2 X3030 00-1N0W3170
68089
011708080 00 3N1W000
0181010100 00 35900
I.N.R.A.

VALEUR ALIMENTAIRE DU MAÏS FOURRAGE

II. — INFLUENCE DU STADE DE VÉGÉTATION, DE LA VARIÉTÉ, DU PEUPELEMENT, DE L'ENRICHISSEMENT EN ÉPIS ET DE L'ADDITION D'URÉE SUR LA DIGESTIBILITÉ ET L'INGESTIBILITÉ DE L'ENSILAGE DE MAÏS

J. ANDRIEU et C. DEMARQUILLY

avec la collaboration technique de J.-M. BOISSAU, H. BOUSQUET,
Jacqueline JAMOT, Marie JAILLER et L. L'HOTELIER

*Station de Recherches sur l'Élevage des Ruminants,
Centre de Recherches de Clermont Ferrand, I. N. R. A.,
Theix, 63110 Beaumont*

RÉSUMÉ

De 1968 à 1970, nous avons étudié la composition ainsi que l'ingestibilité (c'est-à-dire la quantité de matière sèche volontairement ingérée) et la digestibilité chez le mouton de 66 ensilages de maïs, dont 53 de plantes entières, 5 d'épis seuls, 3 de tiges + feuilles et 5 plus ou moins enrichis artificiellement en épis.

1° Le maïs est une plante qui se prête bien à la conservation sous forme d'ensilage : la diminution de digestibilité entre la plante sur pied et la plante ensilée est nulle, celle de l'ingestibilité est très faible, de l'ordre de 5 p. 100.

2° Entre les stades laitieux et vitreux du grain, nous n'avons observé qu'une influence très faible du stade de récolte sur la qualité de conservation qui a été bonne, ainsi que sur le coefficient de digestibilité de la matière organique des ensilages de plante entière (69,8 p. 100 en moyenne). L'ingestibilité, qui a été en moyenne de 52,1 g de matière sèche/kg P^{0,75}, n'a pas augmenté ou a eu tendance à diminuer quand le stade de récolte a été plus tardif. La valeur alimentaire n'évoluant pratiquement pas avec le stade de récolte, le stade optimum de récolte sera donc déterminé essentiellement en fonction de la quantité de matière sèche produite par hectare. Cette dernière est généralement maximum quand la teneur en matière sèche de la plante atteint 33-35 p. 100 (stade vitreux du grain).

3° Les différences de digestibilité observées entre variétés dans un essai donné, ou pour une même variété suivant le lieu ou l'année d'étude sont faibles (inférieures à 5 points). Ces différences sont plus importantes dans le cas de l'ingestibilité (écart maximum de 21 g de matière sèche/kg P^{0,75} soit 40 p. 100). Les variations de digestibilité et d'ingestibilité entre variétés, lieux et années n'ont pas pu être reliées aux variations de la productivité en grain des cultures.

4° La qualité de conservation ainsi que la digestibilité des ensilages n'ont pas été modifiées par l'augmentation du peuplement. Par contre, l'ingestibilité et la valeur alimentaire ont eu

tendance à diminuer avec elle (d'environ 7 p. 100). L'influence du peuplement sur la quantité d'UF produite par hectare a été variable suivant le lieu et la variété.

5° Si les ensilages de tiges + feuilles réalisés à l'approche de la maturité du grain ont une digestibilité comparable à celle d'un bon foin (62 p. 100 soit 0,55 UF/kg MS), leur ingestibilité est faible (25 g de MS/kg P^{0,75}). A un stade de récolte donné, l'enrichissement en épis des ensilages entraîne une augmentation lente mais régulière de leur digestibilité : elle est de 62, 72 et 80 p. 100 dans le cas respectivement des ensilages de tiges + feuilles, de plantes entières et d'épis seuls. L'ingestibilité, qui augmente fortement quand le nombre d'épis par plante ensilée passe de 0 à 1, n'évolue pratiquement plus ensuite.

6° L'incorporation, à la mise en silo, d'un mélange solide urée-minéraux n'a pas modifié sensiblement la qualité de conservation des ensilages, tout au moins dans le cas des 12 comparaisons portant sur des maïs normaux. Les pertes de matière sèche durant la conservation ont été comparables à celles observées dans le cas des ensilages témoins, mais elles ont été par contre, plus variables. L'addition d'azote uréique a augmenté significativement la digestibilité et l'ingestibilité par rapport à celles des ensilages témoins respectivement de 5 et 20 p. 100. Ces augmentations entraînées par l'addition d'urée ont été d'autant plus importantes que la teneur en azote des maïs était plus faible au départ.

INTRODUCTION

Depuis quelques années, les superficies consacrées à la culture du maïs ont connu une progression spectaculaire : elles ont été en 1971 de 1 630 000 ha pour la production de grain et de 600 000 ha pour la production de fourrage. Les causes de cette extension sont certes multiples mais les principales sont les suivantes : d'une part, le maïs est une plante sarclée dont la culture est entièrement mécanisable et qui est capable de fournir une production élevée à l'hectare grâce à l'utilisation de variétés hybrides. D'autre part, le maïs est une plante riche en énergie et qui offre une très grande souplesse quant à son utilisation dans l'alimentation animale : en effet, la plante entière peut, soit être employée comme fourrage vert d'appoint pour les bovins en fin d'été, soit être utilisée dans les rations hivernales des ruminants après avoir été ensilée ou déshydratée. Enfin, l'épi et le grain peuvent être utilisés pour l'alimentation des animaux domestiques, soit ensilés avant la maturité soit récoltés secs.

