

## QUELQUES DONNEES RECENTES SUR LA CONSERVATION PAR ENSILAGE

### INTRODUCTION

**D**EUX METHODES DE CONSERVATION DES FOURRAGES S'OFFRENT AU CHOIX DE L'AGRICULTEUR : LA FENAISSON OU L'ENSILAGE ; LA DESHYDRATATION ARTIFICIELLE n'est pas rentable à l'échelle de la petite ou moyenne exploitation.

Plusieurs raisons permettent de supposer que, pour une production et une utilisation fourragère intensive, l'intérêt de la conservation par ensilage ira en croissant dans l'avenir :

— les progrès rapides de la mécanisation, de la fabrication et de la distribution d'aliments ensilés, aboutissent à une économie appréciable de main-d'œuvre, dont la pénurie rend de plus en plus difficile la pratique de la fenaison ;

— l'éleveur est obligé d'adopter des techniques d'alimentation permettant de produire du lait et de la viande à des prix rentables et compétitifs. Or, l'introduction d'ensilage dans la ration des bovins et des moutons augmente la consommation des fourrages produits sur l'exploitation, et abaisse le besoin en aliments concentrés qui sont plus onéreux.

La sécurité de la conservation de fourrages par ensilage est encore aujourd'hui loin d'être absolue, puisque des conditions apparemment similaires sont susceptibles d'aboutir aussi bien à la réussite qu'à l'échec. La connaissance

des facteurs qui régissent le processus fermentaire de l'ensilage et des moyens permettant d'en mieux contrôler l'orientation, peut contribuer à en réduire les aléas.

Malheureusement, les principes fondamentaux sur lesquels repose le procédé d'ensilage ne sont pas toujours suffisamment compris dans la pratique. Dans bien des cas, les échecs entraînant pour l'agriculteur de lourdes pertes en réserves alimentaires et en capitaux, ont pour cause le *mauvais choix* ou *l'application défectueuse* d'une technique, plutôt que l'imperfection actuelle du procédé de conservation lui-même.

Il ne semble dès lors pas inutile de rappeler brièvement ces principes ; nous insisterons plus spécialement sur les données les plus récentes, dont les applications pratiques permettent d'améliorer la sécurité de la conservation par ensilage.

## **I — CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DE LA CONSERVATION PAR ENSILAGE**

Le procédé, on le sait, fait appel à la voie fermentaire. La masse végétale verte, mise à l'abri dans un silo, subit une fermentation spontanée par suite de l'intervention de la population bactérienne du milieu et des enzymes végétales. Cette action conjuguée modifie sensiblement la composition originale du fourrage. La dégradation glucidique se solde par l'apparition dans la masse d'acides organiques spécifiques de l'ensilage (acides acétique, propionique, butyrique et lactique). Les protides sont plus ou moins remaniés et peuvent engendrer des quantités élevées d'ammoniaque, qui déprécie la valeur alimentaire de l'ensilage. L'intensité de ces phénomènes et leur orientation favorable, ou défavorable, dépendent des conditions régnant dans le milieu du silo ; elles sont décisives, non seulement pour les pertes de matière nutritive, mais également pour la qualité de l'ensilage.

Ce dernier aspect mérite attention, car les substances issues des dégradations fermentaires exercent des effets spécifiques sur les échanges nutritionnels de l'animal et, par conséquent, peuvent avoir des incidences sur une spéculation zootechnique, telle la production de lait ou de viande.

Les pertes en éléments nutritifs qu'occasionne ce mode de conservation sont inhérentes :

— à la nature même du procédé de conservation : respiration cellulaire, activité bactérienne, écoulement par drainage de sève interstitielle riche en éléments nutritifs solubles ;

— *au facteur humain* : mauvaise conduite des opérations, étanchéité et protection insuffisante du silo, tassement et drainage défectueux, choix inadéquat de l'agent de conservation, etc...

Or la préservation d'un ensilage dépend pour une large part de l'acidification lactique ; celle-ci ne s'instaure spontanément d'une façon prédominante que si les conditions qui prévalent dans la masse ensilée se prêtent à la prolifération et à l'activité des lactobacilles, et inhibent celles des microflores protéolytique et butyrique.

Les progrès récents des connaissances en matière d'ensilage montrent que l'obtention de telles conditions est tributaire de certains facteurs qui contrôlent les processus fermentaires.

## II — FACTEURS FONDAMENTAUX

Parmi ces facteurs, l'anaérobiose, la teneur en matière sèche et la concentration des sucres fermentescibles en acide lactique exercent une influence qui est de loin prépondérante.

