

Valeurs nutritive et alimentaire des fourrages selon les techniques de conservation : foin, ensilage, enrubannage

C. Demarquilly, J.P. Dulphy, J.P. Andrieu

La valeur nutritive et l'ingestibilité des fourrages conservés sont déterminées avant tout par celles du fourrage vert au moment de la fauche. La synthèse de nombreux essais montre quel est l'effet des différentes techniques de conservation sur les performances des animaux (génisses et vaches laitières).

RÉSUMÉ

La fenaison et l'enrubannage en balles rondes (BRE) entraînent la diminution de la digestibilité de la matière organique (dMO) et souvent de l'ingestibilité. L'ensilage diminue très peu la dMO mais diminue, parfois beaucoup, l'ingestibilité et la valeur azotée réelle. Les ensilages d'herbe récoltés en coupe directe avec une ensileuse à coupe fine et additionnés d'acide formique ont une excellente qualité ; distribués à volonté, ils assurent à des génisses laitières de 1 an des croissances hivernales de 600 à 1 000 g/j en liaison étroite ($r = 0,875$) avec la dMO de l'ensilage, et à des vaches laitières une production de 9 à 20 kg de lait 4 % en liaison étroite avec la dMO ($r = 0,64$). Le préfanage (32% MS) ou le mi-fanage (45% MS) entraînent une légère diminution des croissances (10%) malgré l'augmentation (5-10%) des quantités ingérées. Les foins et les BRE récoltés à la même date que les ensilages permettent des croissances proches de celles permises par les ensilages avec acide formique.

MOTS CLÉS

Conservateur, conservation de la récolte, croissance pondérale, enrubannage, ensilage, foin, production laitière, valeur alimentaire.

KEY-WORDS

Additive, crop conservation, dairy production, feeding value, hay, silage, weight gain, wrapping.

AUTEURS

I.N.R.A., Unité Aliments - SRNH -Theix, F-63122 St-Genès-Champanelle.

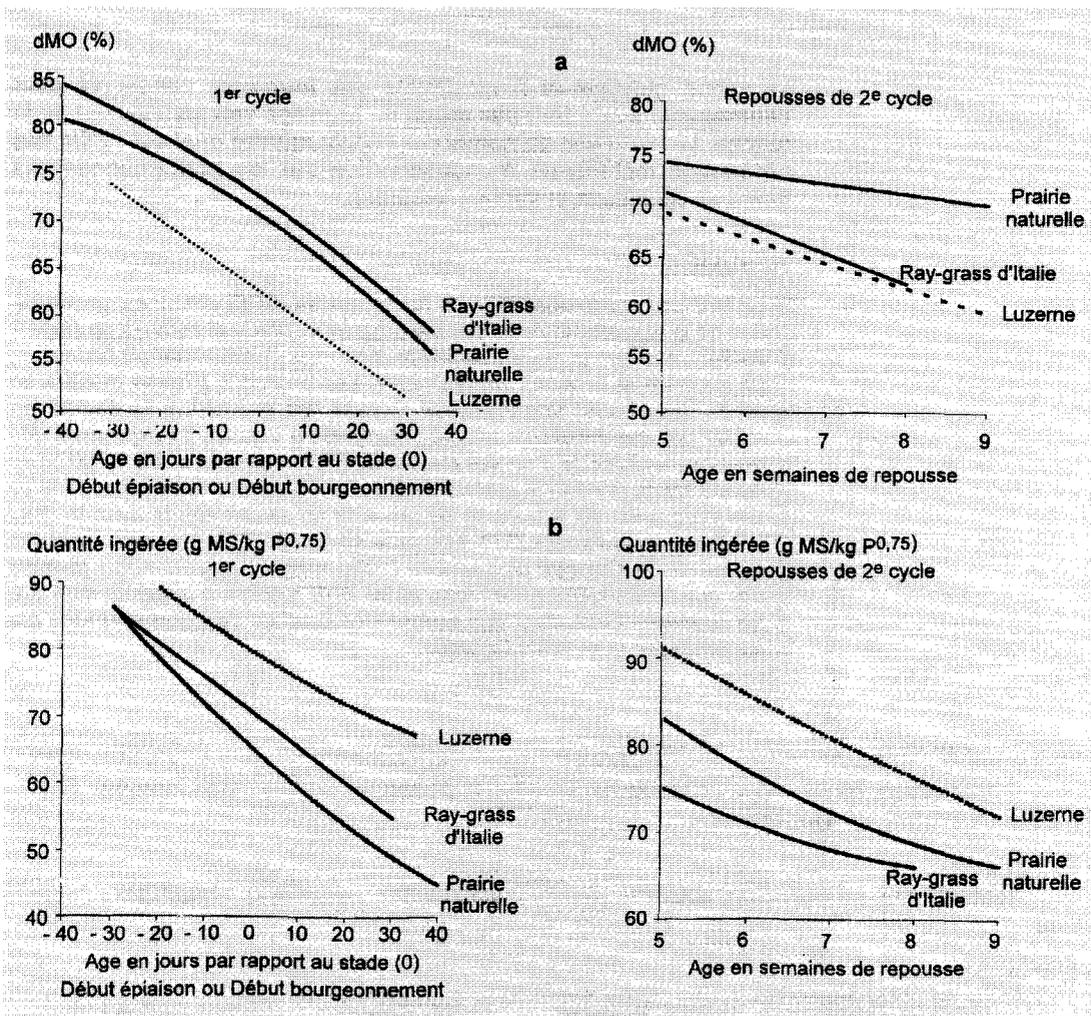
Y compris dans les régions propices au maïs ensilage, des réserves hivernales sous forme de foin, d'ensilage d'herbe et (ou) de balles rondes enrubannées sont préparées, notamment à partir des excédents d'herbe de printemps. Quelles performances des vaches et génisses laitières peut-on attendre de ces trois types de fourrages conservés ?

Les performances dépendent certes du mode de récolte et de la réussite de la conservation, mais avant tout de la valeur nutritive du fourrage vert au moment de la fauche.

En Europe, et dans tous les pays à hiver marqué, la croissance des plantes prairiales s'arrête pendant cette saison froide qui dure de 3 à 6 mois suivant les pays et les régions. Pour y pallier, la conservation des fourrages s'est développée, et cela d'autant plus que l'élevage devenait intensif, nécessitant une couverture (presque) permanente des besoins des animaux.

FIGURE 1 : Evolution a) de la digestibilité de la matière organique (dMO), b) de la quantité ingérée de ray-grass d'Italie, de prairie naturelle et de luzerne au cours du 1^{er} cycle de végétation.

FIGURE 1 : Changes in a) organic matter digestibility (dMO), b) voluntary intake, of Italian ryegrass, natural pasture grass and lucerne during the 1st growth cycle.



La valeur nutritive et l'ingestibilité des fourrages conservés sont déterminées avant tout par celles du fourrage vert lors de sa récolte. Nous rappellerons donc brièvement comment celles-ci évoluent avec l'âge du fourrage, notamment au cours du 1^{er} cycle de végétation, avant d'aborder les modifications - presque exclusivement des diminutions - entraînées par les techniques de récolte et de conservation.

Rappels sur l'évolution de la valeur nutritive et de l'ingestibilité des fourrages verts

Au cours du 1^{er} cycle, **la digestibilité de la matière organique (dMO) d'une espèce donnée dépend presque exclusivement de son stade de développement** (figure 1a). Elle présente des valeurs élevées et maximales (de 80 à 85% suivant les plantes) au début de la croissance des graminées, diminue lentement jusqu'à un stade compris entre le stade "épi à 10 cm" (ray-grass d'Italie, fléole, fétuque élevée) et l'apparition des tout premiers épis (ray-grass anglais, dactyle, fétuque des prés) et diminue plus rapidement ensuite, d'environ 0,4 à 0,5 point/jour (soit d'environ 0,01 UFL/kg MS). Il en est de même de la prairie naturelle à base de graminées, contrairement à ce qui est souvent admis. Sa digestibilité, de l'ordre de 82 - 83% en tout début de printemps, diminue dès la montaison des principales espèces qui la composent, de 0,4 point/jour pour atteindre 55% à la pleine floraison. La dMO des grandes légumineuses diminue, quant à elle, régulièrement d'environ 0,35 à 0,40 point/jour tout au long du 1^{er} cycle. La dMO des repousses est toujours inférieure à celle des fourrages correspondants en début de printemps, mais diminue moins vite avec l'âge : de 0,1 à 0,2 point/jour pour les repousses feuillues, de 0,2 à 0,3 point pour les repousses à tiges. Pour ces dernières, elle augmente d'un cycle au suivant puisqu'elles sont de plus en plus riches en feuilles (DEMARQUILLY et JARRIGE, 1974 et 1981).

