

Conservation et valeur alimentaire des ensilages directs de prairies naturelles

Comparaisons de trois types de conservateurs

Dans les régions où la prairie naturelle constitue l'essentiel des ressources fourragères, la qualité de conservation des ensilages directs est souvent nettement insuffisante. Elle peut être améliorée par l'addition de conservateur, soit à base d'acides ou de sels d'acides, soit à base de ferments lactiques et d'enzymes.

En l'absence de conservateurs efficaces et dans la mesure où les conditions de préparation des ensilages sont bien maîtrisées - hachage fin, absence de terre, tassement et herméticité des silos, etc - la qualité de conservation dépend essentiellement de la composition botanique de la prairie et des conditions agrométéorologiques lors de la récolte. Aussi, l'importance et la qualité de la microflore épiphytisque, les teneurs en matière sèche et en glucides solubles, le pouvoir tampon du fourrage sont les éléments déterminants de la qualité de conservation. Cependant même une conjonc-

tion favorable de tous ces facteurs permet rarement d'obtenir une excellente qualité de conservation.

Un ensilage direct n'est d'excellente qualité que si son acidification est non seulement suffisante ($\text{pH} < 4,0$) mais aussi très rapide.

Différents types de conservateurs peuvent être utilisés pour satisfaire à ces conditions : les acides et les sels d'acides associés ou non avec des bactériostatiques et les biologiques (ferments lactiques et enzymes).

Les acides sont généralement les plus efficaces par l'abaissement brutal du pH qu'ils entraînent. Les sels d'acides évitent les désagréments liés à l'utilisation des acides. Deux formulations sont actuellement sur le marché : un produit liquide, le Foraform, et un produit solide, la Lithioxine.

Pour être efficaces les conservateurs biologiques doivent inoculer en très grand nombre (10^5 à 10^6 par g de fourrage vert) des bactéries lactiques sélectionnées (homofermentaires) (Gouet *et al* 1979) mais encore faut-il que l'activité de ces dernières ne soit pas limitée par une quantité insuffisante de substrat glucidique utilisable pour la fabrication d'acide lactique. L'apport de sucres par la plante est généralement suffisant avec les ray-grass, mais il est très souvent déficitaire avec les prairies naturelles (6 à 10 % de glucides solubles dans la MS) et a fortiori avec la luzerne et le dactyle (3 à 7 % de glucides solubles) (Demarquilly *et al* 1986). Pour ces fourrages il est indispensable de ramener par un apport extérieur de sucres (mélasse, lactosérum ...) la teneur en sucres totaux (plante + apport) à 12 % de la MS environ (Demarquilly 1986).

L'utilisation d'enzymes (cellulases et hémicellulases) capables d'hydrolyser les parois

Résumé

Dans deux essais l'influence de l'addition de conservateur sur la qualité de conservation et la valeur alimentaire pour des génisses laitières de 1 an des ensilages en coupe directe de prairie naturelle a été étudiée.

Les ensilages ont été préparés à partir des mêmes prairies, sans conservateur ou avec addition d'un mélange 70/30 d'acide formique-formol, d'acide sulfurique dilué à 40%, de Lithioxine mélange de formiate de Ca, nitrate de Na et hexaméthylène tétramine, ou de Caylasil à base de ferments lactiques et d'enzymes cellulolytiques. Ils ont été distribués à volonté avec 100 g de minéraux /jour/animal, à des lots de 12 génisses en stabulation libre.

Le mélange acide formique-formol a nettement amélioré la qualité de conservation et la Lithioxine a fait presque aussi bien. L'acide sulfurique dilué a entraîné une qualité intermédiaire entre l'ensilage sans conservateur et l'ensilage additionné d'acide formique-formol, et Caylasil a peu amélioré la qualité, mais le fourrage de départ était pauvre en glucides solubles (6,5 % de la matière sèche).

L'addition de conservateur a peu modifié la digestibilité de la matière organique (mesurée sur moutons) des ensilages, ni leur quantité ingérée par les génisses, mais a augmenté significativement les gains de poids vif (en moyenne 275 g/jour avec l'ensilage additionné d'acide formique-formol. Ceux-ci, sauf avec les ensilages à l'acide formique-formol, ont été limités par un apport azoté insuffisant et sont étroitement liés à la proportion d'azote sous forme ammoniacale des ensilages distribués aux génisses.

végétales en glucides simples peut permettre aussi d'augmenter la teneur en glucides solubles des fourrages. Compte tenu des premières observations effectuées par notre Laboratoire, les enzymes actuellement disponibles suppléent à un léger déficit (environ 3 %) et sont donc inefficaces avec les fourrages dont la teneur en glucides solubles est inférieure à 7-8 % de la MS.

