux de recherche se poursuivent afin de trouver des solutions économiques et pratiques à ce problème. Équilibrer des rations à base d'ensilage exige donc une bonne dose de jugement et d'expérience de la part du conseiller et de l'agriculteur.

Face à cela, la stratégie à adopter dépend grandement des objectifs de chacun. Selon nous, ceux qui désirent maximiser l'utilisation des fourrages dans la ration devront :

- 1- produire des fourrages hautement digestibles : semer des espèces qui s'ensilent bien et surtout les récolter au bon stade ;
- 2- maintenir l'ingestibilité et empêcher la dégradation des protéines : récolter au bon niveau de matière sèche et être très méticuleux lors de la mise en silo et à la reprise ;
- 3- compléter adéquatement : utiliser des concentrés énergétiques contenant un mélange d'amidon et de fibres digestibles et des suppléments protéiques moins dégradables en tenant compte de la qualité de la protéine apportée.

Cependant, du côté de la recherche, il faut admettre qu'il nous reste beaucoup à apprendre sur les ensilages d'herbe. Il est impératif que nous mettions au point des méthodes pratiques et économiques afin de prédire l'ingestibilité, de caractériser la valeur protéique et énergétique des ensilages et de prévenir la dégradation des protéines dans le silo afin que nous puissions enfin faire pleinement « confiance » aux fourrages que nous servons.

RÉFÉRENCES

Beauchemin, K.A. et L.M. Rode. 1996. The potential use of feed enzymes for ruminants. Proceedings 1996 Cornell Nutrition Conference for feed manufacturers, Rochester, NY, p.131-141.

Berthiaume, R., C. Lafrenière, G.L. Roy et M. Quévillon. 1993. L'ensilage de balles rondes : du champ jusqu'à l'animal. Colloque sur la production vache-veau, CPAQ, p. 37-54.

Bolsen, K.K., G. Ashbell et Z.G. Weinberg. 1996. Silage fermentation and silage additives. Asian-Australasian J. of Animal Sci. 9 (5) : 483-614.

Broderick, G.A. 1996. Improving utilization of forage protein by the lactating dairy cow. 1996 Informational conference with dairy and forage industries. US Dairy Forage Research Center, Wisconsin, p. 65-71

Cherney, J.H. et D.J.R. Cherney. 1993. Annual and perennial grass production for silage. Silage production from seed to animal, NRAES-67. Northeast Regional Agric. Engng. Service, Ithaca, New York, p. 9-17.

CPVQ. 1992. Additifs et inhibiteurs de moisissures pour fourrages. Bulletin technique no 17. Conseil des productions végétales du Québec, 31 p.

Dulphy, J.P. et M. Van Os. 1996. Control of voluntary intake of precision-chopped silages by ruminants : a review. *Reprod. Nutr. Dev.* 36 : 113-135.

GREPA. 1996. Les coûts de production des exploitations laitières du Québec. Groupe de recherche en économie et politique agricoles, Université Laval.

Harrison, J.H., R. Blauwiekel et M.R. Stokes. 1994. Fermentation and utilization of grass silage. *J. Dairy Sci.* 77 : 3209-3235.

Jones, B.A., R.E. Muck et R.D. Hatfield. 1995. Red clover extracts inhibit legume proteolysis. *J. Sci. Food Agric.* 67 : 329-333.

Kung, L. Jr. et R.E. Muck. 1997. Animal response to silage additives. Silage : field to feedbunk, NRAES-99. Northeast Regional Agric. Engng. Service, Ithaca, New York, p. 200-210.

Leduc, R. et A. Fournier. 1997. Le maïs-ensilage un atout. Symposium sur les bovins laitiers, Conseil des productions animales du Québec Inc., p. 16-47.

McDonald, P., N. Henderson et S. Heron. 1991. The biochemistry of silage. 2^e ed. Chalcombe Publications, 340 p.

McGuire, M.A., D.K. Beede, M.A. DeLorenzo, C.J. Wilcox, G.B. Huntingdon, C.K. Reynolds et R.J. Collier. 1989. Effects of thermal stress and level of feed intake on portal plasma flow and net fluxes of metabolites in lactating Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 67 : 1050-1060.

