

Ensilages de graminées, de légumineuses et de céréales pour ruminants



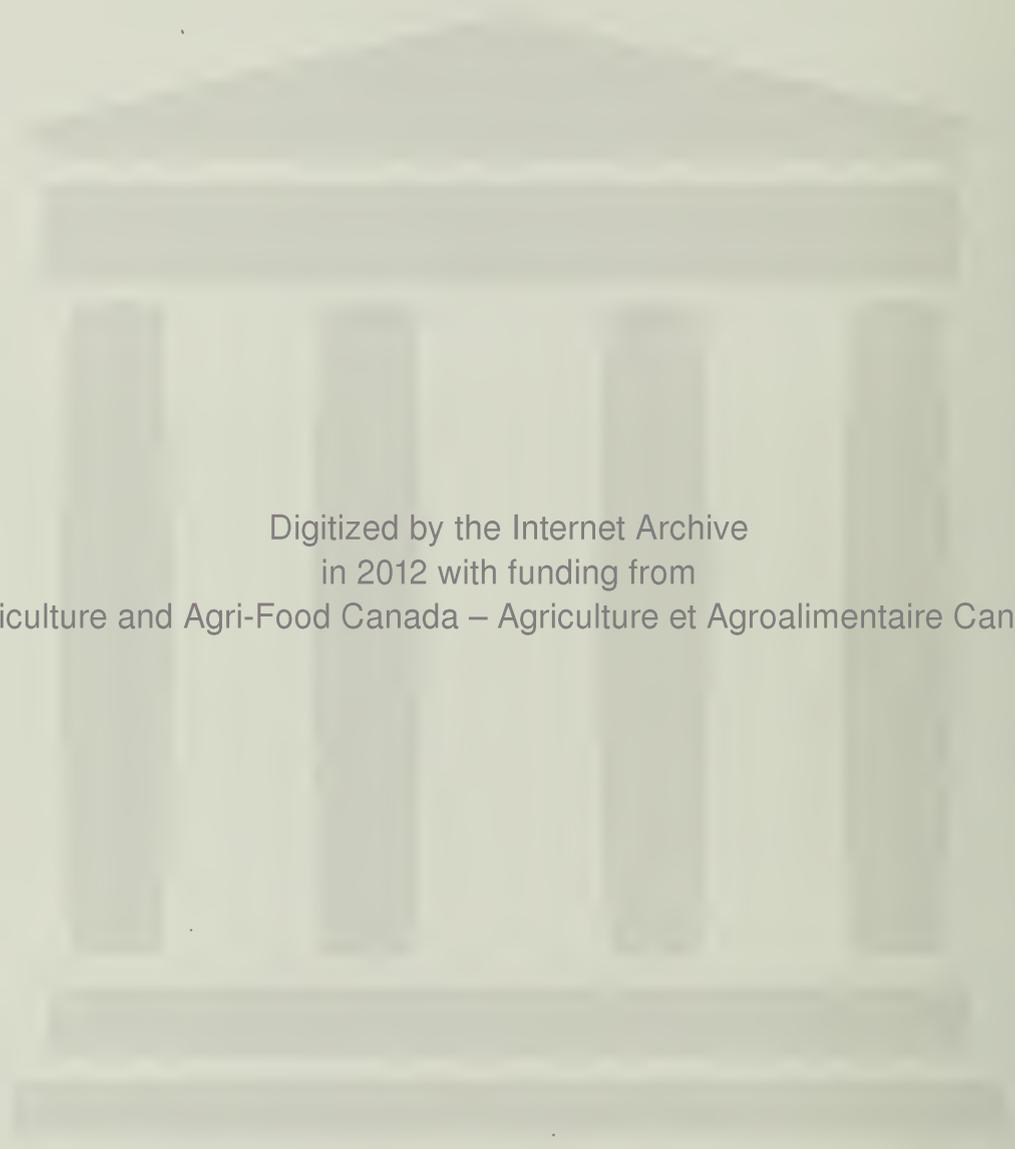
Agriculture
Canada

Publication 1786/F



630.4
C212
P 1786
1985
fr.
c.3

Canada



Digitized by the Internet Archive
in 2012 with funding from
Agriculture and Agri-Food Canada – Agriculture et Agroalimentaire Canada

Ensilages de graminées, de légumineuses et de céréales pour ruminants

L.J. Fisher
Station de recherches d'Agassiz (C.-B.)

J.A. Robertson
Station de recherches de Melfort (Sask.)

Philippe Savoie
Station de recherches de Sainte-Foy (Québec)

PUBLICATION 1786/F, on peut obtenir des exemplaires à la
Direction générale des communications, Agriculture Canada,
Ottawa K1A 0C7

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985
N° de cat. A63-1786/1985F ISBN: 0-662-92979-9
Impression 1985 4M-5:85

Also available in English under the title
*Grass, legume, and cereal silages for
ruminants.*

Table des matières

Introduction/5

Ensilage : avantages et désavantages/5

En quoi l'ensilage diffère-t-il des autres aliments du bétail?/6

Genre de silos/9

Additifs/11

Équipement et conditions de récolte/13

Équipement nécessaire à l'ensilage/14

Les ensilages, comme aliments du bétail/18

Conclusions/21

Annexes/23

FACTEURS DE CONVERSION VERS LE SYSTÈME MÉTRIQUE		
Unités impériales	Facteur de conversion	Résultat en:
MESURES DE LONGUEUR		
pouce	x 25	millimètre (mm)
pied	x 30	centimètre (cm)
verge	x 0,9	mètre (m)
mille	x 1,6	kilomètre (km)
MESURES DE SURFACE		
pouce carré	x 6,5	centimètre carré (cm ²)
pied carré	x 0,09	mètre carré (m ²)
acre	x 0,40	hectare (ha)
MESURES DE VOLUME		
pouce cube	x 16	centimètre cube (cm ³)
pied cube	x 28	décimètre cube (dm ³)
verge cube	x 0,8	mètre cube (m ³)
once liquide	x 28	millilitre (mL)
chopine	x 0,57	litre (L)
pinte	x 1,1	litre (L)
gallon	x 4,5	litre (L)
MESURES DE POIDS		
once	x 28	gramme (g)
livre	x 0,45	kilogramme (kg)
tonne courte (2000lb)	x 0,9	tonne (t)
MESURE DE TEMPÉRATURE		
degrés Fahrenheit	(°F-32) x 0,56 ou (°F-32) x 5/9	degrés Celsius (°C)
MESURE DE PRESSION		
livre au pouce carré	x 6,9	kilopascal (kPa)
MESURE DE PUISSANCE		
horsepower*	x 746	watt (W)
	x 0,75	kilowatt (kW)
MESURES DE VITESSE		
pied à la seconde	x 0,30	mètre à la seconde (m/s)
mille à l'heure	x 1,6	kilomètre à l'heure (km/h)
MESURES AGRAIRES		
gallon à l'acre	x 11,23	litre à l'hectare (L/ha)
pinte à l'acre	x 2,8	litre à l'hectare (L/ha)
chopine à l'acre	x 1,4	litre à l'hectare (L/ha)
once liquide à l'acre	x 70	millilitre à l'hectare (mL/ha)
tonne à l'acre	x 2,24	tonne à l'hectare (t/ha)
livre à l'acre	x 1,12	kilogramme à l'hectare (kg/ha)
once à l'acre	x 70	gramme à l'hectare (g/ha)
plants à l'acre	x 2,47	plants à l'hectare (plants/ha)

* Le horsepower est une unité différente du cheval-vapeur.
Le signe décimal est une virgule.