Parmi les nombreuses utilisations du maïs dans l'alimentation des ruminants, celle qui consiste à ensiler la plante entière (avant la maturité physiologique du grain) a connu ces dernières années un développement rapide. Aussi, la connaissance de la composition, de la qualité de conservation et de la valeur alimentaire de la plante entière ensilée, ainsi que la détermination du stade optimum de récolte pour la conservation, sont autant d'aspects qui revêtent un intérêt croissant sur les plans techniques et économiques. Or, jusqu'à ces dernières années, nous ne disposions pour nous éclairer sur ces sujets que de travaux essentiellement américains, travaux dont la synthèse a été faite par OWEN (1967) et COPPOCK et STONE (1968). Ignorant dans quelle mesure ces résultats, qui ont été obtenus dans des conditions différentes des nôtres (variétés, techniques culturales, climats) sont transposables aux conditions françaises, nous avons étudié la composition chimique, la digestibilité et l'*ingestibilité* (c'est-à-dire la quantité de matière sèche volontairement ingérée par l'animal),

de la plante de maïs sur pied (DEMARQUILLY, 1969 ; ANDRIEU et DEMARQUILLY, 1971). Puis, de 1968 à 1970, nous avons étudié quelle était l'influence sur la composition, la digestibilité et l'ingestibilité des ensilages de maïs :

- du stade de végétation de la plante à la récolte ;
- de la variété et des conditions de milieu (lieu, année) ;
- des techniques culturales (peuplement à l'hectare) ;
- de la technique de récolte (enrichissement en épis des ensilages) ;
- de la technique de conservation (incorporation ou non d'un mélange solide urée-minéraux à la mise en silo).

La présente étude comporte deux parties : la première regroupe les résultats obtenus par thèmes, alors que la deuxième est consacrée à l'interprétation générale de l'ensemble des résultats.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a porté sur 15 maïs cultivés soit à Clermont Ferrand en terre de Limagne très fertile, soit au domaine du C. N. E. E. M. A. à Montoldre ⁽¹⁾ (Allier) en sol argilo-calcaire mal drainé. Au total, 66 ensilages ont été étudiés dont 53 de plantes entières, 5 d'épis seuls, 3 de tiges + feuilles et 5 plus ou moins enrichis artificiellement en épis.

En 1968, 16 ensilages ont été réalisés à Montoldre à partir de 3 variétés (*INRA 200*, *INRA 258* et *Dekalb 204*) qui ont été ensilées sous forme de plante entière à 3 stades de végétation (23-26 p. 100 ; 27-29 p. 100 et 33-35 p. 100 de matière sèche). En outre, à ces 3 stades et à partir de la variété *INRA 258*, nous avons fait varier le pourcentage d'épis dans 7 ensilages (tabl. 1).

En 1969, 24 ensilages ont été préparés pour moitié à Clermont Ferrand et pour moitié à Montoldre. A Clermont Ferrand, quatre variétés de maïs (*INRA 200*, *INRA 258*, *INRA 310* et *INRA 400*), dont on mesurait sur des moutons l'évolution de la valeur alimentaire de la plante sur pied, ont été récoltées sous forme de plante entière à deux stades (24-25 p. 100 et 28-30 p. 100 de matière sèche) ; deux d'entre elles (*INRA 258* et *INRA 310*) ont été ensilées avec ou sans addition d'urée. A Montoldre, deux variétés déjà étudiées en 1968 (*Dekalb 204* et *INRA 258*) ont été ensilées à 29-30 p. 100 de matière sèche sans urée et à 33-35 p. 100 de matière sèche avec ou sans urée. Récoltées au stade le plus tardif, ces deux variétés ont également servi à préparer 4 ensilages plus ou moins enrichis en épis (tabl. 1).

Enfin, en 1970, trois variétés (*INRA 258*, *LG 11* et *Funck's G 245*) ont été cultivées en deux lieux (Montoldre et Clermont Ferrand) et à deux peuplements (en moyenne 74 500 et 93 700 pieds/ha à Clermont Ferrand et 62 200 et 79 900 pieds/ha à Montoldre). Pour chaque traitement, la plante entière a été ensilée à un seul stade avec ou sans urée (soit 24 ensilages au total). De plus, nous avons récolté deux ensilages d'épis seuls à partir des variétés *INRA 258* et *Funck's G 245*.

Les dates de semis et de récolte, les peuplements ainsi que les fumures figurent dans le tableau 1.

Mesures sur la plante sur pied

La date de la floraison femelle, c'est-à-dire celle à laquelle 50 p. 100 des épis présents sur 5 ou 10 mètres d'un rang de la culture ont des soies visibles, a été observée sauf en 1968. En 1969 et en 1970 seulement, la composition morphologique de la plante à la récolte, ainsi que la teneur en matière sèche de ses différents organes, ont été obtenues en faisant sécher à l'étuve jusqu'à poids constant 10 plantes représentatives préalablement disséquées. Nous avons caractérisé le stade de végétation de chaque maïs à la récolte par l'aspect du contenu ou la consistance des grains. Cette méthode, très utilisée parce que simple et rapide, est peu précise. Aussi, pour éviter toute ambiguïté, nous avons établi à partir de nos résultats et des données bibliographiques

⁽¹⁾ Nous tenons à remercier M. LE DU du Centre national d'Études et d'Expérimentation de Machinisme agricole qui a préparé 42 des 66 ensilages étudiés.

Principales caractéristiques des maïs étudiés

Année	Lieu	Variété	Peuplement (en pieds/ha)	Date de semis	Date de récolte	Type de silo utilisé
1968	Montoldre	INRA 200	71 000 ⁽¹⁾	20-4	4-9	Butyl
		—	—	—	12-9	—
		—	—	—	25-9	—
		Dekalb 204	—	19-4	2-9	—
		—	—	—	13-9	—
		—	—	—	27-9	—
		INRA 258	—	—	5-9	—
		—	—	—	14-9	—
1969	Montoldre	INRA 258	50 000	15-5	30-9	Butyl
		—	—	—	9-10	—
		Dekalb 204	57 000	21-5	1-10	—
	Clermont Ferrand (C. R. A.)	—	—	—	10-10	—
		INRA 200	65 600	13-5	10-9	Bois
		—	—	—	22-9	Butyl
		INRA 258	65 200	—	9-9	Bois
		—	—	—	22-9	Butyl
		INRA 310	57 800	—	23-9	—
		—	—	—	6-10	—
		INRA 400	48 400	—	24-9	—
		—	—	—	7-10	—
1970	Montoldre	LG 11	68 900	4-5	4-9	Butyl
		—	90 500	—	5-9	—
		INRA 258	59 500	—	11-9	—
		—	75 100	—	8-9	—
		Funck's G 245	58 100	—	9-9	—
	Clermont Ferrand (Malintrat)	—	74 000	—	10-9	—
		LG 11	75 000	5-5	9-9	Bois
		—	93 500	—	10-9	—
		INRA 258	70 000	—	12-9	—
		—	89 500	—	14-9	—
		Funck's G 245	78 500	—	18-9	—
		—	98 000	—	18-9	—

⁽¹⁾ Réglage du semoir à 71 000 grains/ha.