Muck, R.E. 1993. The role of silage additives in making high quality silage. Silage Production from Seed to Animal, NRAES-67. Northeast Regional Agric. Engng. Service, Ithaca, New York, p. 106-116.

Muck, R.E. 1996. Inoculation of silage and its effects on silage quality. 1996 Informational conference with dairy and forage industries. US Dairy Forage Research Center, Wisconsin, p. 43-51.

Muck, R.E., P. O'Kiely et R.K. Wilson. 1991. Buffering capacities in permanent pasture grasses. Irish J. of Agric. Res. 30 : 129-141.

Nagel, S.A. et G.A. Broderick. 1992. Effect of formic acid or formaldehyde treatment of alfalfa silage on nutrient utilization by dairy cows. J. Dairy Sci. 75 : 140-154.

Pahlow, G. 1991. Microbiology of inoculants, crops and silages. Pages 45-59, dans Lindgren, S. et K.L. Pettersson (réd.). Proceedings of the Eurobac Conference. Swedish University of Agricultural Science, Uppsala, Sweden.

Petit, H.V. et G.F. Tremblay. 1995a. Ruminal fermentation and digestion in lactating cows fed grass silage with protein and energy supplements. J. Dairy Sci. 78 : 342-352.

Petit, H.V. et G.F. Tremblay. 1995b. Milk production and intake of lactating cows fed grass silage with protein and energy supplements. J. Dairy Sci. 78 : 353-361.

Petit, H.V., G.F. Tremblay, P. Savoie, D. Tremblay et J.M. Wauthy. 1993. Milk yield, Intake and blood traits of lactating cows fed grass silage conserved under different harvesting methods. J. Dairy Sci. 76 : 1365-1374.

Rulquin, H., R. Vérité, J. Guinard et P.M. Pisulewski. 1995. Dairy cows' requirements for Amino Acids. Animal Science Research and Development : Moving toward a new century. M. Ivan, ed., p. 143-160.

Satter, L. et T. Dhiman. 1996. Formulating dairy diet : enhancing profitability and reducing environmental impact. 1996. 1996 Informational conference with dairy and forage industries. US Dairy Forage Research Center, Wisconsin, p. 93-101.

Smith, D. 1973. The nonstructural carbohydrates. Pages 105-155, dans Butler, G.W. et R.W. Bailey (réd.). Chemistry and Biochemistry of herbage. Vol. 1. Academic Press, London, New York.

Spoelstra, S.F. 1991. Chemical and biological additives in forage conservation. Pages 48-70, dans Pahlow, G. et H. Honig (réd.). Forage Conservation towards 2000. Institute of Grassland and Forage Research, Braunschweig-Völkenrode, Allemagne.

Sutton, J.D., K. Aston, D.E. Beever et M.S. Dhanoa. 1996. Milk production from grass silage diets : effects of high-protein concentrates for lactating heifers and cows on intake, milk production and milk nitrogen fractions. Anim. Sci. 62 : 207-215.

Veira, D.M. 1990. Utilization of grass silage by cattle : problems and opportunities. Symposium international sur l'ensilage d'herbe. Rouyn-Noranda, p. 139-147.

Veira, D.M. 1991. Utilization of grass silage by growing cattle : effect of a supplement containing ruminally protected amino acids. J. Anim. Sci. 69 : 4703-4709.

Weibbach, F., L. Schmidt et E. Hein. 1974. Method of anticipation of the run of fermentation in silage making based on chemical composition of green fodder. Pages 663-672, dans Proc. 12th International Grassland Congress, Moscow.

Woolford, M. 1984. The silage fermentation. Vol. 14. Marcel Dekker Inc., New York, Basel. 350 p.

Zimmer, E. et Wilkins R.J. 1984. Efficiency of silage systems : a comparison between unwilted and wilted (Eurowilt). Landbow - forschung Vulkanrode Sonderheft, 69.