Pour évaluer l'efficacité de ces divers types de conservateur nous avons mis en place deux essais au Domaine INRA d'Orcival comparant sur prairie naturelle :

- Un mélange 70/30 d'acide formique et de formol qui servait de référence.
- De l'acide sulfurique à 40 % qui serait d'une efficacité comparable à l'acide formique d'après les essais Irlandais (Flynn *et al* 1981).

- La Lithioxine, mélange de sels d'acides et d'un bactériostatique.

- Le Caylasil, conservateur biologique associant ferments lactiques et enzymes cellulolytiques.

Dans chaque essai un ensilage sans conservateur (SC) a été réalisé pour mesurer l'amélioration apportée par ces différents produits.

Conditions expérimentales

Les ensilages expérimentaux ont été réalisés à partir des mêmes prairies naturelles récoltées les 23 et 24 juin 1987 (essai I) et les 9 et 10 juin 1988 (essai II). Ces deux années les printemps ont été très humides et les récoltes effectuées par temps couvert mais sans pluie. Le fourrage

Tableau 1. Conservateurs et doses par tonne de fourrage vert.

	Code	Essai I (1987-88)	Essai II (1988-89)
Acide formique + formol (620 g/l) (110 g/l)	AFF	3,4 l	3,4 l
Acide sulfurique + eau (40 %)	ASd	3,4 l	3,5 l
Lithioxine (1)	L	2,0 kg	
Caylasil (2) (solutions)	CAY		3,8 l

(1) Lithioxine : 39 % Formiate de calcium, 23 % Nitrate de sodium, 14 % Hexaméthylène tétramine, 24 % Excipient chlorure de sodium.

(2) Caylasil : 50 ml solution bactérienne par tonne de fourrage vert. Soit un apport de 5×10^5 *Lactobacillus Plantarum* et 9×10^4 *Streptococcus* par gramme de fourrage vert.

50 ml solution enzymatique (Cellulases et hémicellulases) par tonne de fourrage vert. Soit un apport de 0,08 FPU/g de matière sèche. (FPU = Filter Paper Unit ; méthode de Mandels 1976).

Les solutions bactérienne et enzymatiques ont été mélangées à 3,7 litres d'eau par tonne de fourrage vert avant d'être incorporées sur le fourrage.

Tableau 2. Caractéristiques des fourrages.

	Essai I				Essai II			
	SC	AFF	ASd	L	SC	AFF	ASd	CAY
Caractéristiques à la récolte :								
Teneur en MS (%)	14,4	14,3	13,7	14,2	16,1	15,7	17,3	15,9
MAT en % de la MS	17,3	17,9	17,6	17,2	17,6	17,4	17,0	17,3
MM " "	10,1	9,8	10,6	10,4	9,7	9,8	10,6	9,9
CB " "	ND	ND	ND	ND	23,5	23,6	22,8	23,2
Gl. solubles " "	ND	ND	ND	ND	6,7	6,7	7,2	6,5
Composition des ensilages :								
Teneur en MSc (1) (%)	18,3	20,5	19,1	19,5	20,4	22,0	21,2	22,0
MAT en % de la MSc	14,4	16,8	16,1	15,6	14,8	16,3	16,7	15,3
MM " "	9,0	7,9	8,9	8,8	8,3	7,2	8,4	8,4
CB " "	30,4	28,3	29,1	29,5	28,5	26,9	27,7	27,0
Gl. solubles " "	ND	ND	ND	ND	0,5	0,7	0,6	0,6
Caractéristiques fermentaires : (Moyenne de 4 échantillons par type d'ensilage)								
pH	4,62	3,82	4,28	4,00	4,00	3,75	3,82	3,95
N-NH3 (% N Total)	14,1	8,0	10,8	11,4	10,5	7,7	9,1	9,4
N Soluble (% N Total)	67,1	54,4	57,0	59,3	59,0	55,0	58,2	56,3
Ac. Lactique (g/kg MSc)	18,9	69,2	28,3	86,4	87,0	83,5	73,0	70,2
Ac. Acétique " "	76,5	27,5	67,7	40,5	41,0	19,5	32,5	49,0
Ac. Propionique " "	5,4	0,8	3,0	1,5	5,5	0,5	3,4	7,9
Ac. Butyrique " "	2,1	1,0	0,3	1,1	0,4	0,4	0,1	0,4
Alcools " "	31,5	9,4	30,6	11,3	13,5	7,5	17,5	19,5

ND = Non déterminé ; (1) MSc = Matière sèche déterminée à l'étuve 80°C et corrigée des pertes de composés volatils selon la méthode de Dulphy *et al* 1975 ; MAT = Matières azotées totales ; MM = Matières minérales ; CB = Cellulose brute ; N-NH3 = Azote ammoniacal.