⁽²⁾ Il s'agissait de comparer trois modes de conservation en silo hermétique : sans vide, avec vide, avec vide et injection d'azote gazeux.

⁽³⁾ Le signe + correspond à un ensilage sans urée et le signe ⊕ à un ensilage avec urée.

EAU I

ous forme d'ensilage de 1968 à 1970

Teneur MS de l'ensilage de plante entière (%)	Fumure			Répartition des ensilages étudiés suivant le nombre d'épis par plante ensilée				
	N	P	K	Sans épi	1/2 épi	1 épi (plante normale)	2 épis	Épis seuls
26,5	120	120	120			+		
27,3	—	—	—			+		
35,0	—	—	—			+		
22,8	—	—	—			+		
25,9	—	—	—			+		
34,5	—	—	—			+		
25,2	—	—	—			+	+	
29,3	—	—	—		+	+	+	
33,2	—	—	—	+	+	+	+	+
29,3	126	120	120			+++ ⁽²⁾		
32,9	—	—	—	+		+ ⊕ ⁽³⁾		+
30,3	125	125	125			+		
34,8	—	—	—	+		+ ⊕		+
25,2	100	100	0			+		
30,4	—	—	—			+		
24,6	—	—	—			+ ⊕		
28,2	—	—	—			+ ⊕		
24,6	—	—	—			+ ⊕		
29,9	—	—	—			+ ⊕		
23,8	—	—	—			+		
30,2	—	—	—			+		
29,3	144	120	120			+ ⊕		
27,2	—	—	—			+ ⊕		
30,4	—	—	—			+ ⊕		+
29,0	—	—	—			+ ⊕		
27,9	—	—	—			+ ⊕		+
26,7	—	—	—			+ ⊕		
32,6	120	90	0			+ ⊕		
33,0	—	—	—			+ ⊕		
33,3	—	—	—			+ ⊕		
33,0	—	—	—			+ ⊕		
31,3	—	—	—			+ ⊕		
30,1	—	—	—			+ ⊕		

françaises et américaines une correspondance entre les stades végétatifs et les teneurs en matière sèche de la plante entière et des épis (cf. DEMARQUILLY, 1969). Enfin, les surfaces et les quantités de matière sèche récoltées ont été mesurées pour chaque ensilage.

Préparation des ensilages

Les maïs ont été récoltés entre le stade laiteux et la maturité physiologique du grain avec des ensileuses à tambour hacheur réglées pour hacher très finement (brins de 0,5 à 1,5 cm) et ensilés dans des petits silos tours de 4 m³ qui étaient soit en bois gainé intérieurement d'un film plastique (silos étanches) soit en butyl (silos hermétiques). Le maïs a été tassé au pied dans les silos au fur et à mesure du remplissage et, à la fin de celui-ci, a été couvert d'un film plastique et chargé de pierres (15 ensilages réalisés dans des silos en bois). Quant aux 51 ensilages conservés dans des silos en butyl, l'enveloppe a été simplement refermée dès la fin du remplissage. Pour 18 de ces ensilages, le vide a été fait dès la fermeture de l'enveloppe de butyl ; de l'azote gazeux a été injecté dans 17 d'entre eux. En ce qui concerne les 18 comparaisons d'addition ou non d'urée à la plante entière lors de la mise en silo, un mélange solide contenant 50 p. 100 d'urée à 46 p. 100 d'azote et 50 p. 100 de minéraux (phosphate bicalcique, carbonate de calcium et oligo-éléments) a été incorporé manuellement lors du remplissage du silo à raison de 10 kg de mélange urée-minéraux/tonne de produit frais.

Mesures sur la plante ensilée

Durant l'hiver qui a suivi leur récolte, la digestibilité et l'ingestibilité (c'est-à-dire la quantité de matière sèche volontairement ingérée par l'animal), des ensilages ont été mesurées sur 6 moutons (4 en cages de digestibilité et 2 en cases au sol) en 1968, puis sur 8 moutons (6 en cages de digestibilité et 2 en cases au sol) en 1969 et 1970. L'ensilage a été distribué seul à volonté (10 p. 100 de refus) et en deux repas (8 h 30 et 17 h). Pour les 5 ensilages d'épis seuls, les moutons ont reçu en plus 200 g d'un foin de digestibilité connue. Les périodes de mesure qui duraient 6 jours étaient chacune précédées d'une période pré-expérimentale de 10 à 15 jours.

Les quantités de matière sèche mises dans les silos et retirées des silos ont été mesurées afin d'estimer les pertes durant la conservation.

Analyses

Sur des échantillons prélevés à la mise en silo et représentatifs de la plante ou de la fraction ensilée, nous avons déterminé les teneurs en matière sèche, en cendres, en azote total et en azote soluble, en glucides solubles, en amidon et en cellulose brute Weende.

De même, des échantillons représentatifs des fourrages offerts, refusés et des fèces ont été analysés pour déterminer leurs teneurs en matière sèche, en cendres, en matières azotées et en cellulose brute.

Au début et à la fin de chaque période de mesure, nous avons prélevé un échantillon représentatif de l'ensilage distribué aux moutons. Nous avons déterminé sur cet échantillon frais la teneur en azote et sur le jus extrait à la presse, le pH, les teneurs en azote ammoniacal (CONWAY, 1957), en acide lactique (BARKER et SUMMERSON, 1941) et en acides volatils (RIGAUD et JOURNET, 1970). Sur une fraction préalablement séchée à l'étuve de cet échantillon, ont été également dosés l'azote et les glucides solubles dans l'eau (SOMOGYI, 1952) et l'amidon (THIVEND *et al.*, 1965).

