

## **Influence de l'addition d'acide formique sur la valeur des ensilages de graminées pour les génisses**

J. P. DULPHY et C. DEMARQUILLY

avec la collaboration technique de J. P. ANDRIEU et de J. P. GAREL \*

*Laboratoire des Aliments,  
Centre de Recherche de Clermont-Ferrand, I.N.R.A., Theix-Saint-Genès-Champagnelle,  
63110 Beaumont (France)*

*\* Domaine expérimental I.N.R.A. du S.E.I.,  
15330 Marcenat*

---

### **Résumé**

Au cours de 3 essais, nous avons comparé sur des génisses de race laitière, et dans un cas également sur des génisses de race à viande, des ensilages préparés avec ou sans addition d'acide formique (3,5 l/t). La présence d'acide formique à l'ensilage a nettement amélioré la qualité de conservation des ensilages, mais la digestibilité des ensilages à l'acide formique a été comparable à celle des ensilages sans conservateur.

Ces ensilages ont été distribués à volonté sans foin à des lots comparables de génisses de 1 an subdivisés, dans 2 essais seulement, en sous-lots recevant des quantités différentes d'aliment concentré (0,2 et 1,2 kg).

Les quantités de matière sèche de fourrage ingérées par les génisses ont été en moyenne plus élevées de 9,7 p. 100 pour les ensilages ayant reçu l'acide formique. L'augmentation correspondante des gains de poids journaliers a été en moyenne de 199 g/jour.

Lorsque nous avons augmenté le niveau d'apport de l'aliment concentré nous avons enregistré une diminution moyenne de 0,31 kg de matière sèche d'ensilage par kg de matière sèche d'aliment concentré. L'augmentation correspondante des gains de poids journaliers a été en moyenne de 170 g/jour.

Les performances plus élevées des génisses avec les ensilages à l'acide formique semblent résulter avant tout de l'augmentation des quantités ingérées. L'apport supplémentaire de matière organique digestible par l'intermédiaire de l'aliment concentré a été beaucoup moins bien utilisé que celui résultant de l'augmentation des quantités d'ensilage ingérées après addition d'acide formique.

---

### **Introduction**

L'ingestibilité de l'ensilage chez le ruminant dépend de la qualité de sa conservation (DEMARQUILLY, 1973) et surtout de sa finesse de hachage (DULPHY et DEMARQUILLY, 1973). La finesse de hachage augmente déjà considérablement

la qualité de conservation (DULPHY et DEMARQUILLY, 1973); par ailleurs, l'addition d'acide formique aux fourrages lors de la récolte permet d'améliorer aussi cette qualité de conservation (SAUE et BREIREM, 1969; WALDO *et al.*, 1969; CASTLE et WATSON, 1970) et par là les quantités ingérées (WALDO *et al.*, 1969, 1971 et 1973; WILSON et WILKINS, 1973). L'intérêt de l'addition d'acide formique à la mise en silo pour les ensilages distribués aux génisses de 1 an a été étudié aux U.S.A. (WALDO *et al.*, 1969, 1971 et 1973; DERBYSHIRE, WALDO et GORDON, 1971). Ces études montrent que l'addition d'acide formique aux ensilages directs ou préfanés, de luzerne ou de dactyle, augmente respectivement de 6,6 et 8,4 p. 100 les quantités ingérées et de 250 g et 190 g/j les gains de poids journaliers, ces derniers étant en moyenne de 748 g/j pour 10 ensilages directs à l'acide formique distribués à volonté aux génisses sans aliment concentré complémentaire.

Dans une première série d'essais (DULPHY et DEMARQUILLY, 1975 *a*), nous avons trouvé que l'utilisation d'ensilages de graminées à brins courts à la place d'ensilages à brins longs permettait d'accroître de 126 g les gains de poids journaliers des génisses âgées en moyenne de 13 mois.

Dans la présente série d'essais, nous avons voulu confirmer les résultats américains en utilisant d'autres espèces fourragères et vérifier si l'addition d'acide formique était aussi efficace avec des fourrages hachés finement. Pour cela nous avons effectué trois essais avec des graminées; dans deux de ces essais, nous avons également fait varier la quantité d'aliment concentré distribuée aux animaux afin de savoir s'il y avait interférence avec l'addition d'acide formique.

## Matériel et méthodes

Deux essais (n° 1 et 3) ont été réalisés au Domaine d'Orcival (Puy-de-Dôme) en 1973-1974 et 1974-1975, le troisième (n° 2) au Domaine de Marcenat (Cantal) en 1973-1974. Le fourrage a été récolté avec une machine automotrice à tambour hacheur (brins de 0,5 à 1,5 cm) dans les essais d'Orcival et avec une machine double-coupe (fléaux en L et plateau-hacheur; brins de 5 à 10 cm) à Marcenat.