Introduction

Le présent bulletin décrit le procédé de l'ensilage, ses avantages et ses inconvénients, ainsi que les coûts et les aptitudes de gestion nécessaires pour en faire un moyen efficace de conservation et d'utilisation des éléments nutritifs des fourrages. Nous espérons que ces informations élémentaires guideront les agriculteurs et les vulgarisateurs dans leur évaluation des systèmes d'ensilage les mieux adaptés à chaque entreprise agricole. L'ensilage des fourrages est l'une des nombreuses méthodes de conservation des éléments nutritifs servis aux ruminants logés à l'intérieur. Avant de choisir un système de conservation particulier, nous suggérons de comparer les avantages et les inconvénients des principaux systèmes disponibles dans votre région : ensilage humide, ensilage préfané ou demi-sec, et foin.

Ensilage : avantages et désavantages

L'ensilage se pratique depuis très longtemps, mais n'est devenu une méthode importante de conservation des fourrages qu'au cours des 20 dernières années. On a estimé que le pourcentage de graminées fourragères conservées par ensilage n'atteignait que 12 à 15 % au Royaume-Uni en 1968, alors qu'en 1979, il avait grimpé à 45 %. Cette tendance, également observée en Amérique du Nord, découle du fait qu'on s'inquiète de plus en plus des pertes causées dans les champs par les multiples manipulations du fourrage lors du fanage naturel et par la baisse de la teneur en éléments nutritifs et la détérioration du fourrage lorsque la récolte de l'andain est retardée en raison du mauvais temps. Il peut également y avoir des pertes considérables pendant l'entreposage du foin si la teneur en humidité du produit récolté est trop élevée ou si le produit séché n'est pas entreposé à l'abri. La disponibilité de distributeurs mécaniques de l'ensilage a été un autre facteur important qui a favorisé l'utilisation de l'ensilage comme technique de conservation.

Parmi les avantages de l'ensilage, citons les suivants :

1. L'ensilage réduit au minimum la période de fanage et le risque de voir les fourrages coupés soumis aux conditions inclementes. Ainsi, l'ensilage raccourcit la période de récolte, augmente la quantité de produits récoltés à leur valeur nutritive optimale et laisse plus de temps pour le regain. L'ensilage est particulièrement avantageux pour les cultures annuelles qui atteignent la maturité à la fin de l'été, alors que les conditions pour le fanage sur place sont moins favorables qu'en juin ou juillet.
2. Les entreprises modernes d'élevage intensif du bétail ont besoin de grandes quantités d'aliments et l'ensilage est un excellent moyen de répartir sur plusieurs mois la récolte de cultures parvenues à leur valeur nutritive optimale. Il s'agit de choisir avec soin des mélanges de graminées et de légumineuses vivaces, des céréales annuelles qui arrivent à maturité à des dates différentes et d'échelonner les dates d'ensemencement des plantes annuelles.
3. Les produits végétaux ensilés n'exigent pas d'autres transformations, se mélangent uniformément à d'autres aliments du bétail et conviennent aux distributrices mécaniques d'aliments.

4. L'ensilage permet de récupérer les cultures endommagées par la grêle ou le gel. En outre, lorsque les mauvaises herbes envahissent les cultures, on peut faire la récolte avant qu'elles ne dispersent leurs graines.

5. Il y a moins de pertes à la mangeoire.

6. Les risques d'incendie sont minimes avec l'ensilage dans la mesure où on évite d'ensiler des fourrages trop secs (plus de 60 % de matière sèche).

L'ensilage compte également plusieurs désavantages

1. L'ensilage exige des entrepôts spéciaux. Toutefois, on peut également entreposer de l'équipement dans les silos couloirs et des céréales dans les silos verticaux.

2. Au moment de la reprise, l'ensilage a une courte durée de conservation à cause du développement de moisissures, s'il est exposé à l'air pendant plusieurs jours. Ainsi, il ne se prête pas facilement à la vente à l'extérieur de la ferme. De plus, l'ensilage coûte plus cher à transporter que le foin en raison de sa teneur en eau élevée.

3. Les animaux nourris à l'ensilage ingèrent généralement moins de matière sèche que ceux mis au pâturage ou nourris au fourrage vert haché ou au foin.

4. En cas de mauvaise utilisation, les pertes à l'entreposage pourront annuler la réduction des pertes au champ.

5. L'ensilage exige une main-d'œuvre abondante pendant la récolte, car il faut remplir rapidement le silo.

6. L'investissement dans la machinerie est relativement élevé.

7. Le gaz produit dans les silos, le bioxyde d'azote, est dangereux pour la santé. C'est un gaz toxique produit au cours des premières heures suivant l'ensilage. Il risque d'être présent à une concentration dangereuse surtout lorsque les cultures ensilées ont une teneur élevée en azote nitrique. Comme le nitrate s'accumule dans la partie végétative de la plante, et non dans les graines, ce sont les ensilages de céréales entières immatures ou ceux de graminées et de légumineuses cultivées sur une terre fortement fertilisée qui produisent le plus souvent ce gaz toxique dans les silos. Si l'on doit entrer dans un silo vertical peu après son remplissage, on doit prendre soin de toujours aérer l'espace libre au-dessus de l'ensilage en actionnant le ventilateur du souffleur et en ouvrant toutes les portes. On devrait porter un harnais de sûreté et une corde d'assurance, et se faire accompagner d'une personne qui restera à l'extérieur du silo et qui pourra venir en aide au besoin.

En quoi l'ensilage diffère-t-il des autres aliments du bétail?

L'ensilage peut être un aliment du bétail de qualité excellente et uniforme à condition d'être préparé adéquatement. Dans le cas contraire, les animaux qui en sont nourris peuvent afficher un rendement inférieur. La qualité de l'ensilage dépend de nombreux facteurs qui se conjuguent pour créer un milieu favorable à la fermentation; c'est-à-dire :

1. Le stade de maturité, qui détermine les teneurs en glucides solubles, en protéines et en fibre.

2. La teneur en eau, qui dépend du stade de maturité, des conditions atmosphériques et du système de récolte.
3. L'espèce de fourrage.
4. Le type de silo.
5. Les méthodes de tassement et de scellement qui varient selon la finesse du hachage, la teneur en eau, la vitesse de remplissage et l'utilisation de conservateurs d'ensilage (additifs).
6. L'utilisation de l'ensilage, qui demande des compléments et permet des pratiques d'alimentation différentes de celles qu'on emploie avec d'autres aliments.

Cette interaction complexe des facteurs dont dépend la qualité de l'ensilage peut être mise à profit si l'on tient compte des quatre conditions essentielles suivantes :

1. Exclusion de l'air. Un milieu anaérobie est nécessaire à la réussite de la fermentation. Si l'anaérobie est incomplète durant la fermentation, l'ensilage servi aux animaux sera moins appétissant et moins nutritif. L'air peut pénétrer dans l'ensilage lorsque la culture ensilée est trop sèche pour être tassée fermement ou lorsqu'elle est hachée en grosses particules de taille inégale à cause de l'emploi de couteaux émoussés ou mal réglés. Le tassage insuffisant, des parois poreuses, un scellage imparfait ou l'utilisation inadéquate d'un silo étanche sont d'autres causes possibles.

2. Augmentation rapide de l'acidité. On obtient une augmentation rapide de l'acidité en ensilant des cultures à teneur élevée en glucides solubles ou en ajoutant des produits fermentescibles ou des acides. L'acidité élevée est nécessaire à la fermentation par les lactobacilles et à la formation d'un ensilage de qualité, riche en acide lactique. Elle inhibe également les clostridies productrices de l'acide butyrique qui fait rancir l'ensilage et provoque une baisse de l'ingestion de matière sèche. L'acidité est mesurée d'après la concentration d'ions d'hydrogène dans une solution : le pH, qui est inversement proportionnel à cette concentration, varie de 0 à 14 pour des solutions très acides à très basiques. Les fourrages verts sont légèrement acides au départ avec un pH d'environ 6,0; un ensilage bien fermenté sera acidifié avec un pH entre 4,0 et 4,5.