L'ingestibilité des fourrages verts dépend, en gros, des mêmes critères que ceux qui conditionnent la digestibilité, à savoir :

- le rapport feuilles/tiges ;
- la proportion de constituants intracellulaires : leur digestibilité réelle est pratiquement de 100% ; ils sont très rapidement digérés et n'encombrent pas ou peu le rumen ;
- et, par différence, la proportion de parois : la vitesse de dégradation et de réduction des parois cellulaires en fines particules, ce qui leur permet de quitter le rumen, diminue en effet au fur et à mesure que la proportion de parois augmente et qu'elles deviennent de plus en plus lignifiées (DEMARQUILLY *et al.*, 1981).

Au cours du 1^{er} cycle de végétation, l'ingestibilité diminue donc rapidement en même temps que la digestibilité (figure 1b). Cette diminution est comprise entre 9 et 14 g MS/jour chez le mouton de 60 kg (40 à 65 g MS/j chez la vache laitière de 600 kg) pour la majorité des

espèces de graminées et les prairies naturelles, mais elle est plus importante avec le dactyle et le brome (17 g chez le mouton, 80 g chez la vache). Elle est plus faible chez les grandes légumineuses (8 g chez le mouton, 35 g chez la vache) qui, à même dMO, sont mieux ingérées que les graminées, la différence s'accroissant avec l'âge du fourrage. L'ingestibilité des repousses diminue aussi avec l'âge, mais moins rapidement, et les liaisons avec la dMO ou l'âge sont moins étroites, notamment pour les repousses feuillues. D'autres facteurs interviennent : teneur en matière sèche (liaison positive), teneur en cendres ou proportion de parties mortes (liaisons négatives).

Le choix de la date optimale de récolte doit cependant tenir compte du fait que **la production** (en t MS/ha) **augmente avec le stade ou l'âge du fourrage**. La quantité d'éléments nutritifs récoltée à l'hectare est maximale en tout début d'épiaison (graminées) et au stade "boutons floraux" (légumineuses) du 1^{er} cycle, et à 6 semaines d'âge pour les repousses.

La conservation

La conservation des fourrages se pratique de 2 façons :

- **la voie sèche**, le plus souvent par fenaison, qui consiste à amener le fourrage à une teneur en matière sèche (MS) supérieure ou égale à 85%. A cette teneur la plante est morte, ses enzymes sont devenues inactives et le développement des moisissures devient impossible car elles ne disposent plus de suffisamment d'eau pour rester actives et se multiplier ;

- **la voie humide**, i.e l'ensilage, où la stabilisation du fourrage n'est obtenue que s'il y a anaérobiose (l'absence d'oxygène supprime les bactéries et les moisissures aérobies qui sont putréfiantes) et une acidité suffisante pour empêcher la fermentation butyrique, elle-même putréfiante mais anaérobie.

L'enrubannage des balles rondes de fourrages plus ou moins préfanés (ou de foins plus ou moins humides) s'apparente à la voie humide dans son principe. La suppression de la fermentation butyrique est obtenue, d'une part, par une élévation suffisante de la teneur en MS (> 45%) qui empêche l'activité des ferments butyriques et, d'autre part, par une mise en anaérobiose, grâce à l'enrubannage par un film étirable, qui ne permet pas le développement des moisissures, toutes aérobies.

1. La fenaison

Suivant la teneur en matière sèche de départ, **de 2 à 5 kg d'eau sont à évaporer par kg de MS de fourrage vert** pour le transformer en foin. La dessiccation est rapide au départ car l'eau est perdue facilement tant que les stomates restent ouverts et parce qu'une partie (les 2/3 environ) de l'eau des tiges migre vers les feuilles qui se dessèchent

plus vite que les tiges. Elle est lente ensuite car l'eau doit être perdue à travers la cuticule dont la partie extérieure cireuse est très imperméable. La dessiccation va demander de 2-3 jours à parfois plus de 8 jours suivant les conditions climatiques (température et déficit de saturation de l'air, vitesse du vent...), la nature du fourrage, son rapport feuilles/tiges et la production à l'hectare (la quantité d'eau à évaporer à l'hectare augmente avec la production) et du matériel de fauche et de conditionnement (DEMARQUILLY, 1987).

Durant le fanage au sol, le fourrage va subir des pertes liées à la respiration (celle-ci est l'équivalent d'une combustion ; elle transforme les sucres en CO₂ et H₂O), aux pertes de feuilles qui affectent essentiellement les légumineuses (durant la fenaison, la luzerne perd au minimum 25% de ses feuilles) et éventuellement au lessivage par la pluie qui entraîne une partie des sucres, des matières azotées et des minéraux solubles dans l'eau (en particulier quand le fourrage est mort ou déjà suffisamment flétri car ses cellules ont perdu leur perméabilité sélective à l'eau). A ces pertes peuvent aussi se rajouter celles liées à l'échauffement si les foins sont pressés insuffisamment secs. L'échauffement, dû à la respiration de certaines cellules végétales encore vivantes et à l'activité des bactéries et des moisissures, entraîne des réactions de MAILLARD entre les protéines et les sucres, qui rendent indigestibles les complexes formés (tableau 1).

Ces pertes entraînent une diminution des constituants intracellulaires (sucres, matières azotées...) et une augmentation corrélative des parois cellulaires. Il en résulte :

- une diminution très variable de la dMO : de 0 à 16 points pour les 141 comparaisons effectuées à l'INRA (ANDRIEU et DEMARQUILLY, 1987 a et b). Elle est minimale (en moyenne 4 points, soit environ 6%) pour les foins de graminées ventilés en grange ou séchés rapidement sur le champ par beau temps, mais augmente avec la durée de séjour sur le champ et la quantité de pluie reçue. La diminution de dMO est plus importante pour les légumineuses que pour les graminées par suite d'une plus grande perte de feuilles et elle s'accroît lorsque le fourrage est récolté plus précocement (tableau 2 et figure 2) ;

TABLEAU 1 : Modifications de composition chimique et de digestibilité entraînées par l'échauffement des foins (d'après DIJKSTRA et VAN DER SCHAAF, 1955).

TABLE 1 : Changes in chemical composition and in digestibility due to heating of hay (after DIJKSTRA and VAN DER SCHAAF, 1955).

	Nombre de comparaisons	Composition (g/kg MS)		Digestibilité (points)		
		M.A.T.	Cellulose brute	Matière organique	Matières azotées	Cellulose brute
Foin normal		136	319	59,6	58,7	66,6
Foin légèrement chauffé	3	140	297	56,8	39,6	65,8
Différence		+ 4	- 22	- 2,8	- 19,1	- 0,7
Foin normal		126	322	60,6	56,0	66,6
Foin chauffé	3	130	305	53,5	23,2	64,4
Différence		+ 4	- 17	- 7,1	- 32,8	- 2,2
Foin normal		156	299	59,3	59,6	66,8
Foin fortement chauffé	2	162	259	45,7	10,1	58,8
Différence		+ 8	- 40	- 13,5	- 49,5	- 8,0
Foin légèrement chauffé		146	331	65,2	47,0	79,5
Foin très fortement chauffé	1	156	292	43,5	0,9	57,1
Différence		+ 10	- 39	- 21,7	- 46,1	- 22,4

	Nombre d'échantillons	Modifications* des teneurs (g/kg MS)		Modifications* de la :	
		Matières azotées	Cellulose brute	Digestibilité de la MO (points)	Matière sèche ingérée** et (% du vert)
Foins de graminées					
ventilés en grange	36	- 8	+ 21	- 3,9	- 7 (11%)
séchés au sol, beau temps	40	- 8	+ 21	- 3,9	- 13 (19%)
séchés au sol < 10 jours, pluie	21	- 16	+ 43	- 5,9	- 14 (23%)
séchés au sol > 10 jours, pluie	16	- 14	+ 55	- 9,3	- 17 (28%)
Foins de luzernes					
ventilés en grange	18	- 18	+ 33	- 4,1	- 11 (14%)
séchés au sol, beau temps	4	- 22	+ 56	- 5,2	- 15 (19%)
séchés au sol, pluie	6	- 27	+ 99	- 10,1	- 20 (25%)
Ensilages de graminées et prairies naturelles					
coupe directe	64	+ 4	+ 32	- 1,0	- 14 (21%)
coupe directe + acide formique	96	+ 2	+ 24	+ 1,0	- 12 (17%)
préfanés (= 35% MS)	10	- 3	+ 9	- 2,0	- 18 (25%)
Ensilages de luzernes					
coupe directe	9	+ 1	+ 26	- 1,0	- 11 (13%)
coupe directe + acide formique	17	- 10	+ 18	0	- 12 (15%)
préfanés (= 35% MS)	5	0	+ 15	- 3,0	- 12 (15%)

* à partir de ANDRIEU et DEMARQUILLY, 1987a, 1987b ; DULPHY et MICHALET-DOREAU, 1981 ; MICHALET-DOREAU et DEMARQUILLY, 1981
 ** en g/kg P^{0,75} ; les diminutions de quantité ingérée chez le mouton intègrent en partie les variations de leur capacité d'ingestion avec la saison.