### *Ensilages étudiés*

Les fourrages utilisés ont été un ray-grass anglais au 1<sup>er</sup> cycle (essai 1), une prairie naturelle au 1<sup>er</sup> cycle (essai 2) et un ray-grass anglais au 2<sup>e</sup> cycle (essai 3). A Orcival, deux remorques étaient remplies alternativement soit sans, soit avec addition d'acide formique à la dose de 3,5 l/t (acide formique commercial titrant 85 p. 100). Les deux ensilages ont donc été préparés rigoureusement à partir du même fourrage sur pied. A Marcenat, l'ensilage sans conservateur a été préparé le premier en 2,5 jours par beau temps et celui avec acide formique immédiatement après en 2,5 jours également mais dans des conditions climatiques défavorables (orages).

Nous avons utilisé des « silos-couloirs » bétonnés et abrités sous hangar. Les six ensilages ont été tassés au tracteur au fur et à mesure du remplissage et, dès la fin de celui-ci, ils ont été couverts d'un film plastique et chargés de paille.

### *Animaux*

Dans nos trois essais (tabl. 1) nous avons utilisé des génisses de race laitière, Frisonne et Montbéliarde, âgées de 10 mois et pesant 260 à 270 kg en moyenne au début des essais, en novembre. En outre, à Marcenat, nous avons utilisé 10 génisses Charolais × Salers, de 230 kg, âgées seulement de 7-8 mois à la même époque. Dans tous les cas les animaux ont été en stabulation entravée.

### *Déroulement des essais*

Durant l'hiver (de novembre à avril) suivant leur préparation, les ensilages ont été distribués individuellement à volonté (environ 10 p. 100 de refus) comme seul fourrage aux génisses selon un schéma à deux périodes expérimentales de 8 à 11 semaines avec inversion des deux ensilages (cf. tabl. 1).

A leur rentrée à l'étable, après l'été passé au pâturage, tous les animaux ont reçu un régime identique à base du même ensilage et de 1 kg de concentré. Du 15<sup>e</sup> au 28<sup>e</sup> jour (période pré-expérimentale) après leur rentrée à l'étable, les quantités ingérées ont été mesurées et les animaux ont été pesés au cours de 2 jours consécutifs (25<sup>e</sup> et 26<sup>e</sup> jour). A l'issue de cette période les génisses ont été réparties en deux lots aussi semblables que possible selon leur âge, leur poids et leur appétit; à un des deux lots a été distribué un ensilage et à l'autre le second ensilage. En outre, à Orcival, nous avons subdivisé les lots pour distribuer à la moitié des génisses 0,2 kg d'orge (pour faire ingérer en plus 50 g de minéraux par jour) et à l'autre moitié 1 kg d'orge en plus, soit 1,2 kg.

Les 12 à 14 premiers jours de chaque période expérimentale ont été considérés comme période de transition et les résultats correspondant à ces périodes n'ont pas été utilisés.

### *Mesures et analyses*

Les quantités ingérées par les génisses ont été mesurées individuellement 4 jours par semaine (par pesées des quantités offertes et refusées), chaque semaine à Orcival et une semaine sur deux à Marcenat. Les animaux ont été pesés durant 2 jours consécutifs à la fin de la deuxième et de la dernière semaine des périodes expérimentales; les gains de poids journaliers ont été calculés à partir de ces deux pesées. De plus, nous avons mesuré la digestibilité des différents ensilages sur un lot de 5 béliers castrés adultes de race Texel. Les béliers ont reçu l'ensilage *ad libitum* (10 p. 100 de refus) en 2 repas par jour pendant 3 semaines; les mesures de quantités ingérées et les prélèvements de fèces ont été effectués lors de la 3<sup>e</sup> semaine.

La teneur en matière sèche des ensilages distribués et des refus a été déterminée chaque jour de mesure des quantités ingérées par séchage à l'étuve à 80 °C et corrigée pour les pertes de produits volatils lors du séchage (DULPHY, DEMARQUILLY et HENRY, 1975). Des échantillons d'ensilage ont été prélevés tous les mois, soit de 4 à 6 prélèvements par silo, à des fins d'analyse plus complète. La teneur en matières azotées totales (N Kjeldahl × 6,25) a été dosée sur ces échan-