Pour les 40 ensilages de maïs étudiés durant les hivers 1968 et 1969, nous avons comparé les teneurs en matière sèche obtenues soit par séchage durant 24 heures dans une étuve ventilée réglée à 80°C, soit par la méthode de distillation au toluène de DEWAR et MC DONALD (1961). La teneur en matière sèche déterminée à l'étuve a été sous-estimée de 0,56 point, soit de 1,79 p. 100. La sous-estimation étant faible, nous avons abandonné la méthode au toluène car elle est peu adaptable à la série et pose de gros problèmes d'échantillonnage avec les ensilages de maïs (il est nécessaire de travailler sur du produit broyé). A moins que cela ne soit spécifié, tous nos résultats seront donc présentés sur la base de la matière sèche *non corrigée*. La méthode de DEWAR et MC DONALD (1961) sous-estime d'ailleurs, elle aussi, la teneur en matière sèche des ensilages de maïs car elle ne tient pas compte des pertes d'alcool. La sous-estimation qui en résulte serait d'après BRAHMAKSHATRIYA et DONKER (1971) de 0,32 p. 100. On peut donc en déduire que dans nos conditions de séchage, la sous-estimation a été en réalité de l'ordre de 2 p. 100.

RÉSULTATS

Modifications de la valeur alimentaire entraînées par l'ensilage

En 1969, à Clermont Ferrand, 12 ensilages ont été fabriqués à partir de 4 maïs dont la digestibilité et l'ingestibilité en vert étaient connues.

Pour les 8 ensilages réalisés sans urée, la diminution de digestibilité entre la plante sur pied et la plante ensilée a été très faible, voire nulle : en moyenne $+ 0,1$ ou $- 0,5$ points $\pm 1,1$ selon qu'on tient compte ou non des pertes dues au séchage à l'étuve.

La diminution d'ingestibilité, entre la plante sur pied et la plante ensilée a été en moyenne de 3,7 g de matière sèche/kg $P^{0,75}$ après correction pour les pertes dues au séchage à l'étuve, soit de 6,8 p. 100. Les modifications d'ingestibilité entraînées par l'ensilage sont donc faibles, au regard des résultats obtenus par DEMARQUILLY (1973) sur les ensilages d'herbe. Elles ont été cependant assez variables : $+ 6,4$ g à $- 8,4$ g soit de $+ 11,4$ à $- 16,2$ p. 100. Elles n'ont pas été liées aux caractéristiques fermentaires des ensilages, qui ont été bonnes et peu variables, puisque les pH sont restés compris entre 3,75 et 4,00, les pourcentages d'azote sous forme ammoniacale entre 3,8 et 5,7, les teneurs en acide lactique entre 27 et 49 g et les teneurs en acide acétique entre 10 et 18 g/kg de matière sèche. En revanche, les modifications d'ingestibilité par rapport à la plante sur pied (Δg en g/kg $P^{0,75}$) ont été liées à la teneur en matières azotées de l'ensilage (MAT en p. 100) :

$$\Delta g = 7,05 \text{ MAT} - 56,45 \pm 2,40 \quad r = 0,893^{**}$$

Pour des teneurs en matières azotées inférieures ou égales à 8,0, l'ensilage a donc entraîné une diminution d'ingestibilité ; la teneur en matières azotées semble donc être un facteur limitant de la quantité ingérée plus important pour l'ensilage que pour la plante sur pied. Ce résultat obtenu sur 8 échantillons seulement, semble cependant confirmé par le fait que la diminution d'ingestibilité entraînée par l'ensilage a été plus faible quand les plantes ont été ensilées avec addition d'urée : la diminution d'ingestibilité n'a été que de 2,1 g soit 3,8 p. 100 contre 5,6 g soit 10,0 p. 100 dans le cas des 4 plantes ensilées respectivement avec ou sans urée.

Quoi qu'il en soit, la conservation sous forme d'ensilage entraîne une diminution de valeur alimentaire beaucoup plus faible dans le cas de la plante entière de maïs que dans le cas de l'herbe.

Influence du stade de végétation de la plante

L'influence du stade de végétation de la plante à la récolte sur sa composition et sa valeur alimentaire après conservation par ensilage a été étudiée à Montoldre en 1968 (essai 1) et en 1969 (essai 2) ainsi qu'à Clermont Ferrand en 1969 (essai 3) soit au total sur 21 ensilages (tabl. 2).

1. Composition et principales caractéristiques de la conservation des ensilages.

La proportion d'épis dans la plante, dont l'augmentation avec l'âge de la plante a été très semblable dans ces essais à celle que nous avons observée dans une étude

TABLEAU 2
Influence du stade de récolte sur la composition et la valeur alimentaire des ensilages de maïs plante entière