3. Teneur en eau. La teneur en eau est un facteur très important dans la transformation du fourrage en ensilage. Si on songe que les graminées et les céréales récoltées à leur valeur nutritive optimale peuvent respectivement contenir 15 et 45 % de matière sèche, on comprend l'importance de régler la teneur en eau au moment de l'ensilage par préfanage ou addition d'eau. Lorsque l'ensilage est très humide (moins de 30 % de matière sèche), l'acidité augmente lentement et la fermentation dure plus longtemps, ce qui se traduit par une production d'acide et une dégradation des protéines inutilement élevées. En ce qui concerne les graminées, les légumineuses et les céréales ensilées dans des silos couloirs ou dans des structures autres que les silos-tours à atmosphère contrôlée, il suffit d'ensiler les produits à une teneur en matière sèche de 30 à 40 % pour obtenir une fermentation plus stable et une ingestion accrue de matière sèche. L'ensilage de produits trop secs

se traduit généralement par un tassement insuffisant, suivi d'un chauffage excessif qui immobilise les protéines et les rend inutilisables par l'animal. Il peut en résulter un ensilage qui, à l'analyse, montre une concentration en protéine brute élevée, mais ne fournit pas les protéines nécessaires à la production de lait ou de viande.

4. Population de lactobacilles suffisante. Généralement, il y a assez de lactobacilles dans les graminées pour produire de l'acide lactique en présence de produits fermentescibles. La présence d'une trop grande quantité d'air, un produit trop mature ou trop sec, ou un fourrage très froid et humide peuvent cependant freiner l'activité des bactéries; on obtiendra alors un ensilage mal conservé et peu appétissant qui ne se gardera pas longtemps dans la mangeoire.

Il faut connaître les diverses étapes de la fermentation pour maîtriser efficacement les nombreux facteurs qui influent sur la qualité de l'ensilage.

Dans un premier temps, la respiration continue des cellules végétales, caractérisée par la production de gaz carbonique et par l'utilisation de l'oxygène présent dans la masse ensilée, favorise l'anaérobiose. Cette étape est plus courte dans les silos verticaux que dans les silos couloirs et lorsque le silo est rempli rapidement, c'est-à-dire, dans une période de 5 à 15 h. Une exposition prolongée de la surface de l'ensilage favorise la croissance des moisissures et des levures, et provoque une dégradation considérable des protéines végétales en azote libre et un dégagement excessif de chaleur. Si la température dépasse 35 °C, les fourrages ensilés risquent d'être endommagés par l'échauffement, lequel provoque une perte de digestibilité des protéines et des glucides.

Dans un deuxième temps, une courte période de production d'acide acétique par les bactéries coliformes se termine par une chute rapide du pH.

La troisième étape est caractérisée par le début de la production d'acide lactique grâce à la prolifération des lactobacilles et des streptocoques. Elle commence habituellement après 2 ou 3 jours. Plus elle est précoce, moins il y aura de pertes d'énergie et plus la teneur en éléments nutritifs de l'ensilage sera élevée. La teneur en acide lactique doit atteindre entre 4 et 5 % de la teneur en matière sèche de l'ensilage, le pH doit baisser jusqu'à 4,0 ou 4,5 après quoi, si l'anaérobiose est maintenue, la fermentation cesse.

Il peut y avoir une quatrième étape si l'acidité n'est pas assez élevée pour empêcher les clostridies de convertir les glucides solubles et l'acide lactique déjà formé en acide butyrique. Il s'agit là d'une phase de détérioration qui commence environ 8 jours après l'ensilage et qui se solde par la production de gaz ammoniac à partir des protéines et par la perte d'énergie sous forme de gaz carbonique et de chaleur, en particulier si l'ensilage n'est pas tassé ou scellé adéquatement ou s'il est trop humide.

Une cinquième étape de la fermentation, qui se produit parfois à la reprise, est surtout importante dans les ensilages plus secs ou moins acides, ou dans ceux qui ne sont pas retirés assez rapidement du silo par temps plus chaud. Elle est caractérisée par la croissance de moisissures et de levures abouissant à une production de chaleur, à une perte de digestibilité et surtout à une diminution de l'appétibilité causée quelquefois par des toxines élaborées par les moisissures ou les champignons.

En résumé, la fermentation de l'ensilage est une production rapide d'acide en condition d'anaérobiose; elle dépend de la teneur en eau et en glucides solubles et de la résistance du fourrage à l'acidification (effet tampon).

Genre de silos

On peut choisir un silo parmi plusieurs modèles de base et leurs variations, compte tenu des ressources disponibles et du système d'alimentation souhaité. Chaque type de silo a ses limites pour ce qui est de la teneur en eau des produits à ensiler. Par exemple, lorsque les fourrages ensilés ont une teneur en eau supérieure à 75 %, il peut y avoir écoulement des jus d'ensilage et endommagement de la structure des silos tours par les acides. À l'opposé, les silos couloirs sont mieux adaptés à l'ensilage à teneur en eau élevée, mais le produit doit être tassé et scellé avec soin si la teneur en eau est inférieure à 65 %.

Pour un niveau de gestion donné, les pertes d'ensilage sont inversement proportionnelles au coût en capital de la structure (tableau 1). Les pertes en matière sèche dépendent aussi de la compétence en gestion ou des soins apportés à la conservation des ensilages.

TABLEAU 1 Pertes de matière sèche (%) pour divers types de silos et niveaux de compétence en gestion.

Type de silo	Teneur en eau (%)	Pertes au champ (%)	Pertes à l'entreposage (%) et compétence en gestion	
			Élevée	Faible
Silo tour à atmosphère contrôlée	40-60	6-12	3	8
Silo tour en béton	55-70	3-9	5	15
Silo couloir horizontal	60-85	2-8	9	20
Silo fosse	60-85	2-8	12	25
Meule couverte	60-85	2-8	15	40

Avant de choisir le silo qui vous convient, il faut tenir compte du coût annuel relatif par tonne de matière sèche entreposée. L'annexe A montre un exemple de calcul de ce coût pour trois types de silo. Le coût dépend principalement de l'investissement requis, du taux d'intérêt et de la valeur des pertes de matière sèche. Puisque ces données changent dans le temps et selon les régions, il importe de reprendre les calculs pour chaque situation particulière.

Il faut également tenir compte des nombreux avantages et inconvénients de chaque modèle avant de fixer son choix. Certains types de silo ne sont pas compatibles avec tous les genres d'exploitation agricole. Il arrive qu'un producteur habile peut tirer profit d'un silo à coût modeste, alors qu'une personne inexpérimentée aura besoin d'un silo plus coûteux pour obtenir des résultats comparables.

Voici un résumé de certains facteurs dont il faut tenir compte lors du choix d'un silo.

Silo horizontal ou silo couloir C'est le type de silo dont le coût initial en capital est le moins élevé, surtout lorsque de gros tonnages sont en jeu, et qui peut être construit avec les ressources humaines et l'équipement de la ferme. Il convient pour les récoltes et les systèmes de distribution d'aliments d'importance. On peut l'adapter au libre-service en utilisant une barrière ou un fil électrique, en particulier s'il y a un plancher et un tablier pavés; toutefois, ce système limite l'épaisseur de la pile à environ 2 m. Ce genre de silo convient particulièrement à l'ensilage de cultures coupées directement et très humides, car l'écoulement des jus y est moins important que pour un ensilage semblable entreposé dans un silo tour. Les pertes aux champs et le coût du fonctionnement de l'équipement peuvent être moins élevés avec les silos couloirs, si la coupe et le hachage du fourrage peuvent se faire simultanément. Toutefois, il faut beaucoup plus d'habileté et de temps pour limiter les pertes d'entreposage à un niveau acceptable (moins de 10 % M.S.) qu'il n'en faut avec les silos tours, surtout lorsque les ensilages ont une teneur élevée en matière sèche. L'aménagement d'un silo couloir exige plus d'espace et de voies d'accès qu'un silo tour. En outre, il faut plus de main-d'œuvre et d'équipement pour le charger et le décharger. Il faut tenir compte de l'égouttement et des amoncellements de neige lors du choix de l'emplacement d'un silo horizontal. On peut remplir le silo en déchargeant ou en soufflant le fourrage ou en le tassant avec un tracteur. La reprise du produit ensilé peut se faire par chargeur frontal ou avec une désileuse à tambour conçue spécialement pour les silos couloirs. Elle peut également s'effectuer sous forme de libre-service.