### 1) Anaérobiose

En théorie, les glucides du fourrage sont utilisés avec davantage de profit par l'activité fermentaire de la micropopulation lactique du silo, que par l'activité respiratoire des cellules végétales. L'intensité de ce dernier phénomène est étroitement liée au volume d'oxygène présent dans le milieu. En aérobiose, la combustion des glucides par la cellule végétale aboutit à un dégagement de gaz carbonique et de chaleur (673 calories par molécule de glucose oxydé). Il en résulte une élévation notable de la température dans le silo, qui exerce sans aucun doute un effet bénéfique sur la qualité finale de l'ensilage et sur son appétibilité.

Il est en effet rare que des fermentations indésirables se produisent dans un ensilage dont la température, en phase de fermentation active, dépasse 54° C. Mais des températures aussi élevées abaissent la digestibilité, surtout celle de la partie azotée du fourrage, et entraînent des pertes d'éléments nutritifs extrêmement élevées.

Pour WIERINGA (1960), la diminution de digestibilité constatée est due à l'action conjuguée de la température élevée et de l'oxygène ; cette action ne s'exercerait qu'à partir d'un seuil critique de 55° C, et découlerait des conditions d'aérobiose prévalant dans le silo dans les tout premiers jours de la conservation.

D'après des études très récentes, il semble évident que des basses températures (inférieures à 35° C), obtenues grâce à une bonne anaérobiose procurent un ensilage de qualité très correcte avec des pertes fort réduites (LANGSTON et al. 1958, WIERINGA 1959, MURDOCH 1960).

La production d'acide butyrique, en particulier, est à son maximum dans la zone de 35° C ; il y a donc lieu de maintenir le milieu à une température nettement inférieure.

L'anaérobiose conditionne donc essentiellement la prolifération et l'activité de la microflore lactique, ainsi que l'asphyxie rapide des cellules végétales ; son obtention dépend cependant :

— du type de silo :

Un silo mal conçu (étanchéité, drainage et compression insuffisante) peut entraîner des pertes importantes de matière sèche. SEARS et GOODALL (1947) chiffrent celles-ci respectivement à 28, 42 et 52 % en silo-fosse, silo-meule non couvert et silo-meule couvert ; à cet égard il ne semble pas que les bâches en plastique offrent une étanchéité satisfaisante pour l'ensilage en meule (BUYSSE, 1961).

— de l'état physique des matériaux ensilés :

Les fourrages feuillus se tassent mieux que ceux dont la tige est forte ou creuse. Le hachage ou la lacération préalable facilitent fortement l'élimination de l'air. La lacération a, de plus, l'avantage de maintenir la température à un niveau plus bas et de rendre plus rapidement disponibles les sucres fermentescibles en acide lactique.

## 2) Teneur en Matière Sèche

Une teneur élevée en matière sèche exerce une influence favorable sur les fermentations et sur les pertes de matières organiques au cours de la conservation ; elle stimule la fermentation lactique, diminue l'acidité volatile de l'ensilage, et réduit presque totalement les pertes par drainage.

Les résultats suivants, obtenus par MURDOCH, corroborent ces phénomènes.

Matière Sèche initiale %	14,8	22,8	34,4
Pertes de Matière Sèche %	28,5	27,8	8,3
Acide lactique %	0,1	0,7	2,2
Acides volatils %	10,0	8,1	1,8

On considère actuellement que le taux de Matière Sèche particulièrement propice est de l'ordre de 30 %, sans toutefois dépasser 40 %.

Les observations recueillies dans la pratique, lors des concours d'ensilage organisés en 1959 dans les départements de la Manche et de l'Aisne, confirment l'action bénéfique du faible taux d'humidité des fourrages. Les échantillons dont le taux dépassait 77 % ont obtenu les notes les plus faibles, attribuées en fonction des concentrations en azote ammoniacal, acides acétique et butyrique.

Du point de vue zootechnique, l'augmentation du taux de Matière Sèche de l'ensilage est également désirable ; la consommation de l'aliment est accrue par sa meilleure appétibilité (MOORE et THOMAS, 1960).