TABLEAU 2 : Modifications de composition chimique, de digestibilité et d'ingestibilité entre fourrages verts et fourrages conservés chez le mouton.

TABLE 2 : Changes in chemical composition, digestibility, and voluntary intake between fresh and conserved forages fed to sheep.

- une diminution de la teneur en matières azotées, faible chez les graminées, mais plus ou moins importante chez les légumineuses suivant l'importance des pertes de feuilles. En dépit d'une augmentation de la solubilité de l'azote liée à l'action des protéases végétales après la fauche, la dégradabilité de l'azote est diminuée de 10 à 15 points (DULPHY *et al.*, résultats non publiés). La teneur en PDIA augmente donc ;

- une diminution de l'ingestibilité chez le mouton, plus ou moins importante suivant les conditions de récolte (tableau 2), mais qui est due en partie à la variation saisonnière de l'appétit du mouton (DULPHY *et al.*, 1997). Chez les bovins, on peut considérer que l'ingestibilité des

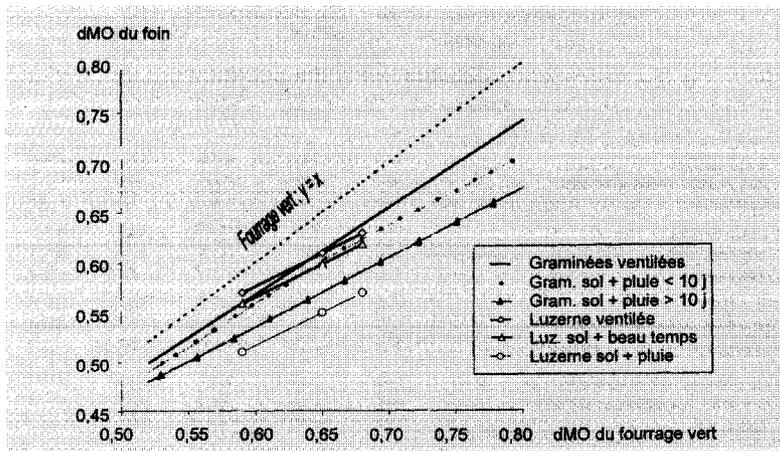


FIGURE 2 : Liaison entre la digestibilité de la matière organique du foin et celle du fourrage vert sur pied correspondant.

FIGURE 2 : Relationship between organic matter digestibility of hay and of corresponding fresh forage.

foins de graminées récoltés par beau temps et bien conservés est identique à celle des fourrages verts correspondants lors de la fauche (DULPHY et ROUEL, 1988). Il ne doit cependant pas en être de même pour les foins de légumineuses par suite des pertes de feuilles.

2. L'ensilage

■ Les conditions de réussite de l'ensilage

La réussite de l'ensilage dépend de deux conditions :

- **La mise en anaérobiose rapide** de façon à limiter les pertes de sucres par la respiration. Pour cela, le silo doit être rempli rapidement et fermé, dès la fin du remplissage, le plus hermétiquement possible grâce à des films plastiques bien posés, protégeant donc non seulement le dessus, mais aussi les parois latérales du silo. Dans ces conditions, le tassement n'est plus très important et ne doit jamais se faire au détriment de la vitesse de remplissage, sauf pour des fourrages d'une teneur en matière sèche $\geq 30\%$. Il sera d'ailleurs d'autant plus rapide et efficace que le fourrage aura été haché finement.

- **La descente du pH non seulement suffisante** ($\leq 4,0$ pour les ensilages en coupe directe) **mais la plus rapide possible** de façon à arrêter l'action :

- des protéases végétales qui hydrolysent les protéines en acides aminés tant que le pH reste $\geq 4,0$,

- et des coliformes qui transforment les sucres en acide acétique mais avec un très mauvais rendement car ils produisent surtout du CO_2 . En outre, ils utilisent aussi les acides aminés pour donner de l'ammoniac et des acides gras volatils.

La descente suffisante et rapide ($< 2-3$ jours) du pH ne s'observe qu'avec l'ensilage de maïs. Elle est suffisante, mais trop lente (8 jours) pour les ensilages de fourrages riches en sucres (les ray-grass). Elle est le plus souvent insuffisante pour les autres fourrages dont la teneur en sucres est inférieure ($< 10 - 12\%$ de la matière sèche).

Une excellente qualité de conservation peut se caractériser par les critères suivants :

- $\text{pH} \leq 4,0$, sauf si la teneur en MS $\geq 35\%$,

- N-NH_3 (en % N total) : de 5 à 7%,

- N soluble (en % N total) : 50%,

- acide acétique : $< 20 - 25$ g/kg MS,

- acides propionique et butyrique : 0 ou traces.

L'obtention d'une telle qualité d'ensilage **ne sera obtenue que par :**

- **le préfanage à au moins 35% MS si le fourrage est haché, et à 45% si le fourrage est long** (balles rondes enrubannées, BRE) ; il

diminue toutes les fermentations, mais préférentiellement la fermentation butyrique ;

- **l'addition d'un conservateur** qui a pour but :

- de pallier l'insuffisance de la fermentation lactique naturelle par l'addition d'acides,

- ou d'accélérer la fermentation lactique naturelle par l'addition d'une quantité importante de ferments lactiques ($> 5 \cdot 10^5$ /g de fourrage vert), mais encore faut-il que la teneur en sucres du fourrage soit suffisante ($> 10 - 12\%$ de la MS pour un ensilage en coupe directe).

■ Les pertes lors de l'ensilage

Les pertes lors de l'ensilage ont 4 origines :

- **Les gaz issus de la respiration puis des fermentations anaérobies.** Si la respiration entraîne des pertes de matière sèche et d'énergie équivalente, il n'en est pas de même des fermentations anaérobies qui entraînent des pertes d'énergie nettement plus faibles que les pertes de matière sèche. Il en résulte une augmentation des teneurs en énergie brute qui peut varier de 2 à 15% suivant l'intensité et la nature des fermentations.

- **Les jus** dans le cas des fourrages ensilés à une teneur en MS $< 25 - 27\%$. Un litre de jus contient de 60 à 80 g MS.

- **Les parties moisies et inconsommables** sur le dessus et les bords du silo. Elles sont le signe d'une étanchéité insuffisante.

- **Les reprises en fermentation après l'ouverture du silo.** Elles sont dues au développement de bactéries aérobies, de levures et de moisissures et se traduisent par un échauffement de l'ensilage. Elles affectent surtout les ensilages préfanés et (ou) très bien conservés qui ne contiennent pas ou très peu d'acides propionique et butyrique, lesquels sont antifongiques.

■ Modifications de composition chimique et de valeur alimentaire

La composition chimique classique est peu modifiée par l'ensilage. Seule **la teneur en cellulose brute est significativement augmentée**. Les modifications les plus importantes portent :

- sur **les glucides solubles qui disparaissent en quasi-totalité**, sauf dans les ensilages très préfanés ou préparés avec une addition importante (> 5 l/t) d'acide formique, et sont remplacés par de l'acide lactique, des acides gras volatils et des alcools ;

- sur **les constituants azotés**, les protéines, notamment les protéines chloroplastiques, transformées en peptides, acides aminés, NH_3 et amines. Il en résulte **une augmentation importante de la proportion d'azote soluble** : rarement inférieure à 50% dans les très bons ensilages, elle peut atteindre 80% dans les mauvais.

TABLEAU 3 : Ingestibilité relative des ensilages d'herbe par rapport aux fourrages verts correspondants (= 100) pour des génisses et des vaches laitières (d'après DULPHY et DEMARQUILLY, 1991).

TABLE 3 : Intake of grass silage relatively to corresponding fresh forage (=100) fed to heifers and dairy cows (after DULPHY and DEMARQUILLY, 1991).