Silo tour Les silos tours sont faits de bois ou de béton (en douves ou moulé sur place). Les silos à atmosphère contrôlée sont revêtus de verre ou construits en acier aluminé ou en béton; on les équipe d'une désileuse par le bas ou par le haut. En plus d'être facilement adaptables aux systèmes de distribution mécanique des aliments, les silos tours prennent moins de place et conservent mieux la matière sèche que les silos horizontaux. Dans les silos tours traditionnels à déchargement par le haut, l'ensilage en surface est continuellement exposé à l'air. On obtient les meilleurs résultats en y ensilant des fourrages contenant 30 à 40 % de matière sèche et en prélevant au moins 5 à 10 cm d'épaisseur par jour. Les silos à atmosphère contrôlée réduisent le contact de l'air avec l'ensilage et permettent un écoulement continu des fourrages grâce au déchargement par le bas. Ils occasionnent moins de pertes que les silos tours traditionnels, mais coûtent plus cher à construire et à exploiter. On recommande généralement un fanage plus long pour les fourrages avant de les ensiler en silos à atmosphère contrôlée (une teneur en matière sèche de 40 à 55 %). Ceci peut constituer un désavantage dans les régions où le risque de pluie est élevé au moment de la récolte du fourrage à sa valeur nutritive optimale. Le gel peut également poser des problèmes de reprise avec l'ensilage très humide conservé dans les silos tours. Peu importe le type de silo utilisé, la qualité de l'aliment fermenté ne peut pas être meilleure que la qualité du produit ensilé.

Silo meule On peut conserver le fourrage excédentaire en tas semi-cylindrique, appelé meule. La meule doit être située dans un endroit bien drainé, être formée rapidement, scellée avec une feuille de plastique épaisse

(au moins 150 μm ou 6 millièmes de pouce) retenue par des pneus, des balles ou du sable et située dans une zone bien drainée. Les pertes sont moins élevées dans les régions à faible pluviosité et à basse température; il est préférable d'utiliser le produit pendant les saisons plus fraîches. Sur certaines fermes du nord-ouest québécois, les silos meules sont utilisés avec succès pour la conservation de l'ensilage des graminées. Ils représentent un système d'entreposage peu coûteux en investissement mais assez exigeant au niveau de la gestion pour éviter des pertes excessives pendant la conservation et l'alimentation.

Silo « boudin » L'entreposage dans un silo « boudin » coûte cher, mais la fermentation y est excellente lorsque les sacs de plastique restent bien scellés. En outre, le système est assez souple pour permettre les travaux à forfait lorsque les tonnages en cause sont relativement faibles. Les réparations et l'entretien sont minimales et on peut y entreposer de l'ensilage dont la teneur en matière sèche varie beaucoup (de 20 à 50 %). Par contre, ce système comporte plusieurs inconvénients : il prend beaucoup de place; la neige et la gelée peuvent poser des problèmes et les sacs de plastique ne sont pas réutilisables. En outre, comme avec les systèmes originaux il fallait énormément de temps pour remplir les sacs, le chantier de récolte en était ralenti; avec les systèmes plus récents, cependant, l'utilisation de sacs déjà pliés a permis de les remplir en quelques minutes. En général, un silo « boudin » est déchargé avec un chargeur frontal, mais il peut être conçu pour le libre-service. Une fois le silo ouvert, l'ensilage doit être utilisé rapidement pour éviter les pertes par moisissure, s'il contient plus de 40 % de matière sèche.

Ensilage en balles Bien que plusieurs modèles de grosses presses fassent des balles à haute densité propices à la fermentation, certains modèles plus anciens, équipés de rouleaux d'écrasement, peuvent causer des ennuis si le produit très humide s'enroule autour des rouleaux. Pour obtenir un bon ensilage, les balles doivent être uniformes, de densité égale et contenir idéalement entre 25 et 35 % de matière sèche. Il faut bien sceller les balles pour éviter que des moisissures se développent autour des bords de chaque balle. Si les balles ne sont pas denses, elles peuvent être lourdement endommagées par l'échauffement et sujettes à des pertes de matière sèche. Il faut les utiliser avant le retour du temps chaud. Les balles doivent mesurer au plus 1,2 m de diamètre parce qu'elles sont très humides et plus denses que le foin. Il faut les entasser sur un terrain bien drainé en laissant le moins d'espace possible entre elles, les couvrir et les sceller le même jour. On doit les utiliser dans les jours qui suivent immédiatement l'ouverture de l'enveloppe.

Additifs

À la lumière de la grande diversité des résultats obtenus avec l'ensilage, il semble primordial de mettre au point des méthodes plus fiables. Bien que les additifs améliorent la qualité de l'ensilage, il est important de savoir à quel moment ils sont utiles et quand ils constituent une dépense superflue. La teneur en eau de la culture au moment de l'ensilage est le principal facteur qui détermine l'utilité d'un additif. Il faut également tenir compte du

type de produit ensilé. Il est généralement reconnu que les additifs n'améliorent pas la fermentation de l'ensilage de maïs, mais qu'ils peuvent favoriser la fermentation d'autres cultures. On peut classer les ensilages en trois grandes catégories selon leur teneur en eau : les ensilages très humides contenant entre 70 et 85 % d'humidité, les ensilages préfanés contenant entre 60 et 70 % d'humidité (de 55 à 65 % dans les silos tours dont le diamètre est supérieur à 6,5 m) et les ensilages demi-secs contenant entre 40 et 60 % d'humidité. On recommande l'emploi d'un additif favorisant la production d'acide avec les ensilages très humides. L'utilisation d'un additif n'améliore la qualité de l'ensilage préfané que dans les cas où ce dernier est mal fabriqué et où le silo n'est pas suffisamment étanche ou qu'il est mal scellé.

Lesquels choisir ? Il y a actuellement une vaste gamme d'additifs disponibles sur le marché au Canada. Les principaux types sont les acides, les agents de sapidité, les antioxydants, les cultures bactériennes, les enzymes, les stérilisants, les antibiotiques et les aliments. Nombre d'entre eux favorisent légèrement la fermentation de l'ensilage, mais peu sont vraiment fiables.

Certains aliments, notamment la mélasse et les céréales, augmentent la teneur en éléments nutritifs de l'ensilage et fournissent une source de glucides fermentescibles qui font accélérer le processus de fermentation. En fait, une partie des éléments nutritifs est perdue au cours de la fermentation et on doit évaluer cette perte par rapport à la valeur nutritive d'aliments pareils servis directement aux animaux. D'autres aliments, notamment la pulpe de betterave, les céréales sèches ou le foin haché, peuvent réduire efficacement l'écoulement d'effluent et améliorer la fermentation de l'ensilage très humide. L'addition d'urée à l'ensilage de maïs (environ 4 kg/t) permet d'en accroître la teneur en azote.