Les expériences de MURDOCH (1960), avec des vaches, illustrent fort bien ce fait :

	1 <sup>re</sup> expérience		2 <sup>e</sup> expérience	
Teneur de l'ensilage en Matière Sèche %	18,7	26,5	15,2	18,1
Matière Sèche consommée journallement (en Lbs)	15,6	18,5	16,5	18,5

### 3) Concentration en sucres fermentescibles en acide lactique

Au cours du processus fermentaire naturel, le fourrage ensilé se trouve efficacement protégé lorsqu'il y a production massive d'acide lactique. Cela suppose une grande disponibilité du milieu en glucides fermentescibles par les bactéries lactiques. Or, dans certains types de fourrages (luzerne, trèfle, fourrages trop jeunes ou trop pauvres en matière sèche) le facteur limitatif de cette acidification est l'insuffisance des réserves glucidiques solubles.

La figure ci-après (Fig. 1, ZELTER, 1960) qui rapporte les résultats obtenus avec une luzerne enrichie en sucre au moyen d'un apport de glucose extrait du maïs, matérialise cette relation. Inversement, l'insuffisance en acide lactique permet à la fermentation butyrique de devenir prédominante (Fig. 2, ZELTER, 1960).

Ces graphiques montrent qu'un taux minimum d'environ 13 % de sucres solubles dans la matière sèche serait nécessaire pour obtenir une fermentation lactique satisfaisante, avec un fourrage de luzerne à 22 % de matière sèche.

Une teneur du même ordre (14 %) est jugée nécessaire par WIERINGA (1960) pour une herbe de prairie à 15 % de matière sèche ; mais lorsque

EVOLUTION DE L'ACIDIFICATION LACTIQUE

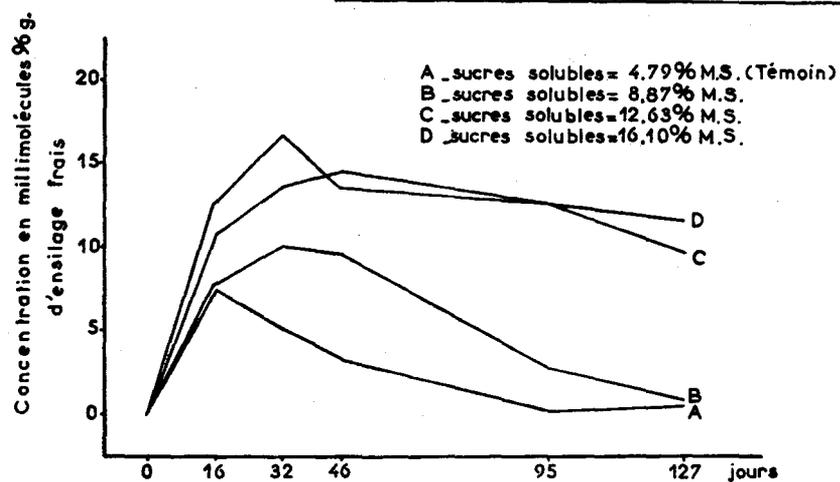


FIGURE 1

EVOLUTION DE L'ACIDIFICATION BUTYRIQUE

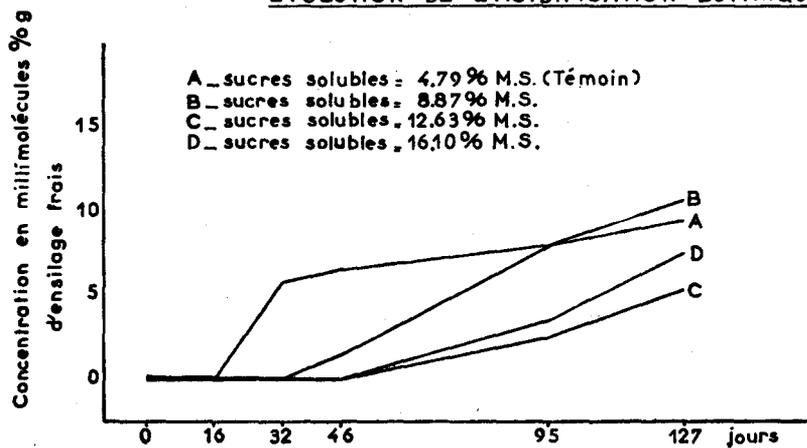


FIGURE 2

cette dernière atteint 30 %, une richesse en sucres de 7 % permet d'obtenir une fermentation lactique d'intensité comparable.

La nature des réserves glucidiques intervient également. Certains pentoses, les hexoses (glucose, fructose) et les disaccharides comme le saccharose et le maltose, contrairement à l'amidon cru, sont fermentés massivement en acide lactique et donnent peu d'acide acétique.