	Montoldre 1968 ⁽¹⁾			Montoldre 1969 ⁽²⁾		Clermont Ferrand 1969 ⁽³⁾	
	Laiteux-pâteux	Pâteux	Vitreux	Pâteux-vitreux	Vitreux	Laiteux-pâteux	Pâteux-vitreux
Composition des ensilages (%) :							
Matière sèche	24,8 ± 1,9 ^a ⁽⁴⁾	27,5 ± 1,7 ^a	34,2 ± 0,9 ^b	30,1	33,3	24,5 ± 0,6 ^{a*} ⁽⁵⁾	29,3 ± 1,3 ^{b*}
Cendres	6,5 ± 0,3 ^a	5,8 ± 0,8 ^b	5,0 ± 0,6 ^c	5,1	4,5	5,8 ± 0,5 ^a	5,2 ± 0,2 ^a
Cellulose brute	20,7 ± 2,7 ^a	19,8 ± 2,0 ^a	16,5 ± 1,4 ^b	18,8	16,5	22,2 ± 1,1 ^{a*}	17,7 ± 1,3 ^{b*}
Matières azotées	8,1 ± 0,6 ^a	7,5 ± 1,2 ^a	7,3 ± 1,3 ^a	8,7	8,4	8,4 ± 0,5 ^a	8,0 ± 0,7 ^a
Amidon	18,3 ± 6,7 ^a	24,3 ± 5,0 ^a	33,7 ± 2,3 ^b	30,3	29,8	22,5 ± 3,9 ^{a*}	20,8 ± 2,5 ^{b*}
Caractéristiques de la conservation ⁽⁶⁾ :							
pH	3,75 ^a	3,75 ^a	3,80 ^a	3,70	3,75	3,80 ± 0,10 ^a	3,90 ± 0,06 ^a
N-NH ₃ (p. 100 N Total)	5,4 ± 0,6 ^a	5,0 ± 0,2 ^a	4,3 ± 0,2 ^b	4,5	4,6	4,5 ± 1,3 ^a	4,8 ± 0,4 ^a
Acide lactique (g/kg MS)	63,7 ± 2,9 ^a	52,8 ± 5,3 ^b	49,2 ± 5,8 ^b	47,8	45,5	43,0 ± 8,8 ^a	34,8 ± 5,4 ^b
Acidité volatile totale (mMoles/kg de MS)	295 ± 28 ^a	257 ± 21 ^a	153 ± 12 ^b	191	158	270 ± 65 ^a	191 ± 22 ^b
Acide acétique (g/kg de MS)	19,0 ± 2,2 ^a	15,8 ± 1,2 ^a	9,8 ± 1,0 ^b	11,3	9,8	15,0 ± 3,2 ^a	11,4 ± 1,3 ^a
Acide butyrique (g/kg MS)	0	0	0	0,5	0,2	0,4 ± 0,2 ^a	0,3 ± 0,1 ^a
Coefficient de digestibilité :							
Matière organique (%)	70,7 ± 3,8 ^a	69,0 ± 2,3 ^a	69,9 ± 2,6 ^a	73,9 ^{a*}	71,9 ^{b*}	69,4 ± 1,4 ^{a*}	71,8 ± 0,8 ^{b*}
Matières azotées (%)	47,4 ± 3,8 ^a	49,8 ± 4,3 ^a	39,0 ± 12,3 ^a	51,1	47,2	45,5 ± 5,6 ^a	52,3 ± 2,2 ^a
Cellulose brute (%)	61,5 ± 6,1 ^a	53,4 ± 2,4 ^b	43,7 ± 8,0 ^c	57,6	48,9	57,9 ± 4,5 ^a	52,3 ± 1,4 ^a
Valeur nutritive :							
UF/kg de MS	0,74 ± 0,08 ^a	0,72 ± 0,04 ^a	0,74 ± 0,05 ^a	0,82	0,79	0,73 ± 0,03 ^{a*}	0,78 ± 0,02 ^{b*}
MAD (% de la MS)	3,8 ± 0,6 ^a	3,8 ± 0,9 ^a	2,9 ± 1,4 ^a	4,4	3,9	3,7 ± 0,5 ^a	4,2 ± 0,4 ^a
Quantité ingérée (g/kg P ^{0,75}) :							
Matière sèche	51,4 ± 1,5 ^a	51,6 ± 8,3 ^a	49,0 ± 5,7 ^a	58,0 ^{a*}	50,0 ^{b*}	54,5 ± 4,9 ^{a*}	44,7 ± 3,6 ^{b*}
Matière organique digestible	34,0 ± 2,7 ^a	33,6 ± 6,1 ^a	32,6 ± 4,8 ^a	40,7	34,4	35,6 ± 2,6 ^{a*}	30,4 ± 2,6 ^{b*}

⁽¹⁾ Moyenne de 3 variétés (INRA 200, INRA 258, Dekalb 204).⁽²⁾ Moyenne de 2 variétés (INRA 258, Dekalb 204).⁽³⁾ Moyenne de 4 variétés (INRA 200, INRA 258, INRA 310, INRA 400).⁽⁴⁾ Les valeurs n'ayant pas une lettre identique en indice sont significativement différentes à la probabilité P = 0,05.⁽⁵⁾ a-b : Significatif à 5 p. 100 ; a*-b* : significatif à 1 p. 100.⁽⁶⁾ Les teneurs en acide propionique étaient soit nulles soit très faibles.

préliminaire (ANDRIEU, 1969) a atteint des valeurs comprises entre 65 et 70 p. 100 au stade vitreux du grain. Dans les 3 essais, la composition chimique des ensilages a varié d'une manière semblable avec le stade de récolte. C'est ainsi que dans l'essai 1, les teneurs en matière sèche et en amidon des 3 ensilages récoltés au stade vitreux ont été significativement supérieures ($P < 0,05$) et les teneurs en cendres et en cellulose brute significativement inférieures ($P < 0,05$) à celles des 3 ensilages récoltés au stade laiteux-pâteux (tabl. 2). Par contre, la teneur en matières azotées totales a été indépendante du stade de récolte.

Un des principaux effets du stade sur les caractéristiques fermentaires a été la diminution significative des teneurs en acides lactique et acétique et des teneurs en azote ammoniacal lorsque le stade de récolte était plus tardif (tabl. 2). Le pH, qui est resté inférieur à 4 n'a pas varié avec le stade et les teneurs en acides butyrique et propionique ont été aux différents stades, soit nulles (essai 1), soit très faibles (essais 2 et 3). Les pertes de matière sèche sous forme de jus, de gaz et de moisi présent en surface à l'ouverture du silo ont eu tendance à diminuer lorsque le stade de récolte était plus tardif mais cette diminution n'a pas été significative.

2. Digestibilité et ingestibilité des ensilages.

Dans l'essai 1, l'influence du stade sur la digestibilité de la matière organique n'a pas été significative. Elle l'a été par contre ($P < 0,01$) dans les deux autres essais (tabl. 2, fig. 1). C'est ainsi que dans l'essai 2, la digestibilité a été supérieure de 2 points au stade pâteux-vitreux par rapport au stade vitreux (73,9 contre 71,9 p. 100) et que dans l'essai 3 elle a été supérieure de 2,4 points au stade pâteux-vitreux par rapport au stade laiteux-pâteux (71,8 contre 69,4 p. 100). Si l'on fait abstraction de la variété et des conditions de milieu dans ces 2 essais, la digestibilité des ensilages, quoique variant peu avec le stade de récolte, serait maximum lorsque la plante est récoltée au stade pâteux-vitreux.

Le coefficient de digestibilité apparente des matières azotées, qui dépend essentiellement de la teneur en matières azotées des ensilages, a été, comme celle-ci, indépendant du stade dans les 3 essais.

Le coefficient de digestibilité de la cellulose brute a diminué lorsque le stade de récolte était plus tardif et donc quand la teneur en cellulose brute des ensilages diminuait. Cette diminution n'a été cependant significative que dans l'essai 1.