TABLEAU I  
Déroulement des essais — *Experimental design*

Essai n° ( <i>Trial no</i> )	Lieu et date ( <i>Place and date</i> )	Mode de stabilisation ( <i>Stabulation</i> )	Animaux ( <i>Animals</i> )	Régimes — <i>Rations</i>		
				1 <sup>re</sup> période expérimentale ( <i>First experimental period</i> )	2 <sup>e</sup> période expérimentale ( <i>Second experimental period</i> )	
1	Orival hiver 1973-74	Entravée sur paille	4 lots de 6 génisses Montbéliarde et Frisonne 4 groups of 6 Montbéliarde and Friesian breed heifers	A	(9 semaines — 9 weeks) Ensilage sans conservateur + 0,2 kg orge <i>Silage without additive + 0,2 kg barley</i>	(9 semaines — 9 weeks) Ensilage à l'acide formique + 0,2 kg orge <i>Silage with formic acid + 0,2 kg barley</i>
				B	Ensilage sans conservateur + 1,2 kg orge <i>Silage without additive + 1,2 kg barley</i>	Ensilage à l'acide formique + 1,2 kg orge <i>Silage with formic acid + 1,2 kg barley</i>
				C	Ensilage à l'acide formique + 0,2 kg orge <i>Silage with formic acid + 0,2 kg barley</i>	Ensilage sans conservateur + 0,2 kg orge <i>Silage without additive + 0,2 kg barley</i>
				D	Ensilage à l'acide formique + 1,2 kg orge <i>Silage with formic acid + 1,2 kg barley</i>	Ensilage sans conservateur + 1,2 kg orge <i>Silage without additive + 1,2 kg barley</i>
2	Marcenat hiver 1973-74	Entravée sans paille	2 lots de 12 génisses : 7 Montbéliarde et Frisonne + 5 Charolais x Salers 2 groups of 12 heifers	A	(11 semaines — 11 weeks) Ensilage sans conservateur + 1 kg concentré <i>Silage without additive + 1 kg concentrates</i>	(11 semaines — 11 weeks) Ensilage à l'acide formique + 1 kg concentré <i>Silage with formic acid + 1 kg concentrates</i>
				B	Ensilage à l'acide formique + 1 kg concentré <i>Silage with formic acid + 1 kg concentrates</i>	Ensilage sans conservateur + 1 kg concentré <i>Silage without additive + 1 kg concentrates</i>
3	Orival hiver 1974-75	Entravée sur paille	4 lots de 6 génisses Montbéliarde et Frisonne 4 groups of 6 Montbéliarde and Friesian breed heifers	A	(8 semaines — 8 weeks) Ensilage sans conservateur + 0,2 kg orge <i>Silage without additive + 0,2 kg barley</i>	(8 semaines — 8 weeks) Ensilage à l'acide formique + 0,2 kg orge <i>Silage with formic acid + 0,2 kg barley</i>
				B	Ensilage sans conservateur + 1,2 kg orge <i>Silage without additive + 1,2 kg barley</i>	Ensilage à l'acide formique + 1,2 kg orge <i>Silage with formic acid + 1,2 kg barley</i>
				C	Ensilage à l'acide formique + 0,2 kg orge <i>Silage with formic acid + 0,2 kg barley</i>	Ensilage sans conservateur + 0,2 kg orge <i>Silage without additive + 0,2 kg barley</i>
				D	Ensilage à l'acide formique + 1,2 kg orge <i>Silage with formic acid + 1,2 kg barley</i>	Ensilage sans conservateur + 1,2 kg orge <i>Silage without additive + 1,2 kg barley</i>

tillons frais. Sur les jus extraits par pression, nous avons déterminé le pH, la teneur en ammoniac (CONWAY, 1957), en acide lactique (BARKER et SUMMERSON, 1941) et en acides gras volatils par chromatographie en phase gazeuse (DULPHY, DEMARQUILLY et HENRY, 1975). Sur les échantillons après séchage, nous avons mesuré les teneurs en cellulose brute WEENDE et en cendres qui ont été exprimées en p. 100 de la matière sèche corrigée. Les analyses des fèces de moutons (azote, cellulose brute et cendres) ont été effectuées sur des échantillons secs.

## Résultats

### *Caractéristiques des ensilages utilisés (tabl. 2)*

Dans les essais 1 et 3 il n'y a pas eu de grosses différences dans les teneurs en cendres, matières azotées et cellulose brute entre les ensilages avec et sans acide formique. Dans l'essai 2, les différences ont été importantes et dues vraisemblablement à un lessivage d'éléments solubles dans les jus pour l'ensilage récolté sous la pluie. Par contre, la qualité de conservation des ensilages a été nettement améliorée en présence d'acide formique (pH plus bas, diminution des teneurs en acides acétique et butyrique et en ammoniacque), bien que dans l'essai 2 la teneur en acide acétique de l'ensilage avec acide formique soit encore relativement élevée.

La digestibilité des ensilages à l'acide formique a été plus élevée que celle des ensilages sans conservateur dans les essais 1 et 2 (respectivement + 1,6 et + 3,4 points) mais nous avons observé l'inverse (— 4 points) dans l'essai 3, vraisemblablement à cause d'hétérogénéité dans les silos (la mesure de digestibilité ne couvrant qu'une période de l'utilisation des ensilages). D'ailleurs, dans 8 comparaisons antérieures nous n'avons pas trouvé de différence significative entre les digestibilités d'ensilages avec et sans acide formique (DEMARQUILLY et DULPHY, 1973).

L'ingestibilité des ensilages avec acide formique mesurée sur moutons a été légèrement supérieure dans les essais 1 et 3 (+ 5,9 p. 100 contre + 7,7 p. 100 dans les essais de DEMARQUILLY et DULPHY, 1973), mais non dans l'essai 2.