A noter aussi que la richesse en sucres solubles varie non seulement avec les espèces fourragères, mais encore avec le stade de végétation (JARRIGE, 1954). De plus, une application massive de fertilisants peut abaisser cette teneur (WAITE, 1958).

Pour conclure sur ce point, il y a lieu d'insister sur les difficultés que présente l'ensilage de plantes jeunes, ou pauvres en matière sèche, ou de légumineuses. Dans le cas de ces fourrages, les fermentations préjudiciables à la valeur nutritive et à la qualité du produit final ne sauraient être enrayerées s'il n'est pas remédié à la carence glucidique par un traitement adéquat.

### III — TRAITEMENTS DE PROTECTION

Les solutions préconisées pour préserver durant l'ensilage les fourrages riches en protides, mais pauvres en glucides solubles et en matière sèche, sont nombreuses. Les constatations expérimentales et pratiques accumulées dernièrement démontrent toutefois que seules certaines de ces solutions résolvent d'une manière satisfaisante le problème.

#### 1) Adjonction d'agents de conservation

Des résultats quasiment comparables peuvent être obtenus en recourant à l'un des moyens ci-après :

— Stimulation de la fermentation lactique par enrichissement du milieu en sucres fermentescibles par la microflore lactique.

— Inhibition de l'activité bactérienne indésirable, grâce à des substances à effet bactériostatique.

— Abaissement prompt du pH des matériaux ensilés par une acidification artificielle, afin d'enrayer simultanément l'activité respiratoire végétale et l'activité bactérienne.

### a) Stimulation de la fermentation lactique

Il est généralement admis (MURDOCH, 1961) qu'au moment de la mise en silo le fourrage vert est suffisamment pourvu en lactobacilles pour instaurer une fermentation lactique convenable, et que seule la carence glucidique en constitue un facteur limitatif. Aussi a-t-on depuis longtemps préconisé l'enrichissement en sucres solubles. Le moyen le plus traditionnel consiste dans un apport de mélasse. Les innombrables observations faites jusqu'à présent prouvent effectivement que l'adjonction d'une quantité adéquate de mélasse (4-5 %) intimement incorporée dans la masse du fourrage, assure une qualité d'ensilage fort correcte.

Une récente expérience le confirme pour la luzerne (ZELTER, 1958)

	Ac. lactique g 0/00	Ac. butyrique g 0/00	N. NH <sub>3</sub> g 0/00	Pertes de M. Organiques
<i>Expérience I</i>				
A.I.V.	1,8	4,3	23,3	— 9,0
Mélasse	12,9	1,9	21,0	— 2,3
<i>Expérience II</i>				
A.I.V.	2,1	15,1	13,8	— 13,4
Mélasse	17,6	1,7	14,1	+ 4,8

En revanche, l'addition de 1 à 2 % de mélasse, au lieu de 4 %, à une herbe de prairie ne donnera guère de meilleur résultat qu'un apport nul ; elle pourrait même accroître le taux d'acide butyrique (WIERINGA, 1960).

Des produits saisonniers, tels que le marc frais de cidrerie, les fruits à cidre fragmentés, ou les pommes de terre étuvées, procurent également des résultats intéressants, grâce à leur apport, soit de sucres solubles, soit d'amidon cuit. Les pulpes sèches de betteraves agissent bénéfiquement sur les fermentations beaucoup plus par leur pouvoir absorbant vis-à-vis de la sève que par leurs sucres (MURDOCH, 1961).

### b) Inhibition bactériostatique de la microflore indésirable

Plusieurs sels bactériostatiques ont été expérimentés avec plus ou moins de succès. Les informations les plus nombreuses et les plus récentes intéressent deux de ces produits, le « Kofa » (formiate de calcium + nitrite de sodium) et le métabisulfite de sodium (MURDOCH et al., 1958, ZELTER et SALOMON, 1959 - 1960 ; ULVESLI et BREIREM, 1960).

Le « Kofa » procure des résultats inconstants. Dans le cas de l'herbe de prairie, son action inhibitrice sur les fermentations glucidiques est parfois similaire à celle de l'A.I.V., mais reste le plus souvent inefficace (ULVESLI et BREIREM, 1960). Cette constatation rejoint celle que nous avons faite avec de la luzerne (ZELTER et SALOMON, 1959).