Au cours des dernières années, on a utilisé de nombreux produits chimiques pour favoriser une fermentation adéquate dans les silos. L'ajout d'acide formique, à raison de 3 à 4 kg par tonne de poids vert d'ensilage (2 % du poids sec), abaisse le pH et empêche la fermentation secondaire dans les ensilages de graminées très humides. Des quantités de 4 à 5 kg par tonne sont requises pour l'ensilage des légumineuses. L'emploi d'un appareil à mesurer le pH est recommandé en vue de s'assurer que la quantité d'acide appliquée soit suffisante pour abaisser le pH du fourrage traité jusqu'à 4,2 sans toutefois aller plus bas que 4,0. Comme le produit est corrosif, les préposés doivent porter des gants de caoutchouc, des tabliers et des lunettes de protection lorsqu'ils mélangent les solutions d'acide formique et en remplissent les applicateurs, et laver l'équipement après chaque utilisation. De nombreuses études menées en Europe, aux États-Unis et au Canada ont révélé que l'addition d'acide formique à l'ensilage non fané (contenant entre 18 à 26 % de matière sèche) augmente de 4 à 8 \$ par tonne (matière humide) la valeur nutritive de l'ensilage en améliorant la digestibilité, l'ingestion et l'efficacité de l'utilisation du fourrage. On a utilisé un mélange de formaldéhyde et d'acide formique pour empêcher la dégradation de la fraction protéique du fourrage en azote non protéique. Des agents de conservation liquides à base d'acide propionique ont réduit la perte d'éléments nutritifs mais leur utilisation n'est pas commode.

Diverses entreprises offrent des additifs en poudre afin de profiter des avantages d'une baisse rapide du pH de l'ensilage tout en éliminant les problèmes liés à la manipulation de liquides corrosifs. Les réactions du bétail nourri aux ensilages traités avec ces poudres sont tellement variables que très peu de ces additifs sont présentement homologués au Canada. Ce sont des cultures de lactobacilles, dont les unes sont viables et les autres, non viables. On peut classer les additifs commerciaux en trois catégories : les sels de métabisulfite de sodium, conçus spécialement pour réagir avec l'eau des graminées très humides afin de produire de l'acide et d'abaisser le pH; les mélanges enzymatiques qui stimulent apparemment la fermentation et la production d'acide lactique; les cultures déshydratées de lactobacilles qui favorisent la production d'acide lactique.

En général, la réaction du bétail aux ensilages traités avec les deux dernières catégories d'additifs n'est pas meilleure que celle obtenue avec les ensilages non traités, quoique l'on ait noté une certaine hausse de la production d'acide lactique et des températures de fermentation. La première catégorie d'additifs a par contre permis de réduire l'altération en surface et d'améliorer l'appétibilité des ensilages très humides.

Chaque additif devrait être examiné isolément. Les résultats obtenus avec la plupart des additifs sont variables. La qualité de la gestion des cultures, leur maturité, l'espèce, la teneur en matière sèche du fourrage, le type de silo utilisé et les conditions météorologiques sont autant de facteurs qui peuvent influencer sur l'efficacité de ces produits.

Lorsqu'un ensilage est bien fait, il y a peu d'avantages à ajouter des additifs. On devrait considérer l'emploi d'additifs seulement dans le cas où il est difficile de satisfaire à toutes les conditions de réussite d'un ensilage. Au Canada, la condition la plus difficile à satisfaire est sans doute le préfanage dans les régions pluvieuses. C'est dans ces conditions que l'utilisation des additifs pourrait s'avérer utile.

Équipement et conditions de récolte

La plupart des grandes cultures et certains résidus se prêtent à la conservation par ensilage. L'appétibilité d'aliments médiocres est accentuée par la fermentation, alors que les fourrages luxuriants ont tendance à perdre de la saveur. L'ensilage n'améliore pas la valeur nutritive des produits ensilés, peu importe la structure du silo ou l'additif utilisé. Il est donc important de récolter les fourrages lorsqu'ils atteignent leur maturité optimale et de les ensiler à une teneur en eau optimale.

Règle générale, il faut récolter les graminées juste avant l'épiaison, à l'exception de la fléole dont l'épiaison doit être complète. Les légumineuses se récoltent du bourgeonnement jusqu'au dixième de la floraison; le blé, l'orge et le seigle, au stade pâteux et ferme, et l'avoine, pas plus tard qu'au stade laiteux. Le choix de l'espèce dépend de nombreux facteurs, notamment les conditions de croissance, le sol, la pluviosité, la rotation des cultures, le type d'animal à nourrir ainsi que l'équipement et les installations disponibles pour la récolte et la conservation. Le temps optimal pour la récolte des graminées et des légumineuses est souvent un compromis entre l'accroissement du rendement en matière sèche et la diminution de la digestibilité. Il est préférable

de servir aux vaches en lactation des aliments dont la digestibilité est maximale, alors que pour l'entretien des génisses de boucherie, on pourrait favoriser des aliments à rendement maximal. Les tableaux 2 et 3 donnent une idée approximative de la valeur nutritive et des rendements auxquels on peut s'attendre à divers stades de maturité.

La teneur en eau de la culture à ensiler est à la fois le facteur le plus important et le plus difficile à maîtriser dans la fabrication d'ensilage de qualité supérieure. La teneur en matière sèche des graminées et des légumineuses coupées directement peut varier entre 14 et 18 %, selon le stade de maturité, l'espèce et les conditions atmosphériques. L'ensilage de graminées, de légumineuses ou de mélanges de graminées et de légumineuses contenant moins de 30 % de matière sèche conduit à des pertes d'éléments nutritifs précieux par écoulement d'effluent dans les silos tours (tableau 4).

Si l'ensilage ne contient que peu de matière sèche, il se produit fréquemment une fermentation secondaire ou clostridienne, laquelle provoque une baisse de l'ingestion de matière sèche et de la digestibilité. Le préfanage est généralement nécessaire, mais ajoute une étape au chantier de récolte entraînant des coûts additionnels et des risques de perte de la matière sèche. L'ensilage contenant moins de 60 % d'humidité dans les silos en béton horizontaux ou verticaux, ou contenant moins de 50 % d'humidité dans les silos à atmosphère contrôlée, limite le degré de tassement possible et augmente le risque d'échauffement et de production d'un ensilage de faible durée de conservation dans la mangeoire. Le problème peut être particulièrement grave avec les ensilages de céréales à tige creuse, auxquelles on devra peut-être ajouter de l'eau au moment de l'ensilage pour obtenir un tassement convenable.

Il existe des doseurs d'humidité pour déterminer sur place la teneur en humidité des fourrages, mais il faut vérifier avec soin la précision de chaque instrument avant de l'acheter. Une simple manipulation et l'expérience sont encore les critères les plus fiables pour évaluer la teneur en humidité des fourrages.

Une poignée de fourrage haché mise en boule réagira différemment selon sa teneur en humidité.

<i>Boule de fourrage</i>	<i>Pourcentage approximatif d'humidité</i>
Retient sa forme; écoulement d'eau considérable	plus de 75
Retient sa forme; très peu d'écoulement d'eau	de 70 à 75
Se défait lentement; pas d'écoulement d'eau	de 60 à 70
Se défait rapidement	moins de 60

Équipement nécessaire à l'ensilage

Les récolteuses-hacheuses (fourragères) peuvent être équipées pour ramasser l'andain ou être munies d'un organe de coupe de type cylindrique (faucheuse à fléaux) pour couper directement et hacher le fourrage, et pour souffler le matériel haché dans un chariot, un camion ou une remorque. D'autres machines, pourvues de couteaux radiaux ou d'une barre de coupe

TABLEAU 2 Valeur nutritive (par rapport à la matière sèche) des légumineuses fourragères selon le stade de croissance où elles sont récoltées.