Si l'ingestibilité et la valeur alimentaire (quantité de matière organique digeste ingérée) des ensilages ont été indépendantes du stade de récolte dans l'essai 1 par contre, dans les 2 autres essais, elles ont diminué significativement et d'environ 15 p. 100 quand la teneur en matière sèche est passée de 30,1 à 33,3 dans l'essai 2 et de 24,5 à 29,3 dans l'essai 3.

3. Quantités de matière sèche et d'éléments nutritifs produits par hectare.

En 1969 (essais 2 et 3) les quantités de matière sèche et d'UF récoltées par hectare sous forme de grain à la maturité ont été nettement plus faibles à Montoldre qu'à Clermont Ferrand (respectivement 40,5 contre 65,0 quintaux et 5 265 contre 8 450 UF). Il en a été de même en ce qui concerne les quantités de matière sèche et d'UF récoltées sous forme d'ensilage de plante entière au stade pâteux-vitreux (respectivement 6,2 contre 11,2 tonnes et 5 050 contre 8 705 UF). Ces différences de production suivant le lieu sont dues essentiellement à des différences de fertilité de sol que sont

venues accentuer des conditions climatiques défavorables à Montoldre (sécheresse). A Clermont Ferrand (essai 3), l'augmentation entre les stades laiteux-pâteux et pâteux-vitreux des quantités de matière sèche et d'UF récoltées par ha sous forme d'ensilage de plante entière a été en moyenne respectivement de 1,1 tonne et de

FIG. 1. — Évolution de la digestibilité et de l'ingestibilité des ensilages de maïs en fonction du stade de récolte

1 395 UF soit une augmentation respective de 11,0 et 19,1 p. 100 (non significatif à $P = 0,05$). Par ailleurs, les résultats obtenus dans l'essai 2 montrent que l'augmentation des productions de matière sèche et d'UF/hectare peut encore être importante entre les stades pâteux-vitreux et vitreux : elles ont été respectivement de 1,6 tonnes et de 1 050 UF, soit une augmentation respective de 25 et 21 p. 100.

A titre indicatif (les méthodes de calcul des UF sont en effet différentes), on peut comparer les quantités d'UF récoltées sous forme d'ensilage de plante entière

à celles récoltées sous forme de grain sec à la maturité. Si dans une telle comparaison les conclusions que l'on peut tirer dépendent pour une large part du stade auquel on récolte la plante pour l'ensiler, il est important de constater que la quantité d'UF récoltée sous forme d'ensilage de plante entière au stade pâteux-vitreux représente 95,3 p. 100 à Montoldre et 103,0 p. 100 à Clermont Ferrand de celle récoltée sous forme de grain sec à la maturité.

Influence de la variété et du lieu de culture

1. *Digestibilité.*

Dans chacun des essais, il existe entre les variétés des différences significatives de digestibilité qui se retrouvent d'une année à l'autre : ainsi deux années de suite la variété *Dekalb 204* a été significativement ($P < 0,05$) moins digestible que la variété *INRA 258* (tabl. 3). Cependant, si on fait exception des résultats obtenus

TABLEAU 3

*Influence de la variété et de la qualité de la récolte
sur la digestibilité et l'ingestibilité des ensilages correspondants ⁽¹⁾*

Année	Lieu	Variété	Coefficient de digestibilité de la MS (en p. 100)	Quantité de MS ingérée (en g/kg P ^{0,75})	Quantité de grain sec récoltée à la maturité (en q/ha)
1968 ⁽⁴⁾	Montoldre	<i>INRA 200</i>	69,3 ^a ⁽⁵⁾	55,3 ^a	—
		<i>Dekalb 204</i>	64,6 ^b	48,5 ^b	—
		<i>INRA 258</i>	67,4 ^a	48,9 ^b	—
1969 ⁽⁴⁾	Montoldre	<i>Dekalb 204</i>	69,4 ^b	52,9 ^b	35
		<i>INRA 258</i>	71,9 ^a	55,9 ^a	46
	Clermont	<i>INRA 200</i>	66,6 ^b	55,1 ^a	60
		<i>INRA 258</i>	68,9 ^a	50,1 ^b	67
		<i>INRA 310</i>	67,4 ^{ab}	48,2 ^{bc}	66
		<i>INRA 400</i>	68,5 ^a	45,0 ^d	67
1970 ⁽⁴⁾	Montoldre	<i>LG 11</i>	56,2 ^b ⁽²⁾ 64,3 ^b ⁽³⁾	45,4 ^a ⁽²⁾ 58,4 ^a ⁽³⁾	25
		<i>INRA 258</i>	64,7 ^a ⁽²⁾ 68,5 ^a ⁽³⁾	41,2 ^a ⁽²⁾ 58,8 ^a ⁽³⁾	45
		<i>Funck's G 245</i>	60,3 ^{ab} ⁽²⁾ 66,2 ^{ab} ⁽³⁾	31,3 ^b ⁽²⁾ 56,9 ^a ⁽³⁾	42
	Clermont	<i>LG 11</i>	64,8 ^b	66,1 ^a	87
		<i>INRA 258</i>	67,4 ^a	48,0 ^b	67
		<i>Funck's G 245</i>	67,6 ^a	45,3 ^b	67

⁽¹⁾ Les résultats de digestibilité et d'ingestibilité ne concernent que les ensilages sans urée exception faite de ceux obtenus à Montoldre en 1970 : la teneur en matières azotées ayant été dans ce cas facteur limitant, les calculs statistiques ont été faits soit sur les ensilages sans urée ⁽²⁾ soit sur les ensilages avec urée ⁽³⁾.

⁽⁴⁾ Les calculs statistiques ont été réalisés pour une année et un lieu donné et ont porté sur les résultats individuels.

⁽⁵⁾ Les valeurs n'ayant pas au moins une lettre identique en indice sont significativement différentes à la probabilité 0,05.

à Montoldre en 1970, ces différences entre variétés sont en général faibles (elles sont au maximum de 4,7 points) et leur importance est variable d'une année à l'autre. Si à Montoldre, en 1970, les différences entre variétés ont été plus importantes, cela est dû essentiellement à une teneur en azote insuffisante (tabl. 3). De même, comme le montrent les résultats obtenus sur la variété *INRA 258* (tabl. 4), il peut exister des différences de digestibilité pour une même variété d'un lieu à un autre et d'une année à l'autre mais là aussi les différences sont faibles (au maximum de 5,1 points) exception faite encore des résultats obtenus à Montoldre en 1970, et, dans ces conditions extrêmes, cela est dû essentiellement à une teneur en azote de la ration trop faible.