### *Quantités d'aliments ingérées par les génisses (tabl. 3)*

#### *Effet de l'addition d'acide formique :*

L'addition d'acide formique lors de la mise en silo a, dans tous les essais, significativement augmenté ( $P < 0,05$ ), les quantités de matière sèche d'ensilage ingérées, sauf en présence de 1,2 kg d'orge dans l'essai 3 : en moyenne par animal ces quantités sont passées de 4,74 à 5,27 kg, soit de 1,55 à 1,70 kg par 100 kg de poids vif, ce qui correspond à une augmentation de 9,7 p. 100, les animaux recevant par ailleurs 0,69 kg de matière sèche d'aliment concentré.

En présence de 1,2 kg de concentré, l'effet de l'acide formique a cependant été légèrement moindre (+ 8,2 p. 100) qu'en l'absence de concentré (+ 10,4 p. 100)

TABLEAU 2  
Composition chimique, caractéristiques fermentaires, digestibilité et ingestibilité des ensilages utilisés  
Characteristics of the silages

N° de l'essai (Trial No)	Fourrages (Roughages)	Dose d'acide formique /tonne (Formic acid /ton)	Matière sèche p. 100 (Dry matter)	Cendres (Ashes)	Matière azotée (Crude Protein)	Cellulose brute WEEN-DE (Crude fiber)	pH	Acides organiques (p. 1 000 MS) (Organic acids) (p. 1 000 DM)			N-NH <sub>3</sub> p. 100 N total (NH <sub>3</sub> -N p. 100 total N)	Digestibilité de la matière organique que (OM digestibility)	Quantités de MS ingérées par les moutons (g/kg p <sub>075</sub> DM) (DM intake by sheep g/kg W <sub>075</sub> )
								Lactique (Lactic)	Acétique (Acetic)	Butyrique (Butyric)			
1	Ray grass anglais Début épiaison 1 <sup>er</sup> cycle (coupe fine)	0	19,8	6,8	p. 100 MS (p. 100 DM)	32,7	4,08	72,6	38,2	0,4	9,3	73,2	45,0
		3,8 litres (liters)	21,1	6,5		32,2		57,4	19,2	0,1			
2	Prairie naturelle (machine double coupe)	0	20,4	9,7	p. 100 MS (p. 100 DM)	—	5,15	7,4	31,4	22,0	33,8	66,1	31,6
		3,5 litres (liters)	22,0	7,4		—		46,7	28,6	2,5			
3	Ray grass anglais 2 <sup>e</sup> cycle âgé de 48 jours (coupe fine)	0	22,0	8,1	p. 100 MS (p. 100 DM)	30,6	4,49	57,9	28,1	20,6	20,1	69,0	39,8
		3,2 litres (liters)	22,5	8,2		29,4		60,7	13,1	2,3			
	Perennial rye grass First ears First growth (fine chopping)	0	21,1	6,5	p. 100 MS (p. 100 DM)	32,2	3,86	57,4	19,2	0,1	5,4	74,8	47,5
		3,8 litres (liters)	21,1	6,5		32,2		57,4	19,2	0,1			
	Prairie naturelle (machine double coupe)	0	20,4	9,7	p. 100 MS (p. 100 DM)	—	5,15	7,4	31,4	22,0	33,8	66,1	31,6
		3,5 litres (liters)	22,0	7,4		—		46,7	28,6	2,5			
	Natural grassland (double chop machine)	0	22,0	8,1	p. 100 MS (p. 100 DM)	30,6	4,49	57,9	28,1	20,6	20,1	69,0	39,8
		3,2 litres (liters)	22,5	8,2		29,4		60,7	13,1	2,3			
	Ray grass anglais 2 <sup>e</sup> cycle âgé de 48 jours (coupe fine)	0	22,0	8,1	p. 100 MS (p. 100 DM)	30,6	4,49	57,9	28,1	20,6	20,1	69,0	39,8
		3,2 litres (liters)	22,5	8,2		29,4		60,7	13,1	2,3			
	Perennial rye grass Second growth 48 days-old (fine chopping)	0	22,0	8,1	p. 100 MS (p. 100 DM)	30,6	4,49	57,9	28,1	20,6	20,1	69,0	39,8
		3,2 litres (liters)	22,5	8,2		29,4		60,7	13,1	2,3			

TABLEAU 3  
Quantités de matière sèche ingérées par les génisses et gain de poids journalier  
Dry matter intake and daily live weight gain of heifers