Teneur en MS	Brins longs (fléaux)		Brins courts	
	Sans conservateur	Avec conservateur	Sans conservateur	Avec conservateur
Génisses de races laitières de 1 an				
17 %	64,6	74,1	76,0	87,4
20 %	68,4	77,4	80,7	81,2
23 %	72,2	80,7	85,5	95,0
35 %	89,3	100,0	95,0	100,0
Vaches laitières				
17 %	76,0	82,4	84,0	91,5
20 %	78,5	84,6	87,0	94,0
23 %	81,0	86,9	90,0	96,5
35 %	92,5	100,0	96,5	100,0

La conservation par ensilage diminue peu ou pas la dMO et la valeur énergétique des fourrages (tableau 2), sauf en cas de très mauvaise conservation (ensilage plus ou moins putréfié) ou de pertes très importantes de constituants très digestibles dans les jus (faible teneur en matière sèche à la mise en silo). En revanche, **le préfanage diminue la dMO d'environ 1 point par jour de préfanage.**

L'ensilage entraîne donc surtout :

- **une diminution** plus ou moins importante **de la valeur azotée réelle** (PDI). Non seulement la dégradabilité de l'azote (DT) augmente (de 3 à 10 points) par suite de l'augmentation de la proportion d'azote soluble, d'où une diminution des teneurs en PDIA, mais la protéosynthèse microbienne diminue aussi car les produits de fermentation apportent peu d'énergie (1/4 de celle des sucres pour l'acide lactique) ou pas du tout (acides gras volatils et alcools) aux microbes du rumen ;

- **une diminution** plus ou moins importante **de la quantité de matière sèche ingérée**. La quantité ingérée par les bovins dépend de :

- la teneur en MS ; elle augmente avec la teneur en MS, notamment pour les ensilages sans conservateur, jusqu'à des teneurs d'environ 35% de MS ;

- la finesse de hachage ; elle augmente avec la finesse de hachage (elle doit être autour de 1 cm pour les bovins) pour des teneurs en MS inférieures à 30 - 35% ;

- la qualité de conservation ; elle diminue quand la proportion d'azote sous forme ammoniacale et quand la quantité d'acides gras volatils augmentent. Le tableau 3 donne l'ingestibilité relative des ensilages de ray-grass (fourrage de bonne aptitude à l'ensilage parce que suffisamment riche en sucres) suivant la teneur en MS, l'emploi ou non de conservateur efficace (acide formique) et la finesse de hachage. Nous retiendrons qu'un ensilage à 23% MS, haché finement et très bien conservé parce que préparé avec addition d'acide formique, est ingéré en même quantité que le fourrage vert correspondant au moment de la fauche. Quant au préfanage, il améliore la quantité ingérée surtout pour les ensilages sans conservateur.

Par comparaison aux bovins, les ovins sont beaucoup moins sensibles à la teneur en matière sèche et à la qualité de conservation des ensilages d'herbe, mais le sont beaucoup plus à la finesse de hachage.

3. Les balles rondes enrubannées

La réussite de la conservation des fourrages humides en balles rondes enrubannées (BRE) **dépend de :**

- **la teneur en matière sèche** ; la qualité de conservation augmente avec la teneur en matière sèche. Cette dernière doit atteindre au moins 45% pour que la qualité de conservation, jugée sur les critères classiques (N-NH₃ % NT, teneurs en acides propionique et butyrique) soit bonne. La fermentation lactique démarre en effet beaucoup plus lentement dans les fourrages longs que dans ceux qui sont hachés finement. La teneur en matière sèche doit même être $\geq 55\%$ si on veut limiter le nombre de spores butyriques, très nombreuses dans ce type de fourrage par suite de l'incorporation de terre dans le fourrage lors des fanages effectués pour accélérer la dessiccation (CORROT, ouvrage suivant) ;

- **l'étanchéité du film plastique étirable**, ce qui suppose qu'il soit de bonne qualité et bien posé, afin d'éviter le développement des moisissures.

Dans ces conditions, les pertes de matière sèche en cours de conservation sont faibles (< 5%) car les fermentations sont réduites. Il faut cependant y ajouter les pertes par respiration lors du séjour au sol du fourrage et les pertes mécaniques, notamment dans le cas de légumineuses, lors des fanages et du pressage.

A notre connaissance, il n'existe pas de comparaisons directes de **valeur alimentaire** entre les BRE et les fourrages verts correspondants. On peut cependant situer la dMO des BRE par rapport à celle des ensilages directs et des foins correspondants. Comme on pouvait s'y attendre, elle se situe entre celles des ensilages et des foins : respectivement - 1,1 et + 0,4 points dans les 7 comparaisons réalisées par beau temps sur prairies naturelles à l'INRA (Orcival et Le Pin-au-Haras). Les différences sont donc très faibles. Elles sont plus importantes dans les 3 comparaisons sur luzerne réalisées au Pin-au-Haras : - 1,6 et + 3 points par suite des pertes de feuilles (PECCATTE *et al.*, même ouvrage). Quant aux quantités ingérées par les moutons, elles sont équivalentes entre l'ensilage bien conservé et les BRE, et un peu inférieures à celles des foins récoltés par beau temps dans le cas de prairies naturelles à base de graminées. En revanche, dans le cas de la luzerne, les ensilages bien conservés sont ingérés en quantité un peu plus élevée que les BRE, elles-mêmes l'étant un peu plus que les foins.

Nous ne disposons pas de données sur la valeur azotée des BRE. On peut cependant supposer que si leur teneur en MS est $\geq 50\%$, la dégradabilité de leur azote doit être beaucoup plus proche de celle des foins que de celle des ensilages, compte tenu de leur faible proportion d'azote sous forme soluble (< 40%). Leur teneur en PDIA doit donc être supérieure à celle des fourrages verts et des ensilages correspondants.

Valeur alimentaire vue à travers les performances animales

1. Génisses de race laitière de 1 an

■ Valeur alimentaire des ensilages et des foin

Au Domaine INRA d'Orcival (Puy-de-Dôme), depuis 1973, 16 ensilages d'herbe (ray-grass, dactyle et surtout prairies naturelles) récoltés en coupe directe avec une ensileuse à coupe fine et additionnés de 3,5 l d'acide formique par tonne ont été distribués à volonté durant l'hiver (période expérimentale de 3 mois en moyenne) à des génisses laitières de 1 an (poids moyen 350 kg). Ces dernières n'ont reçu en complément que 200 g/jour de minéraux et oligo-éléments. Les résultats moyens obtenus sont présentés dans le tableau 4.

A une exception près, les ensilages avaient **une qualité de conservation excellente** ou presque. **Les génisses ont ingéré en moyenne 1,93 kg MS d'ensilage pour 100 kg de poids vif** (soit 6,76 kg pour une génisse de 350 kg) et ont réalisé **un gain moyen quotidien (GMQ) de poids vif de 800 g/jour**. Ce dernier a varié suivant les années de 580 à 980 g/jour en liaison étroite ($r = 0,875$) avec la dMO de l'ensilage. Il dépend donc de l'espèce végétale et, surtout, du stade de récolte des fourrages. En moyenne, une variation de 1 point de dMO entraîne une variation dans le même sens du GMQ, de 21 g/jour.

Avec certains de ces ensilages, la distribution d'un kg d'orge par génisse et par jour a fait diminuer la quantité d'ensilage ingéré de 0,35 kg MS et a augmenté le GMQ de seulement 66 g/jour. Une amélioration de dMO de 3 points (soit une date de récolte avancée de 6 jours au 1^{er} cycle) a donc en moyenne le même effet que la distribution d'un kg d'orge en complément, ce qui souligne l'importance du stade de récolte.

TABLEAU 4 : Qualité de conservation, quantité d'ensilage ingérée et croissance hivernale de génisses de 1 an recevant à volonté des ensilages d'herbe (moyenne de 16 essais).

TABLE 4 : Conservation quality, amount of silage intake and winter gains of 1-year old heifers fed grass silage ad lib. (means of 16 trials).