Les différences de digestibilité entre variétés, lieux ou années ne sont pas liées aux différences de productivité en grain des cultures sauf dans le cas des maïs ensilés sans urée à Montoldre en 1970.

TABLEAU 4

Influence du lieu et de l'année sur la digestibilité et l'ingestibilité de la variété INRA 258 sous forme d'ensilage (1)

			Coefficient de digestibilité de la MS (2) (en p. 100)	Quantité de MS ingérée (2) (en g/kg P ^{0,75})
1968	Montoldre	Sans urée	67,4 ^c (3)	48,9 ^{bc} (3)
1969	Montoldre	Sans urée	71,3 ^{ab}	51,4 ^b
		Avec urée	72,5 ^a	58,9 ^a
	Clermont	Sans urée	70,4 ^{abc}	46,8 ^{bc}
		Avec urée	71,7 ^{ab}	48,6 ^{bc}
1970	Montoldre	Sans urée	64,7 ^d	41,2 ^c
		Avec urée	68,5 ^{bc}	58,8 ^a
	Clermont	Sans urée	67,4 ^c	48,0 ^{bc}
		Avec urée	68,6 ^{bc}	55,0 ^{ab}

(1) Ont été seulement retenus dans ces calculs les ensilages dont la teneur en matière sèche était comprise entre 28 et 35 p. 100.

(2) Les calculs statistiques ont porté sur les résultats individuels.

(3) Les valeurs n'ayant pas au moins une lettre identique en indice sont significativement différentes à la probabilité 0,05.

2. Ingestibilité.

Dans un essai donné il existe des différences d'ingestibilité entre variétés qui sont significatives et plus importantes que celles observées dans le cas de la digestibilité : ainsi, à Clermont Ferrand en 1969, la variété *INRA 200* a été ingérée en plus grande quantité ($P < 0,05$) que la variété *INRA 400* (55,1 contre 45,0 g de matière sèche/kg P^{0,75}). Cependant, comme le montre la comparaison entre les variétés *INRA 258* et *Dekalb 204*, les différences d'ingestibilité dues à la variété ne se retrouvent pas forcément d'une année à l'autre (tabl. 3). Il faut signaler que ces

comparaisons entre variétés sont moins précises dans le cas de l'ingestibilité que dans le cas de la digestibilité car les stades de récolte ne sont pas toujours comparables d'un essai à l'autre ; or, nous avons vu que l'influence du stade était plus sensible en ce qui concerne l'ingestibilité des ensilages qu'en ce qui concerne la digestibilité.

Pour une même variété l'influence du lieu et de l'année sur l'ingestibilité reste assez faible quoique nettement plus importante que dans le cas de la digestibilité : si on fait abstraction de l'ensilage sans urée étudié à Montoldre en 1970, l'écart maximum d'ingestibilité a été de 12,1 g pour les ensilages réalisés à partir de la variété *INRA 258* (tabl. 4).

Comme dans le cas de la digestibilité, les différences d'ingestibilité entre variétés, lieux ou années ne sont pas liées aux différences de productivité en grain des cultures sauf dans le cas des maïs ensilés sans urée à Montoldre en 1970.

De même, lorsqu'on ne considère que les ensilages contenant de l'urée, il n'existe pas de liaison significative entre l'ingestibilité des variétés et leur digestibilité. Il n'existe pas non plus de liaison entre l'ingestibilité des ensilages et leurs caractéristiques fermentaires.

Influence du peuplement par hectare

Étudiée en 1970, l'influence du peuplement par hectare a porté sur 6 comparaisons. Vraisemblablement faibles, les modifications de composition morphologique dues au peuplement n'ont pas pu être mises en évidence par la méthode de prélèvement de 10 plantes (tabl. 5). A Montoldre comme à Clermont Ferrand, l'augmentation du peuplement a cependant entraîné quelques modifications de la composition chimique des ensilages : si elle n'a pas fait varier les teneurs en matières azotées et en cellulose brute des ensilages, elle a par contre fait diminuer leur teneur en amidon et augmenter leur teneur en cendres (tabl. 5). Les principales caractéristiques fermentaires ainsi que la digestibilité et la valeur nutritive des ensilages n'ont pas été modifiées. Par contre, dans les deux lieux, l'ingestibilité des ensilages et leur valeur alimentaire a diminué faiblement (en moyenne respectivement de 7,1 et 7,3 p. 100), mais significativement quand le peuplement augmentait.

Les productions de matière sèche et d'UF/hectare ont également varié avec le peuplement mais d'une manière différente suivant le lieu d'étude et la variété. En conditions de culture très favorables (Clermont Ferrand) une augmentation du peuplement de 74 500 à 93 700 pieds/hectare s'est traduite en moyenne par un gain significatif ($P < 0,05$) de la quantité de matière sèche d'environ 1 tonne et par un gain de 700 UF/ha (soit 6,3 p. 100) ; ces gains ont été particulièrement importants dans le cas de la variété *LG 11* (1,5 tonne et 1 370 UF). En conditions très défavorables par contre (Montoldre), les productions n'ont pas augmenté ou ont été plus faibles quand le peuplement par hectare est passé en moyenne de 62 200 à 799 00 pieds.