Ensilages (Silages)	Quantités de MS ingérées (p. 100 kg PV) (Dry matter intake (p. 100 kg LW))		Quantités de MOD totale ingérées (animal/jour (kg) (DOM intake (kg/day)))	Poids vif moyen des animaux (kg) (Mean live weight (kg))	Gain de poids journalier (g/jour) (Daily live weight gain (g/day))
	Ensilage (Silage)	Concentré (Concentrates)			
<b>Essai 1 (Trial 1)</b>					
— Ensilage sans conservateur (Silage without additive)					
- 0,2 kg concentré . . . . .	1,62 <sup>a</sup>	0,05	1,67	310	531 <sup>a</sup>
- 1,2 kg concentré . . . . .	1,54 <sup>a,b</sup>	0,33	1,87	316	733 <sup>b</sup>
— Ensilage + Acide formique (Silage with formic acid)					
- 0,2 kg concentré . . . . .	1,85 <sup>a</sup>	0,05	1,90	314	781 <sup>b</sup>
- 1,2 kg concentré . . . . .	1,69 <sup>a,c</sup>	0,33	2,02	320	828 <sup>b</sup>
<b>Essai 2 (Trial 2)</b>					
— Ensilage sans conservateur (Silage without additive)					
- Génisses race laitière . . . . .	1,60	0,27	1,87	322	409 <sup>a</sup> (P < 0,05)
- Génisses Charol. × Salers Charolais × Salers heifers	1,28	0,31	1,59	275	271 <sup>a</sup> (P < 0,1)

TABLEAU 3 (suite)

Ensilages ( <i>Silages</i> )	Quantités de MS ingérées (p. 100 kg PV) ( <i>Dry matter intake (per 100 kg LW)</i> )		Quantités de MOD totale ingérées (animal /jour (kg) ( <i>DOM intake</i> (kg/day))	Poids vif moyen des animaux (kg) ( <i>Mean live</i> <i>weight</i> (kg))	Gain de poids journalier (g/jour) ( <i>Daily live weight</i> <i>gain</i> (g/day))
	Ensilage ( <i>Silage</i> )	Concentré ( <i>Concentrates</i> )			
— Ensilage + Acide formique ( <i>Silage with formic acid</i> )					
- Génisses race laitière . . . . . <i>Dairy heifers</i>	1,76	0,27	4,36	325	613 <sup>b</sup>
- Génisses Charol. × Salers <i>Charolais × Salers heifers</i>	1,45	0,31	3,29	280	573 <sup>b</sup>
<b>Essai 3 (Trial 3)</b>					
— Ensilage sans conservateur ( <i>Silage without additive</i> )					
- 0,2 kg concentré . . . . .	1,64 <sup>a</sup>	0,06	3,14	298	443 <sup>a</sup>
- 1,2 kg concentré . . . . .	1,60 <sup>a</sup>	0,33	3,89	311	658 <sup>b</sup>
- 1,2 kg concentrés <i>1,2 kg concentrates</i>					
— Ensilage + Acide formique ( <i>Silage with formic acid</i> )					
- 0,2 kg concentré . . . . .	1,75 <sup>bc</sup>	0,06	3,40	304	611 <sup>a</sup>
- 0,2 kg concentrés <i>0,2 kg concentrates</i>					
- 1,2 kg concentré . . . . .	1,69 <sup>ac</sup>	0,33	4,06	311	827 <sup>c</sup>
- 1,2 kg concentrés <i>1,2 kg concentrates</i>					

N.B. : Les résultats suivis de lettres identiques ne sont pas significativement différents (Results followed by similar letters are not significantly different)



mais cette interaction n'est pas significative; l'écart type résiduel dans les essais 1 et 3 a été de 0,13 kg.

Il est à noter que les génisses Charolais × Salers ont ingéré des quantités de matière sèche d'ensilage et de la ration totale, par 100 kg de poids vif, beaucoup plus faibles (— 19 p. 100 et — 14 p. 100) que les génisses de race laitière.

#### *Influence du niveau d'apport de l'aliment concentré :*

L'apport de 1 kg d'orge en supplément dans les essais 1 et 3 a fait diminuer les quantités d'ensilage ingérées mais cette diminution n'est significative ( $P < 0,05$ ) qu'avec l'ensilage à l'acide formique dans l'essai 1. Le taux de substitution par kg de matière sèche d'orge apporté en supplément a été en moyenne respectivement de 0,22 et 0,40 kg pour les ensilages sans conservateur et ceux à l'acide formique.

#### *Croissance des génisses (tabl. 3)*

##### *Effet de l'addition d'acide formique :*

L'apport d'acide formique a significativement ( $P < 0,05$ ) augmenté le gain de poids vif des génisses sauf en présence de 1,2 kg d'orge dans l'essai 1 où l'augmentation n'est pas significative.

Pour les 3 essais les gains de poids vif des génisses ont été en moyenne de 507 g/j avec l'ensilage sans conservateur contre 706 g/j avec l'ensilage additionné d'acide formique (soit + 199 g/j). En présence de 1,2 kg d'orge, l'effet de l'acide formique a cependant été légèrement plus faible (+ 156 g/j) qu'en l'absence d'orge (+ 209 g/j) mais cette interaction n'est pas significative. Les écarts types résiduels ont été de 153 g dans l'essai 1 et de 142 g dans l'essai 3, ce qui traduit une grande variabilité des résultats.