Stade de croissance	Pourcentage d'éléments nutritifs digestibles	Pourcentage de protéines brutes		Valeur de l'ingestion en pourcentage du poids
		Graminées	Légumineuses	
Végétatif	63	15,2	21,0	3,0
Montaison ou bourgeonnement	57	11,3	16,4	2,5
Floraison	50	7,5	11,5	2,0
Maturité	44	4,1	7,3	1,5
Regain	52	11,3	16,1	2,6

Source : Lovering, J., *Effect of timothy maturity at harvest on feeder cattle ration costs*, Can. Farm Econ. 10(2):25-32, 1975.

TABLEAU 3 Teneur en protéines et rendement en matière sèche de la fléole selon la maturité.

Jours écoulés depuis la première coupe	Pourcentage de protéines brutes	Rendement en matière sèche kg/ha
0	15,9	5190
14	14,0	6270
28	10,9	8050
49	9,2	9780

Source : Lovering, J., *Effect of timothy maturity at harvest on feeder cattle ration costs*, Can. Farm Econ. 10(2):25-32, 1975.

horizontale, ne coupent pas aussi uniformément et peuvent provoquer plus facilement du bourrage. Les couteaux radiaux sont désavantageux puisqu'il faut les retirer pour les aiguïser. Tous les types demandent passablement de puissance. La récolteuse-hacheuse de taille moyenne a besoin d'un tracteur de 70 kW pour actionner la prise de force et tirer la récolteuse et le chariot. On peut récolter entre 10 et 14 tonnes de poids vert (de 3 à 6 tonnes de matière sèche) d'ensilage de graminées et de légumineuses à l'heure, selon le rendement en fourrage et les conditions du champ. Pour ce qui est du hachage des ensilages de graminées, de légumineuses et de céréales, il est important de noter que plus le produit est sec, plus le hachage doit être fin pour obtenir le tassement qui convient.

Le fourrage haché peut ensuite être transporté au silo dans les caisses à fourrage de différentes sortes. Ces dernières peuvent être montées sur un camion ou une remorque et être équipées d'un fond amovible ou d'un mécanisme à bascule. Il faut entre 22 et 37 kW pour tirer les chariots, selon les conditions du sol et la topographie. La distribution et le tassement uniformes du fourrage haché sont essentiels, peu importe le type de silo utilisé. Des ensileuses-souffleuses équipées d'un distributeur chargent uniformément les gros silos tours et l'ensilage se tasse sous son propre poids. Cependant, il est plus facile de tasser l'ensilage dans les silos à diamètres plus petits. Il ne faut jamais entrer dans un silo partiellement rempli avant d'avoir fait fonctionner la souffeuse pendant au moins 30 minutes afin d'expulser les gaz toxiques. Pour assurer le tassement de l'ensilage dans les silos horizontaux, il importe de faire appel à un employé compétent pour conduire un tracteur muni d'un arceau de sécurité et de pneus jumelés. L'ensilage bien tassé doit paraître ferme et non pas spongieux.

Le désilage s'effectue de différentes façons. On utilise souvent des désileuses pour vidanger les silos par le haut. Il est préférable d'utiliser un modèle suspendu plutôt que porté sur l'ensilage, dans les régions où le gel est rigoureux. En outre, la désileuse doit être équipée d'une déchiqueteuse et d'un mécanisme de contrôle de niveau pour décharger l'ensilage gelé. En s'aidant d'un ohmmètre, le préposé doit s'assurer du fonctionnement efficace de la machine sans surcharge du moteur. Les désileuses par le bas permettent une alimentation continue pendant que se poursuit le remplissage du silo. Toutefois, elles coûtent cher à réparer et ne fonctionnent pas convenablement si l'ensilage contient moins de 30 % de matière sèche.

On peut décharger les silos horizontaux avec une benne de tracteur-pelle solide, équipée si possible d'une pince de blocage. Il faut prendre soin de

TABLEAU 4 Taux d'écoulement (30 jours) et composition chimique de l'effluent d'ensilage selon la teneur en matière sèche du fourrage ensilé.

Pourcentage de matière sèche de l'ensilage	Effluent				Cendres en pourcentage de matière sèche
	Écoulement kg/jour	Protéines %	Glucides solubles g/L	Matière sèche %	
15,7	972	0,72	16,4	4,42	18,9
17,0	408	0,82	19,8	5,06	18,9
20,0	380	1,12	15,5	6,78	17,9
24,4	166	1,42	26,5	8,40	15,4

Source : Fisher, L.J., Zurcher, P., Shelford, J.A. et Skinner, J., *Quality and nutrient content of effluent losses from ensiled high moisture grass*, Can. J. Plant Sci. 61:307-312, 1981.

garder ferme le front d'attaque. Il y a moins de pertes avec les désileuses commerciales qui sont conçues pour couper des tranches verticales du front d'attaque tout en le gardant ferme et pour souffler l'ensilage dans une remorque qu'avec tout autre système de désilage. On peut adapter les silos horizontaux au libre-service en utilisant une clôture électrifiée ou une barrière pour restreindre les mouvements des bovins. Le libre-service exige moins d'équipement et d'énergie et constitue le système le plus efficace d'utilisation de l'ensilage, à condition d'être effectué adéquatement. Les silos horizontaux équipés pour le libre-service doivent être à l'abri de la neige et de la pluie, et être pourvus d'un plancher et d'un tablier bétonnés facilitant le ramassage du fumier, lequel sera entreposé dans un endroit accessible.

La distribution des aliments du bétail se fait d'habitude mécaniquement, soit par une distributrice mélangeuse (remorque ou camion) ou par une mangeoire automatique ou une combinaison des deux. La distributrice mélangeuse permet d'incorporer efficacement les céréales ou les compléments dans une ration de fourrage et peut être équipée des balances nécessaires pour préparer avec exactitude des aliments complets. Elle permet également la distribution d'ensilage dans des endroits qui ne peuvent pas être desservis par un convoyeur.

On utilise généralement une mangeoire mécanique (vis transporteuse ou vis d'Archimède) avec un silo tour. Toutefois, ce système ne transporte pas les longs brins de foin ou de paille et exige beaucoup de puissance comparativement aux autres systèmes comme les chaînes, les barrettes et les convoyeurs à impulsion ou les transporteurs vibrants.

Les ensilages comme aliments du bétail

Ensilage de graminées et de légumineuses Les légumineuses contiennent généralement peu de glucides solubles et ont une capacité tampon élevée. Les cultures comme la luzerne pure réagissent bien en général à l'ensilage lorsqu'on leur ajoute des additifs acides; autrement, elles doivent être cultivées et ensilées avec des graminées. Les ensilages de graminées et de légumineuses ont une moins grande valeur nutritive que les graminées fraîches, car elles plaisent moins aux aminaux et perdent des éléments nutritifs lors des conversions métaboliques qui ont lieu pendant la fermentation. Comme dans le cas du fourrage conservé sous forme de foin, la valeur nutritive et l'ingestion volontaire diminuent rapidement s'il y a une baisse de la qualité du produit lors du processus de conservation. Il est généralement plus difficile d'évaluer à l'œil la qualité de l'ensilage que celle du foin. Il est donc primordial de déterminer quelles seront les analyses chimiques qui permettront de déterminer la qualité de l'ensilage. La teneur en matière sèche devrait également être corrigée compte tenu des pertes de composés volatils. On se sert de la teneur en fibre établie par détergent acide et de celle en lignine pour évaluer la maturité et la digestibilité, ainsi que des diverses fractions azotées pour déterminer l'altération causée par la chaleur. Ces critères chimiques peuvent tous aider à prédire la valeur nutritive des ensilages.

On a mis en corrélation l'ingestion des ensilages avec la teneur en matière sèche, le pH, la concentration en ammoniacque et l'acidité totale de l'ensilage, mais on n'a pas réussi à déterminer de façon certaine l'existence de rapports

constants. La neutralisation partielle par le bicarbonate de sodium au moment de l'alimentation a amélioré l'ingestion de l'ensilage de maïs, mais pas celle des ensilages de graminées ou de légumineuses. Comme avec d'autres méthodes de conservation des fourrages, les ensilages à faible teneur en protéines ou en phosphore ne sont pas consommés aussi promptement ni digérés aussi complètement que les ensilages dont les teneurs en ces éléments sont adéquates.