Tableau 3. Valeur nutritive des ensilages et bilan azote mesurés sur moutons.

	Essai I				Essai II			
	SC	AFF	ASd	L	SC	AFF	ASd	CAY
Digestibilité de la MO (%)	70,8	69,0	70,8	69,1	68,3 ^b	66,0 ^c	69,6 ^a	67,5 ^b
Digestibilité des MAT (%)	65,2	65,0	69,7	64,5	62,6	60,7	67,2	63,4
UFL/kg MSc	0,88	0,84	0,88	0,84	0,83	0,81	0,85	0,82
PDIN/kg MSc	84	101	97	94	86	98	100	92
PDIE/kg MSc	63	79	76	73	61	75	77	70
Quantités ingérées (g de MSc/kg P ^{0,75})	60,4	56,6	62,6	61,2	60,6	65,7	56,8	58,5
Bilan azoté : (azote en % de l'ingéré)								
Azote fécal	35,5	35,1	30,2	35,5	37,4	39,3	32,8	36,6
Azote urinaire	55,9	51,6	59,0	52,9	46,6	40,2	52,4	47,5
Azote retenu	8,6 ^b	13,3 ^a	10,8 ^a	11,6 ^a	16,0 ^b	20,5 ^a	14,8 ^b	15,9 ^b

Les valeurs non indexées des mêmes lettres sont significativement différentes aux seuils $P < 0,05$ (Essai 1) ou $P < 0,01$ (Essai 2).

a été finement haché (brins de 15 à 20 mm) avec une ensileuse automotrice et les conservateurs ont été incorporés au niveau de l'ensileuse avec une pompe distributrice (acides et Caylasil) ou avec un microgranuleur (Lithioxine). Dans chaque essai les silos ont été remplis simultanément en alternant les remorques afin de pallier l'hétérogénéité, liée à la parcelle, du fourrage récolté.

Les traitements effectués sont précisés dans le tableau 1.

Dans chaque essai, les quatre ensilages ont été distribués durant l'hiver suivant leur préparation à 4 lots de 12 génisses de race laitière (Holstein) d'âge et de poids équivalent (359 jours et 301 kg pour l'essai I - 402 jours et 363 kg pour l'essai II). La durée de l'expérience a été respectivement de 9 et 12 semaines après une période pré-expérimentale de 2 semaines sur un régime commun effectué pour vérifier l'homogénéité des quantités ingérées (interlots).

Les ensilages ont été distribués à volonté avec pour seule complémentation 100 g/jour/génisse d'un composé minéral enrichi en oligo-éléments et en vitamines. Pour chaque lot de génisses en stabulation libre, les quantités distribuées et refusées ont été mesurées 4 jours consécutifs par semaine. Trois doubles pesées des animaux ont été effectuées à la mise en lot, au début et à la fin de la période expérimentale proprement dite. Les gains de poids vif ont été calculés pour la période expérimentale.

Les ensilages ont été aussi distribués à volonté (5 à 10 % de refus) comme seul aliment à des moutons en cages à métabolisme suivant un dispositif en carré latin (4 x 3) afin de déterminer pour chacun d'eux : ingestibilité, digestibilité et bilan azoté, suivant les méthodes déjà décrites (Demarquilly et Weiss 1970, Grenet 1983).

Les caractéristiques des fourrages à la récolte et des ensilages correspondants sont données dans le tableau 2.

Résultats

Composition chimique, qualité de conservation et valeur nutritive des ensilages

La composition chimique du fourrage vert à la récolte est peu différente entre les deux essais. La teneur en matière sèche est supérieure dans l'essai II (+ 2 points en moyenne) et pour ce dernier la teneur en glucides solubles (7 % de la MS) se situe bien dans la moyenne des valeurs habituellement obtenues sur les prairies naturelles de la région (de 5 à 10 %), souvent riches en dactyle (Andrieu *et al* 1986).