Dans l'essai 2, les gains de poids vif des génisses Charolais × Salers ont été plus faibles que ceux des génisses de race laitière (422 g/j contre 511 g/j). Cela doit être dû à leur plus faible appétit pour l'ensilage lié, soit à leur plus jeune âge, soit à leur race.

##### *Influence du niveau d'apport de l'aliment concentré :*

L'apport de 1 kg d'orge en supplément a augmenté significativement le gain de poids vif des animaux : en moyenne + 170 g/j, sauf avec l'ensilage additionné d'acide formique dans l'essai 1. L'augmentation a été plus importante avec les deux ensilages sans conservateur (+ 202 et + 215 g/j) qu'avec les deux ensilages à l'acide formique (+ 47 et + 216 g/j), mais cette interaction n'est pas significative.

#### *Efficacité d'utilisation des rations*

On peut exprimer l'efficacité globale d'utilisation des rations (ensilage + aliment concentré) utilisées soit en kg de matière sèche totale ingérée par kg de gain de poids vif réalisé, soit en kg de matière organique digestible ingérée par kg de

gain de poids vif. Pour ce dernier calcul, nous avons pris comme digestibilité de la matière organique des ensilages celle mesurée sur moutons pour chaque ensilage sauf dans l'essai 3 pour lequel nous avons utilisé la moyenne des 2 digestibilités. Pour l'orge nous avons adopté un coefficient de digestibilité de la matière organique de 86 p. 100.

Avec les rations d'ensilage à l'acide formique les génisses ont ingéré 440 g de matière organique digestible de plus (soit + 12,4 %) qu'avec les rations d'ensilage sans conservateur, alors que les gains de poids vif augmentaient de + 199 g/j soit de 39,2 p. 100.

Par kg de gain de poids vif, les génisses ont ingéré en moyenne respectivement pour les rations à base d'ensilage sans conservateur et pour celles d'ensilage à l'acide formique 11,54 et 8,58 kg de matière sèche et 7,46 et 5,71 kg de MOD soit une efficacité d'utilisation de la matière sèche et de la matière organique digestible respectivement supérieure de 25,8 et 23,5 p. 100 pour les ensilages à l'acide formique.

La distribution de 1 kg d'orge (0,87 kg de MS) en plus dans les essais 1 et 3, a, compte tenu du phénomène de substitution, augmenté de 0,6 kg la quantité de MOD ingéré (+ 16,8 p. 100) pour une augmentation de poids vif de 170 g/j (+ 28,8 p. 100). Par kg de gain de poids la quantité de MOD a diminué de 0,67 kg soit une augmentation d'efficacité d'utilisation de la MOD de 10,8 p. 100.

## Discussion

L'addition de 3,5 l d'acide formique par tonne de fourrage frais lors de la récolte a eu un effet favorable sur la qualité de conservation des ensilages de graminées, en accord avec les résultats antérieurs (SAUE et BREIREM, 1969; WALDO *et al.*, 1969; CASTLE et WATSON, 1970; DEMARQUILLY et DULPHY, 1973). Cette amélioration ne semble pas cependant s'être traduite par une meilleure préservation de la digestibilité du fourrage; cela est normal car les différences de digestibilité entre ensilages préparés à partir de fourrages verts de même digestibilité sont dues plus aux différences de pertes par jus qu'aux différences de qualité de conservation, sauf si celle-ci est très mauvaise, ce qui n'a jamais été le cas dans ces essais (DEMARQUILLY, résultats non publiés).

L'amélioration de la qualité de conservation des ensilages a entraîné une augmentation des quantités de fourrage ingérées par les génisses, en moyenne de + 9,7 p. 100 contre 6,6 p. 100 dans les essais réalisés avec des ensilages non préfanés ( $n = 3$ ) aux U.S.A. par WALDO *et al.*, (1971) et 30,1 p. 100 dans deux essais réalisés par nous-mêmes avec des fourrages ensilés en petits silos de 15 m<sup>3</sup> (résultats non publiés). Cette augmentation a tendance à être plus élevée que chez les moutons pour lesquels elle n'a été que de 4,4 p. 100 dans nos 3 essais et de 7,7 p. 100 dans les 8 essais antérieurs de DEMARQUILLY et DULPHY (1973). Rappelons que les génisses sont, en revanche, moins sensibles à la longueur des brins que les moutons (DULPHY et MICHALET, 1975).