Caractéristiques des ensilages ⁽¹⁾	Moyenne ⁽²⁾	Ecart
% MS	22,2	(19,6 à 24,9)
pH	3,96	(3,75 à 4,29)
N-NH ₃ (% N total)	6,7	(4,8 à 10,1)
N soluble (% N total)	50,4	(40,0 à 62,1)
Acide acétique (g/kg MS)	23,0	(11 à 35)
Digestibilité de la matière organique (%)	68,8	(63,2 à 77,5)
Quantité Ingérées et performances des génisses de race laitière de 1 an⁽³⁾		
Matière sèche ingérée (kg/100 poids vif)	1,93	(1,53 à 2,15)
Gain de poids vif (g/animal/jour)	801	(579 à 980)

(1) ensilages d'herbe récoltés en coupe directe, hachés finement et préparés avec addition d'acide formique (3,5 l/tonne)
 (2) moyenne de 16 essais réalisés à Orcival (INRA) de 1973 à 1988 ; d'après ANDRIEU *et al.*, 1981, 1983, 1990 et 1992 ; DULPHY et DEMARQUILLY, 1974, 1975a, 1977, 1978 ; DULPHY *et al.*, 1979, 1984a, 1984b
 (3) seule complémentation : 200 g/jour/animal de minéraux

Conservateur	MS (%)	MAT (g/kg MS)	pH	N-NH ₃ (% N total)	Ac. acétique (g/kg MS)	dMO (%)	MS Ingérée (kg (kg % PV) /animal/jour)	GMQ (g/l)
Sans	21,0	144	4,21	10,6	52,1	69,5	7,94 2,04)	637
Avec	22,2	159	3,78	6,8	21,1	67,3	8,34 2,08)	840

Par comparaison à ces ensilages :

- **la suppression du conservateur** a entraîné une légère diminution de la quantité de matière sèche d'ensilage ingérée (5% en kg/génisse/jour, 2% en kg pour 100 kg de poids vif) mais une nette diminution (200 g/j) du GMQ (tableau 5), diminution un peu inférieure à celle observée (250 g) aux USA par WALDO *et al.* (1973) mais avec des fourrages plus difficiles à ensiler (dactyle et luzerne) que la prairie naturelle de demi-montagne d'Orcival. La diminution des GMQ est due à celle de la valeur azotée des ensilages, malgré leur teneur élevée en matières azotées (15% de la MS en moyenne). L'augmentation de la proportion d'azote sous forme d'ammoniac (N-NH₃ % N total) rend bien compte de la diminution de la valeur azotée et s'accompagne d'une diminution des GMQ et de l'efficacité d'utilisation de l'ensilage (augmentation de la quantité de MS ou de MOD ingérée par kg de gain de poids vif) (ANDRIEU *et al.*, 1990). Il suffit d'ailleurs de distribuer 250 g par jour de farine de poisson aux génisses recevant l'ensilage sans conservateur pour que leur GMQ devienne identique à celui des génisses recevant l'ensilage correspondant préparé avec addition d'acide formique (ANDRIEU *et al.*, 1992).

- **le préfanage (30 - 35% MS) et le mi-fanage (45% MS)** ont entraîné, par comparaison à l'ensilage direct avec acide formique, une augmentation des quantités d'ensilage ingérées (respectivement + 5 et + 10%) mais une diminution des GMQ de 72 et 81 g/jour soit 10% dans les 2 cas. La faible efficacité de l'utilisation de la matière sèche des ensilages préfanés, retrouvée aussi dans les essais européens Eurowilt (1984), n'est pas entièrement expliquée par la réduction de la teneur en énergie brute et de la dMO. Est-ce encore un problème de valeur azotée, les ensilages préfanés ou mi-fanés ayant une proportion d'azote sous forme ammoniacale plus élevée que les ensilages directs additionnés d'acide formique ? Il convient cependant de noter que la diminution des GMQ entraînée par le préfanage ou le mi-fanage est nettement inférieure à celle entraînée par la suppression du conservateur dans les ensilages en coupe directe. Le préfanage entraîne donc une amélioration des croissances par comparaison à l'ensilage direct sans conservateur : 707 g contre 583 g/j dans les 19 comparaisons effectuées dans le cadre d'Eurowilt (1984).

- **la fenaison** : huit essais avec des foin, essentiellement de prairie naturelle, ont été effectués avec des génisses de race laitière de 1 an (ANDRIEU *et al.*, 1992 ; DULPHY *et al.*, 1986 a et b). Les foin étaient offerts à volonté avec, pour 5 d'entre eux, une complémentation de 0,5 ou 1 kg de concentré car leur teneur en MAT était ≤ 11%. Ces foin ont été en moyenne ingérés en quantité équivalente aux ensilages d'herbe bien conservés : 1,92 de MS + 0,12 kg de MS de concentré par 100 kg de poids vif. Ils ont cependant permis des GMQ nettement infé-

TABLEAU 5 : Effets de l'acide formique sur la qualité de conservation d'ensilages de prairie naturelle, sur la quantité ingérée et la croissance hivernale de génisses de race laitière de 1 an (moyenne de 4 essais ; DULPHY et DEMARQUILLY, 1974 ; ANDRIEU *et al.*, 1990 et 1992).

TABLE 5 : *Effects of formic acid on conservation quality and intake of silage from a natural pasture, and on winter growth of 1-year old dairy heifers (means of 4 trials ; DULPHY and DEMARQUILLY, 1974 ; ANDRIEU et al., 1990 et 1992).*

rieurs, en moyenne 560 g/jour (de 195 à 840 g), car leur dMO (58,6%) était en moyenne nettement inférieure à celle des ensilages, parce qu'ils avaient été récoltés plus tardivement. Que peut-on alors attendre des foins quand ils peuvent être récoltés au même stade que les ensilages ?

■ Comparaison entre ensilages, foins et BRE préparés simultanément à partir du même fourrage vert

Le tableau 6 rapporte les résultats moyens des 2 essais effectués à l'INRA d'Orcival (ANDRIEU *et al.*, 1992) pour comparer les quantités ingérées et les GMQ de génisses de 1 an recevant à volonté de l'ensilage direct en coupe fine sans ou avec addition d'acide formique, des BRE ou du foin de prairie permanente fauchés simultanément et récoltés dans de bonnes conditions climatiques : les BRE ont été récoltés le lendemain soir de la fauche et les foins 3 jours après la fauche.

Les ensilages sans conservateur ont une qualité de conservation moyenne, les ensilages avec acide formique et les BRE ont une excellente qualité. **Les quantités de matière sèche de fourrage ingérées ont été peu différentes entre les traitements, mais les GMQ le sont : les plus élevés ont été obtenus avec l'ensilage à l'acide formique et les BRE** (différence non significative) et les plus faibles avec l'ensilage sans conservateur (différence significative), ceux avec le foin étant intermédiaires.

Les GMQ permis par les BRE, équivalents à ceux obtenus avec les ensilages à l'acide formique, sont confirmés dans les 2 essais réalisés à l'INRA du Pin-au-Haras : 884 g versus 835 g/jour pour l'ensilage et les BRE. Ils doivent résulter de l'excellente qualité de conservation des BRE contrairement à la qualité très moyenne des ensilages mi-fanés présentés dans le tableau 7. Quant aux GMQ un peu plus faibles permis par les foins, ils doivent résulter, au moins en partie, de leur dMO un peu plus faible.

Il est intéressant d'analyser séparément les 2 essais réalisés à Orcival. Les fourrages étudiés provenaient de la même prairie. Dans le 1^{er} essai, ils ont été fauchés le 12 juin 1989 et dans le 2^e, à un stade plus tardif, le 25 juin 1990, car il nous a fallu attendre une période de beau temps permettant de réaliser les 4 traitements. Les dMO moyennes ont été respectivement de 71,6 et 63,7 dans les essais 1 et

TABLEAU 6 : Influence du mode de récolte de la prairie naturelle sur les quantités ingérées et les croissances hivernales de génisses de race laitière de 1 an (moyenne de 2 essais ; ANDRIEU *et al.*, 1992).