La qualité de conservation de l'ensilage sans conservateur est médiocre dans l'essai I. L'abaissement du pH a été insuffisant et la fermentation lactique trop réduite pour inhiber les fermentations productrices d'acides acétique, propionique et butyrique ; de ce fait la protéolyse a été également importante comme en témoignent les teneurs élevées en azote ammoniacal (N-NH₃) et en azote soluble (exprimées en % de l'azote total). Dans l'essai II, la fermentation lactique plus importante et le pH plus faible ont permis d'obtenir une meilleure qualité de conservation de l'ensilage sans conservateur.

Le mélange acide formique-formol a entraîné une amélioration nette de la qualité de conservation dans les deux essais, confirmant ainsi la fiabilité d'action de ce conservateur. Cependant la protéolyse n'a pas été suffisamment réduite pour que ces ensilages puissent être qualifiés d'excellents.

Avec l'acide sulfurique dilué la qualité de conservation est, dans les deux essais, intermédiaire entre celle des ensilages sans conservateur et avec acide formique-formol.

Avec la Lithioxine (essai I) la qualité de conservation est supérieure à celle de l'ensilage à l'acide sulfurique, mais légèrement inférieure à celle de l'ensilage avec acide formique-for-

Tous les conservateurs ont amélioré les caractéristiques de l'ensilage, mais de façon très variable. La meilleure qualité de conservation a été obtenue avec le mélange acide formique-formol.

mol. La teneur en N-NH₃, 11,4 % de l'azote total, est élevée mais ne rend pas compte du niveau exact de la dégradation des protéines, car l'ammoniac est un des produits de décomposition de l'hexaméthylène tétramine contenu dans la Lithioxine.

Le "Caylasil" (essai II) n'a que peu amélioré la qualité de conservation par rapport à l'ensilage sans conservateur. Seule la protéolyse a été légèrement diminuée. Le déficit assez important de la plante en glucides solubles n'a donc pas été comblé par la présence des enzymes de sorte que les ferments lactiques n'ont pas disposé d'un substrat suffisant pour produire la quantité d'acide lactique nécessaire à inhiber les fermentations productrices d'acides gras volatils. Ces dernières ont d'ailleurs probablement utilisé une partie de l'acide lactique pour se développer, car la teneur en acide lactique de cet ensilage aurait dû être au moins aussi élevée que celle de l'ensilage témoin sans conservateur.

Les digestibilités de la matière organique (MO) et des matières azotées (MAT) sont peu différentes d'un ensilage à l'autre à l'intérieur d'un essai (tableau 3). L'addition d'acide sulfurique a cependant légèrement augmenté la digestibilité des MAT dans les deux essais (+ 4,5 points), pour une raison inconnue, et l'addition d'acide formique-formol l'a diminué sensiblement dans l'essai II (- 2,3 points), peut-être par le formol qu'il contient. Tous les conservateurs ont augmenté la quantité d'azote retenue par les moutons dans l'essai I et seul l'acide formique-formol l'a augmenté dans l'essai II.

Dans l'essai II nous avons déterminé les teneurs en parois du fourrage vert et des ensilages correspondants sans conservateur ou avec Caylasil pour étudier l'effet éventuel des enzymes (tableau 4). La teneur en parois totales (NDF) a été diminuée de 2,1 points en présence d'enzymes. Cette diminution résulte essentiellement de celle (2,5 points soit 8%) de la teneur en lignocellulose (ADF) puisque la teneur en hémicellulose (NDF-ADF) n'est pas modifiée. Les enzymes ont donc solubilisé une fraction, très faible, de la cellulose vraie.

Quantités ingérées et gain de poids des génisses (tableau 5)

Les quantités ingérées d'ensilage ont été élevées et très peu différentes d'un ensilage à l'autre à l'intérieur d'un même essai. La qualité de conservation de l'ensilage sans conservateur de l'essai I, pourtant très médiocre, n'a donc eu qu'une très faible incidence sur l'ingestion.

Les croissances des génisses ayant reçu les ensilages additionnés d'un conservateur ont toutes été significativement supérieures à celles réalisées avec les ensilages sans conservateur. Entre conservateurs, seules les croissances réalisées avec l'ensilage Caylasil ont été significativement inférieures à celles obtenues avec l'ensilage acide formique-formol.

Le tableau 6 compare les besoins des génisses, calculés selon les recommandations INRA (1988), compte tenu de leur poids vif et des gains de poids vif réalisés, aux apports cal-

Tableau 4. Teneur en parois (en % MS) du fourrage vert et des ensilages sans conservateur et avec CAYLASIL (Essai II).