L'addition d'acide formique à l'ensilage a entraîné une augmentation très nette du gain de poids vif. Cette amélioration résulte principalement de l'aug-

mentation des quantités ingérées. Il ne semble pas en effet que la matière organique digestible apportée par l'ensilage à l'acide formique soit plus efficacement utilisée que celle apportée par l'ensilage sans conservateur. Pour le montrer nous avons regroupé tous nos résultats sur génisses de 1 an (les résultats présents et ceux de DULPHY et DEMARQUILLY, 1975 *a*) et relié la quantité de matière organique digestible (MODI en kg) par les génisses à leur poids métabolique (PM =  $P^{0.75}$  compris entre 66 et 78 kg) et à leur gain de poids vif (GPV en kg/j compris entre 0,409 et 1,040) pour des rations comprenant en moyenne 760 g d'aliment concentré (200 à 1 300 g).

$$\text{MODI} = -3,387 + 0,079 \text{ PM} + 2,090 \text{ GPV} \quad (n = 16, r = 0,91).$$

Cette équation montre qu'à un poids vif donné, une ingestion supplémentaire de 209 g de MOD correspond en moyenne à une augmentation de gain de poids vif de 100 g/j. Dans les essais rapportés ici, nous observons que l'ingestion supplémentaire a été de 220 g de MOD/100 g de gain de poids vif en plus. Les valeurs 209 et 220 g de MOD/100 g de gain de poids vif étant très voisines, il semble donc que l'effet bénéfique de l'addition d'acide formique sur les gains de poids vif des génisses soit due entièrement à l'augmentation des quantités de MOD ingérées qu'elle a entraînée. WALDO (1973) a montré que l'addition d'acide formique augmentait également l'efficacité de l'utilisation des matières azotées de l'ensilage en diminuant la proportion d'azote soluble. Il ne semble cependant pas que cette meilleure utilisation des matières azotées ait joué un rôle important dans nos essais : d'une part, les teneurs en azote soluble des ensilages sans et avec acide formique ont été peu différentes (respectivement 60,2 et 54,7 p. 100 de l'azote total), d'autre part et surtout, les teneurs en matières azotées des ensilages ont été élevées (de 13,7 à 17,0 p. 100 suivant les ensilages et les essais) et ont dû couvrir dans tous les cas les besoins azotés des génisses.

La diminution de quantité de matière sèche d'ensilage ingérée par kg de MS de concentré apportée a été de 0,22 kg avec les ensilages sans conservateur et de 0,40 kg avec les ensilages additionnés d'acide formique. Ces valeurs sont plus faibles que celles enregistrées sur vaches laitières (DULPHY et DEMARQUILLY, 1975 *b*) : 0,31 et 0,63 kg, vraisemblablement par suite de la très faible quantité d'aliment concentré distribuée.

Cet apport supplémentaire de 1 kg d'orge dans les rations a eu un effet relativement faible sur les gains de poids vif : augmentation de 170 g/j pour une ingestion supplémentaire de 600 g de matière organique digestible (353 g de matière organique digestible pour 100 g de gain de poids vif). Cet effet est cependant plus élevé que celui obtenu précédemment dans 3 essais avec des génisses identiques (DULPHY et DEMARQUILLY, 1975 *a*) : + 87 g/j avec 559 g de matière organique digestible ingérée en plus, soit 643 g de MOD pour 100 g de gain de poids vif. Les causes de la faible influence de l'apport d'aliment concentré peuvent se situer à deux niveaux. Tout d'abord il est probable que la présence d'aliment concentré riche en amidon dans la ration diminue la digestibilité des membranes et par là de la matière organique du fourrage (DEMARQUILLY, 1975). Pour que le supplément de MOD apporté par la distribution d'un kg d'orge en plus soit utilisé avec la même efficacité que la MOD du reste de la ration, il faudrait supposer que la distribution d'un kg d'orge, qui fait passer la proportion de concentré de 3 à

17 p. 100 de la matière sèche totale ingérée, fasse diminuer la digestibilité de la ration totale de 4,4 points par comparaison à la digestibilité qu'aurait la ration s'il n'y avait pas de digestibilité associative négative. Il est donc vraisemblable que la faible efficacité de la matière organique digestible apportée par l'orge soit due, non seulement à une diminution de la digestibilité de la fraction fourrage de la ration, mais également à une augmentation de la proportion de graisses dans la composition du croît des animaux. Dans nos précédents essais sur génisses, cet effet n'a pas dû être négligeable car la croissance des animaux était plus élevée que dans cette deuxième série d'essais.

D'un point de vue zootechnique, ces essais confirment qu'il est possible d'obtenir des gains de poids journaliers de 600 à 800 g/j en ne distribuant à des génisses de 1 an qu'un ensilage de graminées comme seul aliment à condition de récolter le fourrage à un stade précoce, avec une machine hachant finement et en y ajoutant un conservateur efficace. Pour obtenir le même résultat avec un ensilage sans conservateur il faudra, dans la limite des gains de poids que nous avons enregistrés, apporter environ 1 kg de concentré en plus chaque jour aux animaux.

*Reçu pour publication en octobre 1976.*

## Summary

### *Influence of formic acid addition on the value of grass silages for heifers*

1. — In 3 trials heifers were used to compare the feeding value of direct-cut grass silage made with or without formic acid (3.5 liters/ton). Experiments are described in table 1. In 2 trials we used a precision-chop harvester and in the third one a double-chop harvester.

2. — Addition of formic acid to direct-cut silage had a substantial effect on the preservation quality of forage (table 2), but the digestibilities of the silages with or without formic acid were the same.