Le métabisulfite de sodium oriente plus favorablement la dégradation des glucides en acide lactique et son effet est plus constant. Mais ce sel et le « Kofa » protègent mal la luzerne contre la protéolyse, comme en témoignent les données ci-après (ZELTER et SALOMON, 1959)

	Expérience 1957			Expérience 1958		
	A.I.V.	Métabi-sulfite	Kofa	procédé naturel	A.I.V.	Métabi-sulfite
N NH <sub>3</sub>						
%N Total	9,5	12,96	15,15	17,5	7,3	18,3

Quoi qu'il en soit, il faut souligner la difficulté d'incorporer intimement au fourrage ces poudres, dont les doses d'emploi sont généralement faibles. Cette mauvaise répartition dans la masse peut expliquer la variabilité des résultats obtenus par divers expérimentateurs et dans la pratique courante.

L'intérêt éventuel des antibiotiques, tels la chlortétracycline et la bacitracine, expérimentés tout récemment aux Etats-Unis, n'est pas encore évident, car les rares informations actuellement publiées ne sont guère convaincantes.

### c) Abaissement du pH par acidification artificielle

L'acidification artificielle de la masse permet un contrôle plus sûr du processus fermentaire que la stimulation ou l'inhibition de certaines activités bactériennes.

La solution A.I.V. (mélange d'acides sulfurique 30 % et chlorhydrique 70 %) inhibe à la fois la respiration cellulaire et l'activité de la microflore indésirable ; elle préserve très efficacement la masse, non seulement contre des pertes importantes de substances nutritives, mais également contre une dégradation protéolytique excessive, comme l'indiquent les données expérimentales ci-après, enregistrées avec une même coupe de luzerne (ZELTER et SALOMON, 1959)

	Pertes de matière organique %	Pertes d'azote protéique en %
<i>Série 1</i>		
A.I.V.	9,62	26,43
Métabisulfite	17,75	41,94
Kofa	18,36	45,04
<i>Série 2</i>		
A.I.V.		28,70
Métabisulfite		55,30
Ensilage naturel		50,8

Cette technique présente cependant des inconvénients sérieux. Il n'est d'abord pas facile d'estimer les quantités d'acide nécessaires pour obtenir un pH de l'ordre de 3,5 à 4. (Suivant la richesse du fourrage en calcium et son pouvoir tampon, la dose peut varier entre 14 et 22 normalités d'acide A.I.V. par 100 Kg). La manipulation des acides forts par le personnel d'une exploitation agricole présente des dangers évidents.

*L'acide formique*, lui, est beaucoup plus maniable et ses qualités protectrices sont certaines, à condition que l'anaérobiose soit parfaitement assurée pour éviter la dégradation de ce conservateur par les microorganismes aérobies.

Les résultats obtenus dans des exploitations suisses avec, soit l'acide formique, soit le sel ordinaire, plaident en faveur de l'emploi du premier (SCHÖCH 1960).

ACIDE FORMIQUE		SEL ORDINAIRE	
Ensilages très bons et bons %	Ensilages mauvais %	Ensilages très bons et bons %	Ensilages mauvais %
79	10	42	37

## 2) Traitements physiques

La *LACERATION* ou le *HACHAGE mécanique* améliorent quelque peu les conditions de conservation comparativement au fourrage non fragmenté (BUYSSE, 1961).

	Pertes de matière sèche %	Acide butyrique %	N NH <sub>3</sub> %
Fourrage haché	11,40	0,11	0,046
Fourrage non haché	26,34	0,57	0,088

Ils facilitent le tassement et la libération plus précoce du suc cellulaire, qui stimule la fermentation lactique (MURDOCH et al., 1955). Mais, lorsque le contenu en sucres solubles du fourrage est par trop faible, ces procédés à eux seuls ne sauraient orienter favorablement les fermentations.

	Pertes de matière organique %	Acide lactique 0/00	Acide butyrique 0/00
Luzerne hachée	— 12,6	0,2	11,2
Luzerne non hachée	— 17,3	0,3	8,5
Luzerne + glucose de maïs	— 2,5	8,3	5,2

(selon ZELTER, 1958)

Il semble néanmoins que l'effet favorable sur la fermentation ne soit pas dû au hachage lui-même, mais à la température plus basse que ce traitement permet d'obtenir par l'amélioration du tassement (LANCASTER 1959, WIERINGA 1960).

Le *PREFANAGE*, qui consiste en un abaissement du taux d'humidité du fourrage jusqu'aux environs de 65 %, par flétrissage partiel, est particulièrement efficace dans les conditions suivantes :

— durée de l'exposition aux radiations solaires limitée à quelques heures (24 heures au plus) ; dans ce cas, les pertes de matière sèche au champ ne dépassent guère 3 à 4 % ;

— teneur en matière sèche n'excédant pas 35 à 40 % ; au delà de ce seuil, le tassement est rendu difficile, ce qui peut occasionner des moisissures et l'échauffement de l'ensilage ;

— hachage, tassement et compression énergiques indispensables.