	Sans Conservateur	Caylasil
Fourrage vert à la récolte :		
NDF	54,8	55,2
ADF	27,8	28,9
(NDF-ADF)	27,0	26,3
CB	23,5	23,2
Ensilage :		
NDF	53,3	51,2
ADF	32,1	29,6
(NDF-ADF)	21,2	21,6
CB	28,5	27,0

Tableau 5. Quantités ingérées et gains de poids journaliers des génisses.

	ESSAI I				ESSAI II			
	SC	AFF	ASd	L	SC	AFF	ASd	CAY
Quantités ingérées d'ensilages (kg MSc/jour/animal)	7,03	7,38	7,37	7,44	7,66	8,22	8,04	7,63
Poids vif moyen (kg)	342	358	352	354	399	413	408	405
Gain de poids vif (g/jour/animal)	595 ^a	895 ^b	798 ^b	806 ^b	588 ^b	840 ^b	785 ^b	698 ^b
Efficacité alimentaire (jour/animal)								
kg MOD ingérée	4,53	4,69	4,75	4,69	4,80	5,03	5,13	4,72
kg MSc ingérée/kg de croît	11,8	8,2	9,2	9,2	13,0	9,8	10,2	10,9
kg MOD ingérée/kg de croît	7,61	5,24	5,96	5,82	8,16	5,99	6,53	6,76

Les valeurs non indexées des mêmes lettres sont significativement différentes aux seuils P < 0,01 ou P < 0,05 (Caylasil Essai 2).

L'addition de conservateur n'a pas modifié l'ingestion d'ensilage par les génisses mais a conduit à des gains de poids vif significativement plus élevés.

Tableau 6. Bilan alimentaire des génisses.

	ESSAI I				ESSAI II			
	SC	AFF	ASd	L	SC	AFF	ASd	CAY
UFL								
Besoins	4,80	5,99	5,53	5,56	5,35	6,35	6,16	5,82
Apports	6,19	6,20	6,49	6,25	6,36	6,66	6,83	6,26
Apports en % des besoins	129	104	117	112	119	105	111	107
PDIN								
Besoins	434	507	483	485	476	531	522	506
Apports	591	745	715	699	659	806	804	702
Apports en % des besoins	136	147	148	144	138	152	154	139
PDIE								
Besoins	434	507	483	485	476	531	522	506
Apports	443	583	560	543	467	616	619	534
Apports en % des besoins	102	115	116	112	98	116	118	106

culés à partir des quantités de matière sèche ingérées et de la valeur nutritive des ensilages donnée au tableau 4. On constate que :

- Avec les ensilages sans conservateur, les apports énergétiques sont largement supérieurs aux besoins, respectivement de 29 et de 19 % dans les essais 1 et 2. La croissance des génisses a été limitée par l'azote, les apports en PDIE correspondant environ aux besoins (+ 4 et + 5 % respectivement).

- Avec les ensilages acide formique-formol, les apports énergétiques sont pratiquement équivalents aux besoins (+ 4 et + 5 % pour les essais 1 et 2), l'azote n'est plus un facteur limitant de la croissance : l'apport de PDIE est en effet supérieur aux besoins (+ 15 et + 16 % respectivement).

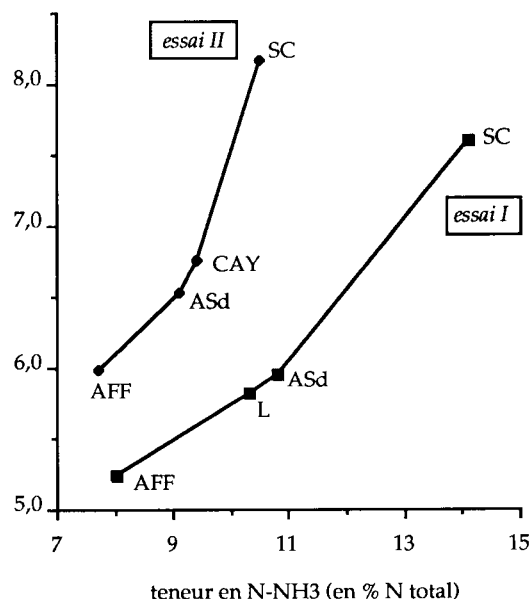
- Avec les autres conservateurs les apports énergétiques sont supérieurs aux besoins : + 17 et + 11 % avec l'acide sulfurique dans les essais 1 et 2, + 12 % avec la Lithioxine et dans une moindre mesure avec Caylasil (+ 7 %) alors que les apports azotés sont apparemment largement suffisants, les apports de PDIE étant respectivement supérieurs de 16, 16, 12 et 6 % aux besoins pour ces quatre ensilages. Il est probable qu'avec les ensilages acide sulfurique, Lithioxine et peut être Caylasil, la croissance des génisses a été en réalité limitée par un apport azoté insuffisant. Les teneurs en PDIE de ces ensilages ont donc du être surestimées. Elles ont été calculées en considérant que la dégradabilité de l'azote de tous les ensilages avec conservateur est de 0,70. Si cette valeur semble correcte pour les ensilages à l'acide formique dont la qualité de conservation est souvent excellente (ou très voisine de l'excellent), elle est trop faible et doit se situer entre 0,70 et 0,78 (valeur de dégradabilité théorique pour les ensilages sans conservateurs) pour les ensilages préparés avec des conservateurs entraînant une qualité de conservation souvent intermédiaire entre celles des ensilages sans conservateur et avec acide formique.