Si on compare la valeur nutritive des ensilages à celle du foin en prenant comme critère le poids, on s'aperçoit que la principale différence est la teneur en eau. En effet, le foin n'a que 10 à 15 % d'humidité (de 85 à 90 % de matière sèche), alors que la teneur en eau des ensilages varie entre 50 et 80 % (de 20 à 50 % de matière sèche). Pour cette raison, il faut servir jusqu'à cinq fois plus de kilogrammes d'ensilage pour obtenir une consommation de matière sèche équivalente à celle fournie par une quantité de foin donnée. Par exemple, il suffit de 10 kg de foin contenant 10 % d'humidité pour obtenir 9 kg de matière sèche, alors que 45 kg d'ensilage à 80 % d'humidité sont nécessaires pour avoir la même quantité de matière sèche. D'après de nombreux résultats de recherche, on peut conclure que la consommation de matière sèche augmente d'environ 1 % pour chaque augmentation de 1 % du contenu de matière sèche, au moins pour les ensilages contenant entre 15 et 35 % de matière sèche. Pour des matières sèches plus élevées, la consommation augmente très peu. Cependant, la digestibilité des fourrages décroît légèrement avec une augmentation de la matière sèche, les fourrages plus humides étant souvent plus digestibles parce qu'ils sont moins murs.

La quantité de grains ajoutée aux fourrages a généralement un effet positif sur la consommation totale et sur la production de lait. Le tableau 5, établi à partir de données provenant de la station de recherches d'Agassiz et du Centre de recherches zootechniques d'Ottawa, illustre le choix du fourrage et de la quantité de grain consommée sur la production de lait.

Les ensilages de graminées, de légumineuses et de légumineuses conviennent à toutes les classes de ruminants âgés de plus de 6 mois.

Ensilages de céréales Il est pratique pour de nombreux éleveurs de bestiaux d'ensiler leur récolte de céréales. Les céréales diffèrent des graminées et des légumineuses en ce que leur qualité est maximale à l'approche de la maturité du grain, sauf pour l'avoine. Il faut prendre soin d'ensiler adéquatement les céréales, parce qu'elles manquent parfois d'humidité. Il est donc essentiel de les hacher finement et de les tasser avec soin. Au cours de l'ensilage, il faut ajouter de l'eau pour favoriser le tassement si la teneur en matière sèche est supérieure à 40 % dans un silo couloir ou à 50 % dans un silo tour.

Les céréales ensilées contiennent généralement moins de protéines que les graminées et doivent être traitées de la même façon que l'ensilage de maïs en ce qui concerne les compléments. En particulier, il faut s'assurer qu'on ajoute des protéines et du calcium dans les rations pour ruminants à base d'ensilage de céréales. La digestibilité, ou valeur alimentaire de l'ensilage de céréales, dépend de la quantité de paille coupée avec l'épi. Le but fondamental de l'ensilage de céréales est de maximiser le rendement en matière sèche en utilisant la plante en entier, tout en effectuant la récolte des grains et de la paille en une seule opération. Cependant, de nombreux exploitants

TABLEAU 5 Ingestion d'ensilages de graminées et de légumineuses par les vaches en période de lactation.

Type d'ensilage	Matière sèche %	Protéines %	Ingestion de M.S. d'ensilage kg/jour	Ingestion de M.S. de céréales kg/jour	Rendement en lait kg/jour
Sorgho menu	23,0	8,5	9,2	4,7	17,2
Luzerne	27,8	19,3	9,9	4,8	21,3
Dactyle pelotonné	21,8	16,0	11,1	9,6	28,7
Ray-grass	22,2	12,8	9,2	9,2	27,6
Dactyle pelotonné et trèfle blanc	22,6	19,6	13,0	6,2	25,0

de parcs d'engraissements ont tendance à utiliser de l'ensilage d'épis. La récolte des épis d'orge pour l'ensilage se fait d'habitude au stade pâteux moyen. Cet ensilage contiendra environ 50 % de matière sèche sous forme de 50 % de grains et 50 % de menue paille et de paille (poids sec). Sa teneur en protéines brutes pourra atteindre 13 %, selon la saison de croissance et les cultivars utilisés. Les vaches tarées et les génisses de remplacement nourries à l'ensilage de céréales peuvent afficher un gain de poids excessif. Un bref résumé des résultats de nombreux essais alimentaires effectués par les chercheurs du Centre de recherches zootechniques sur les ensilages de céréales est présenté au tableau 6. Le Département de zootechnie et d'aviculture de l'Université de la Saskatchewan a également mené de nombreuses études sur les ensilages de céréales et les résultats de ces expériences sont résumés dans l'annexe B.

L'ingestion d'ensilage de céréales chez les vaches laitières a varié selon la qualité d'ensilage, la quantité de grains complémentaires servie et le degré de production, mais en règle générale, le stade pâteux ferme a fourni la source d'énergie la plus élevée. Il faut se rappeler toutefois que le blé d'hiver est faible en protéines et que la teneur en protéines des céréales décroît avec la maturité; pour cette raison, il est nécessaire d'ajouter des compléments appropriés à la ration.

Conclusions

Le perfectionnement des méthodes d'ensilage et des systèmes de distribution automatique des aliments a popularisé l'ensilage des fourrages comme moyen d'utilisation des graminées, des légumineuses et des céréales.

L'ensilage réduit le temps de fanage et le risque de pertes au champ par rapport à la fenaison, mais il implique généralement des coûts plus élevés en machinerie et en structure d'entreposage.

Diverses structures sont disponibles pour la conservation des ensilages : le silo tour traditionnel en béton, le silo tour à atmosphère contrôlée en béton ou en acier, le silo couloir horizontal ou le silo en tas, ou meule, recouvert d'une toile de polyéthylène. En général, les silos les plus coûteux (à atmosphère contrôlée) conservent le mieux la quantité et la qualité des fourrages. Mais il est important de vérifier si la valeur accrue des fourrages compense adéquatement le coût supplémentaire d'entreposage.

Les additifs donnent des résultats variables et ne sont pas utiles lorsque l'ensilage est bien fait. Pour ce faire, il faut couper la plante au stade de maturité optimale, laisser faner légèrement jusqu'à 30 ou 40 % de matière sèche pour les herbages (ou ajouter de l'eau au besoin pour les céréales entières plus sèches), hacher finement, remplir le silo rapidement et bien sceller. Dans certaines régions pluvieuses où le fanage est difficile, l'addition d'acide formique s'avère être le meilleur moyen pour conserver l'ensilage humide.

Les caractéristiques chimiques de l'ensilage, ainsi que la valeur nutritive, varient avec le genre de fourrage utilisé et la méthode de fermentation employée. Pour bénéficier le plus possible d'un programme d'alimentation avec des ensilages, il faut inclure dans le programme la vérification de la qualité à intervalles réguliers par une méthode normale de laboratoire, ainsi que l'utilisation de compléments appropriés.

TABLEAU 6 Ingestion de matière sèche, teneur en fibre déterminée par détergent acide, teneur en protéines et digestibilité des ensilages de céréales.