TABLE 6 : *Effects of harvesting method of natural pasture grass on intake and winter growth of 1-year old dairy heifers (means of 2 trials ; ANDRIEU et al., 1992).*

	MS (%)	MAT (g/kg MS)	pH	N-NH ₃ (% N total)	Ac. acétique (g/kg MS)	dMO (%)	MS ingérée (kg % PV) par animal/jour	GMQ (g/jour)
Ensilages directs								
- sans conservateur	22,6	144	4,10	9,0	45,4	69,5	8,53 (2,09)	682
- avec acide formique	22,9	152	3,78	5,8	18,7	67,2	8,91 (2,13)	813
BRE	55,2	149	5,54	5,4	2,6	68,1	8,49 (2,05)	858
Foin	85,0	146				65,9	8,32 (2,05)	737

	MS (%)	MAT (g/kg MS)	pH	N-NH ₃ (% N total)	Ac. acétique (g/kg MS)	dMO (%)	MS ingérée (kg (kg % PV) par animal/jour)	GMQ (g/jour)	Efficacité (kg MS/kg gain)
2 comparaisons entre ensilage direct en brins courts avec acide formique et ensilage préfané (1 prairie naturelle, 1 dactyle)									
Direct	22,6	163	4,04	7,6	27,4	67,2	6,58 (1,86)	734	8,97
Préfané	27,8	170	4,63	13,2	27,2	67,7	6,84 (1,92)	662	10,33
3 comparaisons entre ensilage direct en brins courts avec acide formique et ensilage mi-fané (1 prairie naturelle, 2 dactyles)									
Direct	22,7	161	4,16	8,2	28,3	68,2	6,69 (1,89)	752	8,90
Mi-fané	43,4	173	5,18	11,5	8,3	67,8	7,31 (2,09)	671	10,89

2, et les GMQ, respectivement pour l'ensilage sans conservateur, l'ensilage acide formique, les BRE et le foin, de 800^b, 910^{ab}, 990^a et 840^b g/j dans l'essai 1 et 564^b, 715^a, 727^a et 633^a g/j dans l'essai 2. Le GMQ le plus faible de l'essai 1 (800 g avec l'ensilage sans conservateur) est supérieur au GMQ le plus élevé de l'essai 2 (727 g avec les BRE) ce qui montre que **le stade de végétation à la récolte peut avoir beaucoup plus d'importance que le mode de conservation du fourrage.**

2. Vaches laitières

■ Valeur alimentaire des ensilages et des foins

Le tableau 8 présente les résultats de 19 mesures réalisées entre 1970 et 1996 à l'INRA d'Orcival avec des ensilages d'herbe en coupe directe ou fine, additionnés d'acide formique (3,5 l/t). La qualité de conservation de ces ensilages a été, en moyenne, excellente. Chaque ensilage a été distribué à volonté durant l'hiver à un lot de 8 ou 10 vaches laitières (25% de primipares) du 2^e au 5^e mois de lactation,

Caractéristiques des ensilages*	Moyenne	Ecart
MS (%)	23,3	(21,0 - 26,0)
pH	3,93	(3,67 - 4,24)
N-NH ₃ (% N total)	5,9	(3,1 - 7,8)
N soluble (% N total)	47,8	(27,0 - 60,0)
Acide acétique (g/kg MS)	13,1	(9,7 - 15,3)
dMO (moutons)	69,9	(60,0 - 78,7)
Quantités Ingérées et performances des vaches laitières*		
Matière sèche Ingérée (kg/j)		
- ensilage	13,13	(9,75 - 15,3)
- concentré	3,97	(0,80 - 6,60)
Lait brut (kg/j)	22,5	(18,9 - 27,4)
Lait 4% (kg/j)	21,6	(17,8 - 27,8)
Gain de poids vif (g/j)	89	(-209 + 332)
Persistance mensuelle (%)	91,5	(85 - 98)
Lait 4% couvert par l'ensilage (kg/j)	14,4	(9,3 - 19,2)

* les vaches reçoivent à volonté, comme seul fourrage, des ensilages en coupe directe et fine, préparés avec addition d'acide formique (3,5 l/t) ; INRA Orcival, d'après DULPHY et DEMARQUILLY, 1973 et 1975b ; DULPHY et al., 1980, 1983, 1984a, b, c, 1994 ; ANDRIEU et al., résultats non publiés

TABLEAU 7 : Effets du préfanage (30% MS) et du mi-fanage (45% MS) en brins longs par comparaison à l'ensilage direct, sur la qualité de conservation, la quantité ingérée et les gains de poids vif de génisses de race laitière de 1 an (DULPHY et al., 1984b).

TABLE 7 : Effects of prewilting (to 30% DM) and half-curing (to 45% DM) coarse-chopped forage relatively to direct-cut silage, on conservation quality, intake, and live-weight gains of 1-year old dairy heifers (DULPHY et al., 1984b).

TABLEAU 8 : Qualité de conservation des ensilages d'herbe, quantité ingérée et performances des vaches laitières (moyenne de 19 essais).

TABLE 8 : Conservation quality and intake of grass silage, and dairy cow performances (mean of 19 trials).

TABLEAU 9 : Influence du mode de conservation sur la quantité d'ensilage ingérée et les performances des vaches laitières (ANDRIEU *et al.*, résultats non publiés ; DULPHY et DEMARQUILLY, 1973 ; DULPHY *et al.*, 1984a, 1984b et 1985).

TABLE 9 : Effects of conservation method on silage intake and dairy cow performances (ANDRIEU *et al.*, unpublished results ; DULPHY and DEMARQUILLY, 1973 ; DULPHY *et al.*, 1984a, 1984b et 1985).

	MS (%)	dMO (%)	MS ingérée (kg/j)		GMQ (g/j)	Lait brut (kg/j)	Lait 4% (kg/j)	TB (g/kg)	TP (g/kg)
			Fourrage	Concentré					
3 comparaisons entre ensilages sans et avec acide formique									
sans	24,5	69,7	11,02	+ 4,01	56	18,9	17,3	34,6	31,4
avec	23,6	68,2	11,50	+ 4,11	118	19,5	17,9	34,7	32,0
3 comparaisons entre ensilage avec acide formique et ensilage préfané ou mi fané									
direct + acide	24,2	72,6	13,12	+ 3,64	269	21,8	21,1	37,2	31,1
préfané	39,7	70,9	13,00	+ 3,90	221	20,2	20,0	39,5	31,9
5 comparaisons entre ensilage avec acide formique et foin correspondant									
direct + acide	23,0	68,6	12,54	+ 4,56	68	21,5	20,4	36,6	31,1
foins	85,5	66,2	12,61	+ 4,77	52	19,7	18,9	37,4	32,5

l'aliment concentré étant distribué en complément pour compléter la couverture des besoins, tant énergétiques qu'azotés, des animaux.

La variation de production de lait (de 17,8 à 27,8 kg pour le lait 4%) traduit essentiellement la "holsteinisation" progressive du troupeau à partir de 1975.

La persistance mensuelle de la production laitière a été bonne. **Les vaches ont repris du poids et le lait permis par l'ensilage** (lait couvert hors concentré par l'énergie apportée par l'ensilage) **a été en moyenne de 14,4 kg de lait 4% par jour**. Ce dernier a varié de 9,3 à 19,2 kg/jour en liaison étroite avec la dMO de l'ensilage ($r = 0,64$). Il a augmenté en moyenne de 0,40 kg quand la dMO a augmenté de 1 point, ce qui correspond en moyenne à une date de récolte avancée de 2 jours au 1^{er} cycle de végétation.

La suppression du conservateur a entraîné, dans 3 essais, une faible diminution des quantités d'ensilage ingérées (0,5 kg MS/j) et de la production de lait brut ou de lait 4% (0,6 kg/j), le taux butyreux n'étant pas modifié alors que le taux de matières azotées était diminué de 0,6 g/kg lait. En revanche, la reprise de poids des vaches a été nettement diminuée : 55 g versus 120 g/jour (tableau 9). Les résultats sont comparables à ceux récapitulés par WALDO (1977) : l'addition d'acide formique à des ensilages en coupe directe a augmenté la production laitière de 0,6 kg/j (soit 4%) mais a augmenté le gain de poids vif de 114%.

Le préfanage et le mi-fanage n'ont pas modifié les quantités de matière sèche d'ensilage ingérées. Malgré une distribution un peu plus libérale de concentré (+ 1 kg dans l'une des 3 comparaisons), la production de lait brut et de lait 4% a diminué de 1,6 et 0,9 kg/j. Le lait des vaches recevant les ensilages préfanés a été systématiquement un peu plus riche en matières grasses et en matières azotées. Les reprises de poids ont été du même ordre de grandeur (250 g/j ; tableau 9).

Dans les 12 essais récapitulés dans Eurowilt (1984), les ensilages préfanés (38,7% de MS) ont été un peu mieux consommés (+ 5%) que les ensilages directs avec conservateur (23,4% MS) mais ont entraîné une production de lait inférieure (20,9 versus 21,8 kg) sans modification du taux butyreux (40 g). La teneur en énergie brute et la digestibilité un peu faible (3 points pour Eurowilt) expliquent-elles entière-

ment la plus faible efficacité d'utilisation de la MS des ensilages préfabriqués pour la production laitière ? *A contrario*, comment expliquer la valeur laitière supérieure des ensilages d'herbe en coupe directe ?