Cela est confirmé par la liaison (figure 1) entre la quantité de matière organique digesti-

ble nécessaire pour réaliser un kg de gain de poids vif et la proportion d'azote ammoniacal dans l'ensilage, qui est un des meilleurs critères de la valeur azotée réelle des ensilages (Barry *et al* 1978, Grenet et Demarquilly 1982).

Figure 1. Liaisons entre l'efficacité d'utilisation de la matière organique digestible ingérée et la teneur en N-NH³ de l'ensilage.

kg MOD ingérée / kg gain de poids vif



Discussion

Les écarts de gain de poids des génisses recevant les ensilages avec acide formique-formol et les ensilages sans conservateur (200 à 300 g) correspondent aux valeurs observées dans les multiples essais antérieurs (Waldo *et al* 1971,

Dulphy et Andrieu J.P., 1976, Demarquilly et Dulphy 1977, Dulphy et Liénard 1981).

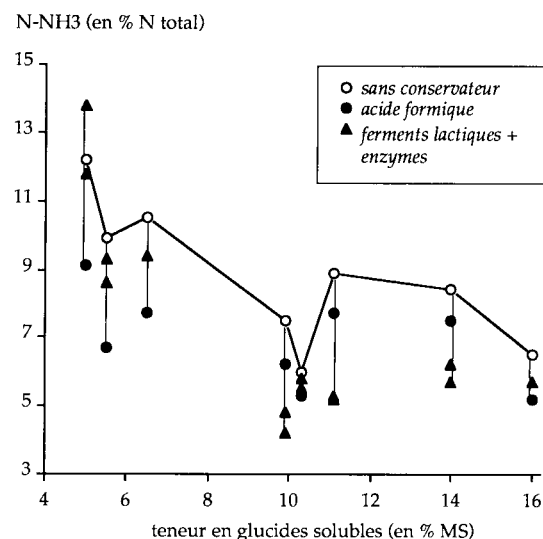
L'acide sulfurique dilué n'a pas eu une efficacité comparable au mélange acide formique-formol, contrairement à ce que pouvaient laisser supposer les essais de Flynn *et al* (1981). La qualité de conservation a été moins bonne, ce qui confirme que, à même quantité d'ions H⁺ apportée, l'acide formique est plus efficace que les autres conservateurs acides (Saue et Breirem 1969) parce qu'il a un effet bactéricide spécifique sur les coliformes, vraisemblablement renforcé dans cet essai par son association à du formol. Les performances des animaux ayant reçu les ensilages à l'acide sulfurique ont cependant été très satisfaisantes. En contrepartie, il importe d'attirer l'attention sur la difficulté d'utilisation de cet acide dilué qui est très corrosif pour le matériel et difficile d'emploi pour les utilisateurs. La manipulation des fûts et la dilution de l'acide par de l'eau (il faut verser l'acide dans l'eau) sont dans la pratique des opérations dangereuses, qui nécessitent beaucoup de précautions.

La Lithioxine a amélioré la qualité de conservation et l'utilisation de l'ensilage par les génisses. Ces résultats vont dans le même sens que ceux obtenus avec Kofasil-plus (produit dont est issue la Lithioxine mais où la proportion de formiate de calcium a été diminuée d'un tiers) qu'il s'agisse de la qualité de conservation des ensilages (Gross et Beck 1972, Gross 1975) ou de leur utilisation (Muller 1981).