La qualité de l'ensilage préfané est généralement excellente et les pertes sont extrêmement faibles, même avec des plantes aussi difficiles à conserver que la luzerne, et ce, malgré un pH relativement élevé.

L'influence de la durée de préfanage sur l'état de conservation d'une luzerne ressort clairement du tableau ci-après (selon ZELTER et FATIANOFF 1961, résultats non publiés).

Durée du préfanage (heures)	0	3	5	7	9
Mise en silo					
Matière sèche initiale %	19,9	25,2	31,7	35,8	39,2
Sucres solubles %	2,5	2,3	3,7	4,3	3,9
Sortie de silo					
Acide butyrique 0/00	9,0	1,6	—	—	—
Acide lactique 0/00	0,5	8,0	13,1	10,6	11,5
N non protéique % N total	75,5	72,5	69,4	61,6	67,6
N NH <sub>3</sub> % N total	23,9	18,8	13,5	9,8	9,0

Il faut remarquer l'absence d'acide butyrique et la faible teneur en azote ammoniacal, malgré une dislocation importante des protéines, lorsque le taux de matière sèche dépasse 30 %. On peut donc considérer qu'une teneur en matière sèche située en deçà de 40 % est particulièrement favorable à la réussite de l'ensilage de luzerne ; tel est aussi l'avis de WIERINGA (1960) en ce qui concerne l'herbe de prairie. Ce dernier auteur note en outre qu'un préfanage modéré inhibe davantage la fermentation butyrique que la protéolyse, fait confirmé dans le cas de la luzerne, comme le montrent les résultats ci-dessus.

La sécurité du préfanage peut être attribuée à l'élévation des concentrations en sucres solubles et en matière sèche, et à la suppression des pertes par drainage. L'augmentation de la pression osmotique dans les cellules végétales enrichies en matière sèche rendrait celles-ci beaucoup moins accessibles à l'attaque des sporulés et des protéolytiques (WIERINGA 1960).

D'après les travaux des chercheurs d'EDIMBOURG, seules des précipitations pluvieuses continues rendent le préfanage impraticable. D'une façon générale, la dessiccation a lieu essentiellement entre le début de la matinée et le milieu de l'après-midi.

Du point de vue économique, le procédé présente deux autres avantages, en dehors de la réduction des pertes d'éléments nutritifs et de la qualité excellente d'ensilage qu'il procure : d'abord la *diminution*, voire même la suppression du besoin en conservateurs coûteux, et la *réduction* notable de la quantité d'eau transportée avec le fourrage du champ au silo.

#### IV — CONCLUSION

La technique d'ensilage « à froid » (température dans le silo ne dépassant pas 30°) assure une fermentation lactique vigoureuse ; les pertes d'éléments nutritifs sont ainsi bien moindres que celles entraînées par le procédé « à chaud » qui a encore ses adeptes.

*L'anaérobiose*, lorsqu'elle est parfaitement réalisée par tassement et compression, supprime le processus de respiration cellulaire aérobie, source de gaspillage de sucres fermentescibles. Ceux-ci sont alors disponibles pour être transformés en acide lactique par les bactéries.

*Les concentrations en sucres solubles et en matière sèche* du fourrage initial constituent deux autres éléments déterminant l'issue favorable de la conservation par ensilage.

La conservation en silo des fourrages insuffisamment pourvus en ces substances, ne réussit qu'exceptionnellement sans un traitement de protection. En l'état actuel des choses, le préfanage, la mélasse, la solution acidifiante A.I.V., et dans une moindre mesure le métabisulfite de sodium paraissent offrir le plus de sécurité. Le préfanage, mécanisé ou non, lorsqu'il est praticable, constitue de beaucoup le mode d'ensilage le plus économique. Mais le choix de l'un de ces traitements doit être raisonné davantage en fonction des conditions locales et du type de fourrage ensilé, qu'en fonction du coût. Même lorsque l'obtention d'un ensilage de qualité impeccable paraît onéreuse, elle reste pour l'éleveur un moyen sûr pour réduire les dépenses en aliments concentrés, qui grèvent généralement le prix de revient de la production de lait ou de viande.

S. Z. ZELTER

*Directeur de Recherches*

M. DURAND SALOMON

*Assistante de Recherches*

*Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zootechnie de l'I.N.A.*