La fenaison : dans les 5 comparaisons faites à l'INRA d'Orcival entre ensilages avec acide formique et foin récoltés à la même date sur les mêmes parcelles (2 de fléole, 3 prairies naturelles), **les foin n'ont pas été ingérés en plus grande quantité mais ont entraîné une production de lait brut ou de lait 4% plus faible** : respectivement 1,8 et 1,5 kg/j, les reprises de poids étant identiques (tableau 9). La dMO des foin a été inférieure de 2,4 points à celle des ensilages, mais cela n'explique certainement pas toute la différence de production laitière.

■ Comparaisons entre ensilage avec acide formique, foin et BRE préparés simultanément à partir du même fourrage vert

Deux essais, avec des vaches dans la phase décroissante de la lactation, ont permis de comparer les quantités ingérées et les performances des animaux suivant le mode de conservation de la même prairie naturelle récoltée dans d'excellentes conditions climatiques.

Les résultats obtenus (tableau 10) montrent que :

- Les BRE et les foin, bien que récoltés dans d'excellentes conditions, ne sont pas ingérés en plus grande quantité que les ensilages directs préparés avec addition d'acide formique.

- Les BRE et les foin ont une dMO un peu inférieure à celle des ensilages (respectivement de 2,1 et 1,4 points), mais permettent une production laitière nettement inférieure : respectivement - 1,9 et - 2,1 kg de lait brut et - 1,6 et - 2,1 kg de lait 4%.

	Ensilage direct + ac. formique	BRE	Foin
Caractéristiques des fourrages après conservation			
MS (%)	23,0	64,1	85,4
MAT (g/kg MS)	143	146	140
pH	3,93	5,61	
N-NH ₃ (% N total)	7,0	6,6	
acide acétique (g/kg MS)	18,5	2,5	
acide butyrique (g/kg MS)	3,4	0,4	
dMO (sur moutons)	65,6	63,5	64,2
Résultats sur vaches laitières			
Quantité de MS ingérée (kg MS/j)			
- fourrage	13,0	12,9	12,7
- concentré	5,4	5,4	5,5
Lait produit (kg/l/vache)			
- brut	22,8	20,9	20,7
- lait 4%	22,6	20,8	20,5
Taux butyreux (g/kg)	39,6	39,8	38,8
Taux protéique (g/kg)	29,4	30,5	30,4
Variation de poids vif (g/l/vache)	0	- 62	6

TABLEAU 10 : Influence de 3 modes de conservation d'une prairie naturelle sur la quantité de matière sèche ingérée et les performances des vaches laitières (moyenne de 2 essais ; ANDRIEU *et al.*, résultats non publiés).

TABLE 10 : Effects of 3 methods of conservation of grass from a natural pasture on DM intake and performances of dairy cows (means of 2 trials ; ANDRIEU *et al.*, unpublished results).

TABLEAU 11 : Digestibilité (moutons), quantités ingérées (vaches) et production laitière obtenues dans des comparaisons entre ensilage, enrubanage (BRE) et foin (ANDRIEU *et al.*, résultats non publiés).

TABLE 11 : *Digestibility (sheep), intake (cows) and milk production observed in trials comparing silage, wrapped round bales (BRE), and hay (ANDRIEU et al., unpublished results).*

n = 3	Ensilage + Acide Formique	BRE
dMO (%)	63,7	62,9
MS ingérée (kg)	12,9	12,7
lait 4% produit (kg)	22,9	21,1
n = 3	BRE	Foin
dMO (%)	61,7	61,7
MS ingérée (kg)	12,7	12,5
lait 4% produit (kg)	21,5	21,4

Contrairement aux résultats obtenus sur les génisses laitières, pour lesquelles les BRE d'une excellente qualité de conservation permettaient des GMQ équivalents à ceux permis par les ensilages directs préparés avec addition d'acide formique, les BRE entraînent chez les vaches laitières des productions laitières nettement inférieures à celles permises par les ensilages avec acide formique et équivalentes à celles permises par les foins. **Les BRE se comportent donc comme les foins pour la production laitière.**

Les résultats sont confirmés par des comparaisons moins complètes donnés au tableau 11.

Conclusion

La digestibilité et l'ingestibilité des fourrages conservés dépendent avant tout de celles du fourrage sur pied au moment de la fauche, qui elles-mêmes diminuent avec l'âge du fourrage, notamment au cours du 1^{er} cycle de végétation.

Les différentes techniques de récolte et de conservation des fourrages (ensilages, BRE et foins) entraînent chez les bovins laitiers des performances de croissance ou de production laitière différentes, mais les différences observées sont souvent beaucoup moins importantes que celles entraînées par le stade de végétation, donc la dMO du fourrage vert sur pied lors de la fauche.

L'addition d'un conservateur efficace aux ensilages en coupe directe améliore considérablement leur valeur azotée et, par là, la croissance hivernale des génisses de race laitière qui les reçoivent sans autre complémentation que minérale. Pour les vaches laitières, toujours complémentees en énergie, azote et minéraux, le conservateur se traduira surtout par des reprises de poids plus importantes. Le préfanage ou le mi-fanage avant ensilage en silos traditionnels s'avère moins efficace que l'addition d'un conservateur. Il faut cependant signaler que la teneur en matière sèche des ensilages directs avec ou sans conservateur étudiés à l'INRA d'Orcival n'est certainement pas très représentative des ensilages directs préparés en France. Compte tenu de la hauteur (4 m) des silos couloirs utilisés, la teneur des ensilages est $\geq 22,0\%$ MS même si la teneur en matière sèche lors de la mise en silo n'est que de 15%.

Les BRE et les foins, s'ils sont récoltés à la même date que les ensilages et dans de bonnes conditions, permettent aux génisses laitières de réaliser des croissances hivernales équivalentes ou presque à celles permises par les ensilages bien conservés. Il n'en est cependant pas de même pour la production laitière qui est diminuée. La raison en est mal connue et fait actuellement l'objet d'une expérimentation particulière à l'INRA d'Orcival. Le principal problème posé par ces 2 modes de conservation est cependant celui du stade de végétation lors de la récolte du 1^{er} cycle. Très souvent, l'attente d'une période de beau temps pour préparer des BRE et, *a fortiori*, des foins, se traduira par des récoltes à des stades plus tardifs que pour les ensilages.

Exposé présenté aux Journées d'information de l'A.F.P.F.,
"Récolter et conserver l'herbe aujourd'hui",
les 1^{er} et 2 avril 1998.

Remerciements

Nous remercions J. BONY, J. ROUEL et le personnel du domaine d'Orcival pour les mesures sur bovins, L. L'HOTELIER et le personnel de l'annexe élevage pour les mesures de digestibilité sur moutons ainsi que M. DUDILIEU pour les nombreuses analyses au laboratoire.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDRIEU J., DEMARQUILLY C. (1987a) : "Composition et valeur alimentaire des foins et des pailles", C. Demarquilly éd., *Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation*, INRA Paris, 163-182.
- ANDRIEU J., DEMARQUILLY C. (1987b) : "Valeur nutritive des fourrages : tables et prévision", *Bull. Techn. CRZV Theix*, INRA, 70, 61-73.
- ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., WEGAT-LITRE E. (1981a) : "Tables de prévision de la valeur alimentaire des fourrages", *Prévision de la valeur nutritive des aliments des Ruminants*, INRA Publ., 345-577.
- ANDRIEU J.P., GAILLARD F., DULPHY J.P. (1981b) : "L'ensilage d'herbe mi-fané en balles rondes, utilisation par des génisses laitières de 1 an", *Bull. Tech. CRZV Theix*, INRA, 46, 31-37.
- ANDRIEU J.P., DULPHY J.P., MICHALET-DOREAU B. (1983) : "Utilisation par des génisses laitières de 1 an d'ensilage de dactyle : étude de la complémentarité et d'un conservateur", *Bull. Tech. CRZV Theix*, INRA, 51, 27-30.