Les ferments lactiques de Caylasil ont été apportés en quantité suffisante (5×10^5 par g de fourrage vert) mais leur activité a été limitée par un manque de sucres, les enzymes apportés n'ayant pas permis de combler le déficit en glucides solubles du fourrage.

Ce résultat n'est pas surprenant au regard des essais (non publiés) effectués dans notre Laboratoire dans des silos de 3 tonnes. Dans ces essais, l'apport de ferments lactiques (*Lactobacillus Plantarum*), toujours légèrement supérieur à 10^5 par g de fourrage vert et donc non limitant, associés à des enzymes cellulolytiques a été comparé à l'absence de conservateur (témoin négatif) et à l'addition d'acide formique (témoin positif). La figure 2 montre que la proportion d'azote dégradée en ammoniac (N-NH₃ en % N total) des ensilages sans conservateur a tendance à diminuer quand la teneur en glucides solubles du fourrage à la mise en silo augmente, ce qui confirme que la teneur en glucides solubles joue un rôle prépondérant dans l'aptitude des plantes à l'ensilage. L'addition de ferments lactiques + enzymes cellulolytiques diminue peu ou pas la proportion d'azote ammoniacal pour les fourrages contenant moins de 7 % (dans la matière sèche) de glucides solubles contrairement à l'acide formique. La quantité de sucres simples fabriqués grâce aux enzymes à partir des glucides pariétaux est donc insuffisante. En revanche, l'addition d'enzymes diminue nettement la proportion d'azote ammoniacal pour les fourrages d'une teneur en glucides solubles supérieure ou égale à 10 %, la diminution étant équivalente voire parfois supérieure à celle entraînée par l'addition d'acide formique. Avec

Figure 2. Influence de l'apport d'acide formique ou de ferments lactiques + enzymes sur la teneur en N-NH₃ de l'ensilage, en fonction de la teneur en glucides solubles de la plante.



ces derniers fourrages, la diminution est souvent supérieure à celle (non figurée) entraînée par l'addition de ferments lactiques seuls, vraisemblablement parce que les enzymes facilitent la libération des glucides solubles du fourrage et leur mise à disposition des ferments lactiques.

On manque encore de données pour les fourrages moyennement pauvres en glucides solubles (teneur comprise entre 7 et 10 %) pour lesquels l'addition d'enzymes pourrait peut-être permettre de combler le déficit en glucides solubles. Pour ces fourrages il devrait être également bénéfique d'apporter, en plus des enzymes, une petite quantité de mélasse (3 à 4 kg par tonne de fourrage vert) pour pallier la lente hydrolyse des glucides pariétaux en sucres simples utilisables par les ferments et activer ainsi l'acidification en phase initiale de conservation. Cette pratique complique peu le chantier de récolte dans la mesure où la mélasse se substitue, dans les fûts de distribution sur l'ensileuse, à une partie de l'eau servant à incorporer les ferments et enzymes. Des essais sont actuellement en cours au Domaine INRA d'Orcival pour vérifier le bien fondé de cette hypothèse.

Les résultats obtenus sur génisses dans ces 2 essais montrent en outre qu'il faudrait moduler la valeur de la dégradabilité de l'azote adoptée en 1988 pour les ensilages avec conservateur (entre 0,70 et 0,78) en fonction de la qualité de conservation de l'ensilage. Il en est d'ailleurs vraisemblablement de même de la valeur de dégradabilité retenue pour les ensilages sans conservateur (0,78) dont la qualité de conservation peut être très variable. On pouvait certes s'en douter a priori mais les données manquaient pour en tenir compte lors de la révision des systèmes INRA en 1988. Cette différenciation sera envisageable lorsque les résultats expérimentaux nécessaires seront suffisamment nombreux.

Remerciements

Nous remercions les Sociétés CODISLAIT et CAYLA pour leur participation à ces essais.