3. — In each trial, silages were offered ad libitum, without hay, to comparable groups on 1 year old heifers. In addition, the animals received a concentrate feed, in equal amounts if trial 2 and according to 2 feeding levels in trials 1 and 3 (each group being divided into 2 sub-groups) (table 1). All experiments were carried out in winter according to a plan comprising 2 experimental periods with inversion of the silage in the middle of winter.

4. — The average silage intake of the heifers was significantly higher (9.7 p. 100,  $P < 0.05$ ) with addition of formic acid to the silage (table 3).

When increasing the supply of concentrate feed, a mean decrease of 0.31 kg silage dry matter per kg concentrate feed dry matter, was recorded.

5. — The daily live weight gain of the heifers was + 199 g/day higher with silages made with formic acid. The effect of addition of formic acid was less marked when offering 1.2 kg concentrates (+ 156 g/day) than when offering 0.2 kg (+ 209 g/day), but these increases were not significantly different the one from the others.

The increase in live weight gain obtained by supplementing the diets with 1 kg concentrate feed was 170 g/day. This effect was higher with silages without formic acid, but the interaction was not significant.

6. — The higher performances of heifers with formic acid-silages seem above all caused by the increase in the intake of digestible organic matter and not by the improvement of the utilization efficiency of this digestible organic matter.

On the other hand, the supplementary supply of digestible organic matter resulting from the rise in the amount of concentrate feed offered had a lower utilization efficiency than that resulting from the rise in the silage intake. All these results are discussed.

## Références bibliographiques

- BARKER J. B., SUMMERSON W. H., 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *J. Biol. Chem.* 138, 535-554.
- CASTLE M. E., WATSON J. N., 1970. Silage and milk production, a comparison between grass silages made with and without formic acid. *J. Br. Grassld Soc.* 25, 65-70.
- CONWAY E. J., 1957. *Microdiffusion analysis and volumetric error*. Crosby, Lockwood London.
- DEMARQUILLY C., 1973. Composition chimique, caractéristiques fermentaires, digestibilité et quantité ingérée des ensilages de fourrages : modifications par rapport au fourrage vert initial. *Ann Zootech.*, 22, 1-35.
- DEMARQUILLY C., 1975. Éléments nouveaux concernant l'utilisation de l'énergie et de l'azote par les ruminants. *Fourrages n° 62*, 35-46.
- DEMARQUILLY C., DULPHY J. P., 1973. La valeur alimentaire des ensilages et sa prévision. *Revue Fourrages*, décembre, 27-39.
- DERBYSHIRE J. C., WALDO D. R., GORDON Ch., 1971. Dairy cattle performance on formic acid silages. *J. Dairy Sci.*, 54, 805 (Abstr.).
- DULPHY J. P. et DEMARQUILLY C., 1973. Influence de la machine de récolte et de la finesse de hachage sur la valeur alimentaire des ensilages. *Ann. Zootech.*, 22, 199-217.
- DULPHY J. P., DEMARQUILLY C. et Martine HENRY, 1975. Perte de composés volatils lors de la détermination à l'étuve de la teneur en matière sèche des ensilages. *Ann. Zootech.*, 24, 741-754.
- DULPHY J. P., MICHALET Brigitte, 1975. Influence comparée de la machine de récolte sur les quantités d'ensilage ingérées par des génisses et des moutons. *Ann. Zootech.*, 24, 755-762.
- DULPHY J. P., DEMARQUILLY C., 1975. a) Influence de la machine de récolte sur la valeur des ensilages de graminées pour les génisses de race laitière. *Ann. Zootech.*, 24, 351-362.
- DULPHY J. P., DEMARQUILLY C., 1975. b) Complémentation énergétique des rations à base d'ensilage d'herbe distribuées à des vaches laitières en cours de lactation. *Bulletin Technique du C.R.Z.V. de Theix*, n° 21, 31-40.
- SAUE O., BREIREM K., 1969. Formic acid as a silage additive. *Proc. 3rd gen. Meet Eur. Grassld Fed.*, 161-172.
- WALDO D. R., 1973. Chemical preservation of forages. *Proc. Cornell. Nutr. Conf. feed Manufact.*, 50-58.
- WALDO D. R., SMITH L. W., MILLER R. W., MOORE L. A., 1969. Growth, intake and digestibility from formic acid silage versus hay. *J. Dairy Sci.*, 52, 1609-1616.
- WALDO D. R., KEYS J. E., SMITH L. W., GORDON C. H., 1971. Effect of formic acid on recovery, intake, digestibility and growth from unwilted silage. *J. Dairy Sci.*, 54, 77-84.
- WALDO D. R., KEYS J. E., GORDON C. H., 1973. Preservation efficiency and dairy heifer response from unwilted formic and wilted untreated silages. *J. Dairy Sci.*, 56, 129-136.
- WILSON R. F., WILKINS R. J., 1973. Formic acid as a silage additive for wet crops of cocksfoot and lucerne. *J. Agric. Sc. Camb.*, 80, 225-231.