- ANDRIEU J.P., DEMARQUILLY C., ROUEL J. (1990) : "Conservation et valeur alimentaire des ensilages directs de prairies naturelles. Comparaison de trois types de conservateur", *INRA Prod. Anim.*, 3, 67-73.
- ANDRIEU J.P., DEMARQUILLY C., ROUEL J. (1992) : "Conservation et utilisation par les génisses de l'herbe de prairies naturelles. Intérêt des balles rondes enrubannées comparativement à l'ensilage direct et au foin", *INRA Prod. Anim.*, 5, 205-212.
- DEMARQUILLY C. (1987) : "La fenaison : évolution de la plante au champ entre la fauche et la récolte. Perte d'eau, métabolisme, modifications de la composition morphologique et chimique", C. Demarquilly éd., *Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation*, INRA Paris, 23-46.
- DEMARQUILLY C., JARRIGE R. (1974) : "The comparative nutritive value of grasses and legumes", *Quality of herbage, Växtodling*, 28, 33-41.
- DEMARQUILLY C., JARRIGE R. (1981) : "Panorama des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages", *Prévision de la valeur nutritive des aliments des Ruminants*, INRA Publ., 41-59.
- DEMARQUILLY C., ANDRIEU J., WEISS P. (1981) : "L'ingestibilité des fourrages verts et des foin et sa prévision", *Prévision de la valeur nutritive des aliments des Ruminants*, INRA Publ., 155-167.
- DIJKSTRA N.D., VAN DER SCHAAP D. (1955) : "The feeding value of heated hay", *Versl. Landbouwk. Onderz.*, n° 61-15.
- DULPHY J.P., DEMARQUILLY C. (1973) : "Utilisation des ensilages d'herbe par des génisses et des vaches laitières", *Bull. Techn. CRZV Theix*, INRA, 10, 5-15.
- DULPHY J.P., DEMARQUILLY C. (1974) : "Utilisation des ensilages d'herbe avec ou sans acide formique par les génisses", *Bull. Tech. CRZV Theix*, INRA, 18, 11-15.
- DULPHY J.P., DEMARQUILLY C. (1975a) : "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. (1975b) : "Influence de la machine de récolte sur les quantités d'ensilage ingérées et les performances des vaches laitières", *Ann. Zootech.*, 24, 363-371.
- DULPHY J.P., DEMARQUILLY C. (1977) : "Utilisation comparative par les génisses de 2 ensilages d'herbe conservés à l'acide formique ou au "sylade"", *Bull. Tech. CRZV Theix*, INRA, 27, 13-18.
- DULPHY J.P., DEMARQUILLY C. (1978) : "Utilisation comparée par les génisses de 2 ensilages d'herbe conservés à l'acide formique et au "dérasy"", *Bull. Tech. CRZV Theix*, INRA, 33, 5-10.
- DULPHY J.P., DEMARQUILLY C. (1991) : "Digestibility and voluntary intake of conserved forage", *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft*, 123, 140-160.
- DULPHY J.P., MICHALET-DOREAU B. (1981) : "Prévision de l'ingestibilité des ensilages d'herbe", *Prévision de la valeur nutritive des aliments des Ruminants*, INRA Publ., 169-187.
- DULPHY J.P., ROUEL J. (1988) : "Modifications d'ingestibilité entraînées par la fenaison chez les bovins. Comparaison avec les ovins", *Ann. Zootech.*, 37, 31-42.

- DULPHY J.P., ANDRIEU J.P., MICHALET-DOREAU B. (1979) : "Utilisation comparée de deux ensilages d'herbe conservés à l'acide formique et au "silfac"", *Bull. Tech. CRZV Theix*, INRA, 37, 31-34.
- DULPHY J.P., ANDRIEU J.P., DEMARQUILLY C. (1980) : "Etude de la valeur azotée d'ensilages d'herbe additionnés ou non d'acide formique pour les vaches laitières", *Bull. Tech. CRZV Theix*, INRA, 40, 27-33.
- DULPHY J.P., LIÉNARD G., ANDRIEU J.P., GAREL J.P. (1983) : "Intérêt d'une nouvelle ensileuse à double coupe : étude dans une zone de demi-montagne et conséquences pour la production laitière", *Bull. Tech. CRZV Theix*, INRA, 51, 31-42.
- DULPHY J.P., GAREL J.P., ANDRIEU J.P., ROUEL J. (1984a) : "Intérêt du ressuyage avant la récolte d'ensilages d'herbe destinés à des vaches laitières", *Bull. Tech. CRZV Theix*, INRA, 55, 17-23.
- DULPHY J.P., GAILLARD F., GAREL J.P., ANDRIEU J.P., ROUEL J. (1984b) : "Etude de la valeur alimentaire d'ensilages mi-fanés distribués à des génisses et à des vaches laitières. Cas des fourrages récoltés avec une remorque autochargeuse ou une presse à grosses balles", *Bull. Tech. CRZV Theix*, INRA, 57, 5-12.
- DULPHY J.P., ANDRIEU J.P., BONY J. (1984c) : "Conservation d'ensilages à base de trèfle violet et utilisation par des vaches laitières", *Bull. Tech. CRZV Theix*, INRA, 58, 31-37.
- DULPHY J.P., ROUEL J., BONY J. (1985) : "Utilisation des foins humides traités à l'ammoniac par des vaches laitières", *Bull. Techn. CRZV Theix*, INRA, 62, 19-25.
- DULPHY J.P., AGABRIEL J., GAREL J.P., GIRAUD J.M., ROUEL J. (1986a) : "Influence du traitement à l'ammoniac des foins tardifs sur leur valeur alimentaire: étude sur génisses et vaches allaitantes", *Bull. Tech. CRZV Theix*, INRA, 63, 25-30.
- DULPHY J.P., BONY J., ROUEL J., GIRAUD J.M. (1986b) : "Utilisation des foins humides traités à l'ammoniac par les génisses", *Bull. Tech. CRZV Theix*, INRA, 66, 31-35.
- DULPHY J.P., ROUEL J., BONY J., ANDRIEU J.P. (1994) : "Valeur alimentaire des rations complètes à base d'ensilage d'herbe pour les vaches laitières", *Ann. Zootech.*, 43, 113-123.
- DULPHY J.P., DEMARQUILLY C., BAUMONT R., L'HOTELIER L. (1997) : "Effet de la saison sur la capacité d'ingestion du mouton standard : conséquence pour la mesure de l'ingestibilité", *Renc. Rech. Ruminants*, 4, 94.
- Eurowilt (1984) : *Efficiency of silage systems : a comparison between unwilted and wilted silages. Results of a collaborative programme of European Research Institutes. 1980-1983*, E. Zimmer and R.J. Wilkins Eds., Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 69, 88 p.
- MICHALET-DOREAU B., DEMARQUILLY C. (1981) : "Prévision de la valeur énergétique des ensilages d'herbe. In Prévision de la valeur nutritive des aliments des Ruminants", *INRA Publ.*, 1981, 105-107.
- WALDO D.R., KEYS J.E., GORDON C.H. (1973) : "Preservation efficiency and dairy heifers response from unwilted formic and wilted untreated silages", *J. Dairy Sci.*, 56, 129-136.
- WALDO D.R. (1977) : "Potential of chemical preservation and improvement of forages", *J. Dairy Sci.*, 60, 306-326.

SUMMARY

Nutritive and feeding value of conserved forages according to harvest and conservation methods : hay, silage, round bale wrapping

The nutritive value and DM intake of conserved forages are determined primarily by the quality of the fresh forage at cutting. Hay-making reduces organic matter digestibility (OMd) and often also voluntary intake, especially in conditions of bad weather and protracted field drying. This also holds true for wrapped round bales (WRB). Ensiling hardly reduces OMd, if at all, but results in a decrease, sometimes dramatic, of voluntary intake and above all of the protein value when conditions are bad, especially with uncontrolled butyric fermentation. Direct-cut silage, made with a precision-chop harvester and preserved with formic acid, is nearly always of excellent quality, provided ensiling conditions are good.

Three samples of silage were fed *ad lib.*, without any complementation, except for minerals, to one-year old Holstein heifers ; winter liveweight gains ranged from 600 to 1 000 g/day, with a close relationship to silage OMd ($r = 0.875$). An increase of 1 point in this OMd improved liveweight gain by 21 g/day. But, if no additive was used, liveweight gains were lower by 200 g/day ; wilting to 30-35% DM or to 45% (haylage) resulted in slightly lower gains (by 10%), despite a better intake (by 5 to 10%) ; hay and WRB, made in excellent conditions, at the same date as silage, gave gains comparable to those with silage preserved with formic acid.

The same types of silage, also fed *ad lib.* to dairy cows, but complemented for energy and crude protein according to their production requirements, cover maintenance requirements and the equivalent of 9 to 20 kg fat-corrected milk, with a good relationship to silage OMd ($r = 0.64$). The milk production covered by this forage increased by 0.4 kg for each point of OMd. By contrast, if no additive was used, milk production was only slightly modified, but liveweight gain was diminished ; hay and WRB, made at the same date as the silage, gave a milk production lower by 2 kg, but without any negative effect on liveweight gain. There is therefore an effect of the methods of conserving forage on the performance of stock, but this effect is smaller than that of digestibility at cutting.