Références bibliographiques

- ANDRIEU J., 1986. Intérêt d'une meilleure connaissance de la valeur alimentaire et de l'aptitude à l'ensilage des prairies naturelles. in D. Micol ed : « Forum-Fourrages Auvergne 1986 ».
- BARRY T.N., COOK J.E., WILKINS R.J., 1978. The influence of formic acid and formaldehyde additives and type of harvesting machine on the utilization in lucerne silage. I - The voluntary intake and nitrogen retention of young sheep consuming the silages with or without intraperitoneal supplements of DL-Methionine . J. Agric. Sci., 91, 701-705.
- DEMARQUILLY C., 1986. L'ensilage et l'évolution récente des conservateurs. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 63, 5-12.
- DEMARQUILLY C., WEISS P., 1970. Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages verts. Etude S.E.I. N° 42 . Ed. INRA, Versailles.
- DEMARQUILLY C., DULPHY J.P., 1977. Effect of grass silage feeding on intake, feeding behaviour and growth of one year old heifers. Proc. XII Inter. Grassl. Congr. Leipzig, p. 603-609.
- DULPHY J.P., ANDRIEU J.P., 1976. Bilan de conservation des ensilages d'herbe. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 25, 25-31.
- DULPHY J.P., LIENARD G., 1981. Effet de l'acide formique sur la valeur alimentaire des ensilages directs d'herbe destinés aux vaches laitières : conséquences économiques. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 44, 41-51.
- DULPHY J.P., DEMARQUILLY C., HENRY M., 1975. Pertes de composés volatils lors de la détermination à l'étuve de la teneur en matière sèche des ensilages. Ann. Zootech., 24, 744-756.
- FLYNN A.V., O'KIELLY P., POOLE D.B.R., 1981. Sulphuric acid as a silage preservative. Animal Production, Research Report 1981, An Foras Talútais, p 23-24.
- GOUET PH., GIRARDEAU J.P., RIOU Y., 1979. La Flore microbienne des ensilages. II. Intérêt de l'inoculation de bactéries lactiques dans les ensilages de fourrages verts. Influence du nombre, du conditionnement et de l'addition de glucides. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 37, 25-30.
- GRENET E., 1983. Utilization of grass-silage nitrogen by growing sheep. J. Agri. Sci., Camb., 100, 43-62.
- GRENET E., DEMARQUILLY C., 1982. Utilization of nitrogen from fresh forage, silage and hay by growing sheep. Occasional symposium n° 14 - British Grassland Society-Reading, p. 241-245.
- GROSS F., 1975. Comparison of common ensiling agents. Das Wirtschaftseigens - Futter, 21, 42-54.
- GROSS F., BECK F., 1973. Comparative studies on the action of silage additives. Futter, 19, 282-289.
- INRA, 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. R. Jarrige éd. INRA Publications, Route de Saint-Cyr, 78000 Versailles.

MANDELS M., ANDREOTTI R., ROCHE C., 1976. Measurement of saccharifying cellulase, p. 21-23. In E.L. Gaden *et al.* (ed.) Enzymatic conversion of cellulosic materials : Technology and applications. John Wiley and Sons, Inc. New-York.

MULLER A., 1981. Utilisation d'un conservateur d'ensilage d'herbe granulé : le Kofasil-plus. Bull. Techn. CRZV Theix, INRA, 46, 57-62.

WALDO D.R., KEYS Jr. J.E., SMITH L.W., GORDON C.H., 1971. Effect of formic acid and recovery, intake, digestibility and growth from unwilled silage. J. of Dairy Sci., 54, 77-84.

Summary

Quality of preservation and feeding value of direct cut silages. A comparison of permanent pasture silages made without or with three different additives.

Two trials were carried out to study the effects of addition of preservatives on preservation quality and feeding value of direct cut permanent pasture silages for one year old dairy heifers.

The silage samples were prepared from the same fields either without preservative (SC) or with addition of either a mixture 70/30 formic acid-formalin (AFF) or 40 % sulphuric acid (ASd), or Lithioxine (L), a mixture of calcium formate, sodium nitrate and hexamethylene tetramine, or Caylasil (CAY) based on lactic ferments and cellulolytic enzymes. The silages were fed ad libitum with 100 g of minerals/day/animal to groups of 12 loose housed heifers.

AFF clearly improved preservation quality, with L at a very similar level. ASd gave an intermediate quality between SC and AFF. CAY showed almost no improvement compared with SC, but it should be noted that the fresh forage had a low soluble carbohydrate content (6,5 % dry matter).

The addition of preservative cause little change in organic matter digestibility (measured on sheep) of the silage, nor of its intake by heifers, but significantly increased live weight gain (on average by 275 g / day) with by an insufficient supply of nitrogen (PDI = Protein Digested in the small Intestine) and depend mainly on the proportion of ammonia nitrogen in the silages samples that were distributed.

ANDRIEU J.P., DEMARQUILLY C., ROUEL J., 1980. Conservation et valeur alimentaire des ensilages directs de prairies naturelles. Comparaison de trois types de conservateur. INRA Prod. Anim., 3 (1), 67-73.