Céréales	Matière sèche %	Ingestion de matière sèche kg/jour	Teneur en fibre déterminée par détergent acide %	Protéines %	Digestibilité		Rendement en lait kg/jour
					Matière sèche %	Protéines %	
Ensilage d'avoine							
stade laiteux	31,9	10,1	33,5	14,4	64,8	67,0	18,2
stade pâteux mou	36,6	11,6	34,2	10,5	58,5	62,2	19,4
Blé d'hiver							
stade laiteux	32,6	13,2	34,5	8,3	55,8	54,5	15,2
stade pâteux mou	38,5	13,1	30,3	7,0	53,7	51,6	14,8
stade pâteux ferme	40,2	14,0	27,4	7,2	56,6	53,2	15,9
Triticale	33,1	9,3	32,5	12,8	56,6	—	21,4
Orge							
stade laiteux	22,8	9,7	26,4	16,4	59,4	—	18,7
stade pâteux mou	30,8	11,0	28,0	11,3	59,0	—	17,9
stade pâteux ferme	45,8	10,6	30,2	9,8	55,9	—	18,5
Seigle avant l'épiaison	23,9	7,4	43,4	8,5	53,0	46,1	14,6

ANNEXE A

Coûts annuels d'entreposage de 168 t de matière sèche (M.S.) récoltable dans le champ.

	Silo tour à atmosphère contrôlée en béton 6 m × 21 m	Silo tour traditionnel en béton 6 m × 21 m	Silo couloir 9 m × 36 m × 3 m
Coûts			
Silo			
Désileuse	45 000,00 \$	30 000,00 \$	15 000,00 \$
Coût annuel du capital (12 %/an)*	15 000,00 \$	7 000,00 \$	4 000,00 \$
Entretien de la désileuse (4 %/an)	7 200,00 \$	4 440,00 \$	2 280,00 \$
Coût total annuel par tonne de M.S.	600,00 \$	280,00 \$	160,00 \$
Pertes au champ	46,43 \$	27,86 \$	14,52 \$
Pertes à l'entrepôt	10 %	8 %	8 %
	5 %	10 %	15 %
Coût des pertes par tonne récoltable (80 \$/t M.S.)†	12,00 \$	14,40 \$	18,40 \$
Coût annuel non rajusté (\$/t M.S.)	58,43 \$	42,26 \$	32,92 \$
Facteur d'utilisation‡	1,5	1,25	1,25
Coût annuel rajusté pour l'utilisation (\$/t M.S.)	38,95 \$	33,81 \$	26,34 \$

* Le coût annuel du capital est calculé selon la formule des annuités :

$$i(1+i)^n / [(1+i)^n - 1]. \text{ Ici on a supposé une période de 20 ans } (n = 20) \text{ et un taux d'intérêt de } 10\% (i = 0,10).$$

† La valeur des fourrages est donnée en \$/t M.S. Une valeur de 80 \$/t M.S. est équivalente à 64 \$/t de foin à 20 % d'humidité, à 40 \$/t d'ensilage à 50 % d'humidité et à 16 \$/t d'ensilage à 80 % d'humidité.

‡ Le facteur d'utilisation correspond au nombre de fois qu'un silo peut être rempli par année.

ANNEXE B

Résumé de la valeur nutritive des ensilages de céréales.

	Composition de l'ensilage exprimée en pourcentage de matière sèche						
	Pourcentage de matière sèche	Protéines brutes	Cendres	Lignine	Teneur en fibre déterminée par détergent neutre	Teneur en fibre déterminée par détergent acide	Ingestion volontaire kg/jour
ORGE							
Bonanza	31,2 (22,7-35,2)*	13,1 (12,0-15,2)	8,1 (7,9-8,3)	6,4 (4,7-7,5)	58,2 (57,4-59,0)	30,4 (25,2-34,4)	4,2 (2,2-5,9)
Hector	31,0	14,3	—	—	—	—	4,3
BLÉ							
Fielder	52,6	10,7	—	—	—	33,1	4,7
Glenlea	39,4 (37,9-41,3)	13,0 (12,4-13,3)	6,8 (6,7-6,9)	7,8 (6,9-8,8)	56,5 (52,3-60,8)	32,7 (29,7-35,9)	4,5 (3,5-5,0)
Lemhi	39,1	13,1	5,9	8,0	53,7	35,1	2,9
Neepawa	43,5 (41,9-45,0)	12,7 (12,4-13,0)	—	—	—	33,0	5,4 (5,3-5,5)
Pitic-62	37,9 (37,2-38,6)	12,7 (11,9-13,4)	7,6 (6,5-8,7)	6,8 (6,4-7,3)	55,0 (54,8-55,1)	33,7 (33,3-34,1)	2,7 (2,3-3,0)

ANNEXE B

Résumé de la valeur nutritive des ensilages de céréales. (suite)

	Pourcentage de matière sèche	Protéines brutes	Cendres	Lignine	Composition de l'ensilage exprimée en pourcentage de matière sèche			Ingestion volontaire kg/jour
					Teneur en fibre déterminée par détergent neutre	Teneur en fibre déterminée par détergent acide		
Sinton	44,2	11,1	—	—	—	37,7	3,3	
Wascana	38,4 (37,2-39,6)	12,8 (12,7-12,9)	7,2	7,5	58,2	35,1	3,3 (2,3-4,3)	
AVOINE								
Fraser	36,5 (33,9-37,8)	11,0 (10,4-11,6)	7,8 (7,4-8,2)	7,0 (6,5-7,5)	57,1 (52,1-62,2)	31,2 (31,1-31,2)	4,3 (3,4-5,1)	
Hudson	43,0	11,0	—	—	—	32,1	4,9	
Random	40,1 (36,4-43,7)	11,3 (10,8-11,7)	—	—	—	32,8	5,2 (5,1-5,2)	
1863-4	36,5	10,8	6,0	7,9	52,9	33,3	4,1	

* Étendue de valeurs observées. Les données ont été fournies par D.A. Christianson et G.M. Stacey, Département de zootechnie et d'aviculture de l'Université de la Saskatchewan, 1981.

ANNEXE C

Capacité de matière sèche (tonnes métriques) approximative dans les silos tours.

Hauteur m	Diamètre m										
	3,0	3,7	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1
6,1	7	11	14	19	24	30	36	43	51	59	67
7,3	10	14	19	24	31	39	47	55	66	76	88
8,5	12	17	24	32	40	48	58	69	82	94	108
9,8	14	21	29	37	47	59	71	84	99	115	132
11,0	17	25	34	44	56	69	84	99	117	136	156
12,2	20	29	40	52	65	81	97	115	136	157	180
13,4		34	45	59	74	92	112	133	156	181	208
14,6		38	51	67	84	104	127	151	177	205	236
15,8			58	75	95	117	142	169	199	230	264
17,1			64	84	106	131	158	188	220	256	294
18,3			71	92	117	144	174	207	248	280	324
19,5					129	158	190	227	270	308	355
20,7					141	172	207	247	294	336	386
21,9								266	318	363	416
23,2								285	341	387	444
24,4								303	356	413	472

N.B. Les capacités sont calculées de façon à prévoir 0,3 m de tassement pour les 10 m du haut, et 1 m de tassement par 10 m d'épaisseur pour tout l'ensilage en dessous.

Pour calculer la masse humide totale, on multiplie la matière sèche par le facteur $\frac{100}{(100 - \text{tee})}$ où tee est la teneur en eau sur une base humide (%).

Source : American Society of Agricultural Engineers Yearbook, St. Joseph, Michigan, 1983.

ANNEXE D

Capacité approximative de silos horizontaux tassés (tonnes de matière sèche).

Largeur du silo m	Hauteur de la paroi du silo m	Longueur du silo m				
		20	24	30	36	50
9	3,0	96	119	153	187	266
	3,6	117	145	188	231	331
	4,2	137	172	224	276	398
12	3,0	129	159	204	249	355
	4,2	183	230	299	369	531
	5,4	237	301	399	496	723
15	4,8	263	332	435	539	781
18	4,8	315	398	523	647	937

Pour calculer la masse humide totale, on multiplie la matière sèche par le facteur $\frac{100}{100 - tee}$ où tee est la teneur en eau sur une base humide (%).