Influence de l'enrichissement en épis des ensilages

1. Composition et qualité de conservation.

Durant les 3 années d'étude 13 ensilages plus ou moins riches en épis ont été préparés. Les épis et les organes végétatifs ayant des compositions chimiques très différentes, il n'est pas étonnant que toute modification à un stade de végétation

TABLEAU 5

*Influence du peuplement sur la composition,
la valeur alimentaire des ensilages de maïs sans additifs
ainsi que sur la quantité d'éléments nutritifs produits par hectare*

Lieu — Année Peuplement (en milliers de pieds/ha)	Clermont-Ferrand 1970		Montolire 1970		Total des comparaisons	
	Faible (70,0-78,5)	Fort (89,5-98,0)	Faible (58,1-68,9)	Fort (74,0-90,5)	Faible	Fort
Nombre d'ensilages	3	3	3	3	6	6
P. 100 d'épi dans la MS ensilée	58,5 ± 2,1	58,4 ± 3,0	55,5 ± 2,6	52,6 ± 4,1	57,0 ± 2,7 ^a	55,5 ± 4,5 ^a
Composition des ensilages (%):						
Matière sèche	32,1 ± 1,6	31,4 ± 2,2	29,3 ± 1,1	27,6 ± 1,0	30,7 ± 2,0 ^a (1)	29,5 ± 2,6 ^b
Cendres	5,8 ± 0,4	6,3 ± 0,6	5,2 ± 0,3	6,0 ± 0,3	5,5 ± 0,5 ^{a*}	6,1 ± 0,4 ^{b*}
Matières azotées	9,7 ± 0,2	9,3 ± 0,4	5,5 ± 0,7	5,4 ± 0,3	7,6 ± 2,3 ^a	7,3 ± 2,2 ^a
Cellulose brute	17,7 ± 1,6	19,6 ± 1,4	22,0 ± 1,4	21,7 ± 1,2	19,8 ± 2,7 ^a	20,7 ± 1,6 ^a
Amidon	26,2 ± 1,7	24,0 ± 2,4	22,4 ± 0,5	17,7 ± 2,1	24,3 ± 2,4 ^{a*}	20,9 ± 4,0 ^{b*}
Coefficient de digestibilité de la MO (%) ..	69,1 ± 2,3	69,0 ± 1,6	62,6 ± 3,9	62,7 ± 4,8	65,9 ± 4,5 ^a	65,8 ± 4,7 ^a
Quantités ingérées (g/kg P ^{0.75}):						
Matière sèche	55,6 ± 13,2	51,4 ± 8,9	40,5 ± 7,6	38,0 ± 7,3	48,1 ± 12,7 ^a	44,7 ± 10,3 ^b
Matière organique digestible	35,9 ± 7,2	33,2 ± 5,1	24,0 ± 4,2	22,3 ± 4,2	30,0 ± 8,4 ^a	27,8 ± 7,3 ^b
Productions à l'hectare:						
Matière sèche (en tonne)	15,8 ± 1,7	16,8 ± 2,1	8,6 ± 0,9	7,7 ± 1,5	12,2 ± 4,1 ^a	12,3 ± 5,2 ^a
UF (en milliers)	11,2 ± 0,8	11,9 ± 1,0	5,0 ± 0,1	4,5 ± 0,7	8,1 ± 3,5 ^a	8,2 ± 4,1 ^a

(1) a-b significatif à 5 p. 100; a*-b* significatif à 1 p. 100.

donné de la teneur en épis de la plante ensilée entraîne des variations importantes de la composition chimique des ensilages correspondants (tabl. 6 et 7).

Les tiges et les feuilles de maïs, bien que pauvres en matière sèche, même à un stade de végétation tardif, se prêtent bien à la conservation par l'ensilage : en effet, les teneurs élevées en glucides solubles de la tige sont favorables à la fermentation lactique et les quantités d'acide lactique formées (de l'ordre de 60 à 70 g/kg de matière sèche) entraînent une acidification importante (les pH restent inférieurs à 4) et un arrêt rapide des fermentations (tabl. 6).

TABLEAU 6

Comparaison, à un stade donné, de la composition, de la digestibilité et de l'ingestibilité des ensilages de tiges + feuilles, d'épis seuls et de plantes entières correspondants

Lieu — Année	Montoldre 1968-1969 (Stade vitreux)			Montoldre 1970 Stade pâteux-vitreux	
	0	1 (plante normale)	Épis seuls	1 (plante normale)	Épis seuls
Nombre théorique d'épis par plante ensilée					
Composition des ensilages (p. 100) :	(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)	(N = 2)	(N = 2)
Matière sèche	22,7 ± 0,9	33,3 ± 0,9	49,9 ± 3,2	29,2	49,6
Cendres	9,2 ± 1,4	4,7 ± 0,5	1,9 ± 0,1	5,3	1,9
Matières azotées	5,7 ± 1,1	7,9 ± 0,8	8,3 ± 0,4	5,9	7,2
Cellulose brute	31,9 ± 0,8	17,0 ± 0,8	9,0 ± 1,1	21,7	9,4
Amidon	1,8 ± 0,9	30,8 ± 1,7	56,7 ± 4,0	22,6	49,4
Caractéristiques de la conservation ⁽¹⁾ :					
pH	3,80	3,75	3,75	3,80	3,90
N-NH ₃ (p. 100 N total)	6,4 ± 0,3	4,5 ± 0,3	3,7 ± 0,7	5,8	4,5
Acide lactique (g/kg MS)	65,5 ± 4,9	44,7 ± 1,5	23,8 ± 2,5	48,5	27,0
Acidité volatile totale (mMoles/kg de MS)	272 ± 82	160 ± 20	91 ± 8	254	98
Acide acétique (g/kg MS)	16,3 ± 5,5	10,2 ± 1,4	5,3 ± 0,3	15,0	5,7
Coefficient de digestibilité (p. 100) :					
Matière organique	62,0 ± 1,6	71,7 ± 1,4	80,0 ± 4,7	64,4	76,8
Matières azotées	34,7 ± 8,3	45,5 ± 3,1	56,9 ± 4,0	40,1	50,7
Cellulose brute	65,0 ± 2,8	49,6 ± 1,3	49,8 ± 24,1	47,1	13,0
Valeur nutritive :					
UF/kg de MS	0,55 ± 0,03	0,78 ± 0,03	0,98 ± 0,10	0,62	0,91
MAD (p. 100 MS)	2,0 ± 0,7	3,6 ± 0,6	4,7 ± 0,4	2,3	3,7
Quantité ingérée (g/kg ^{100,75})					
Matière sèche	27,6 ± 3,1	50,5 ± 1,6	43,3 ± 4,9 ⁽²⁾	36,9	35,3 ⁽²⁾
Matière organique digestible	15,5 ± 1,5	34,6 ± 1,7	33,8 ± 1,7 ⁽²⁾	22,7	26,4 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Les teneurs en acide propionique étaient nulles, celles en acide butyrique très faibles (0 à 0,5 g/kg de MS).

⁽²⁾ Quantités ingérées non compris le foin qu'il a fallu distribuer aux moutons (300 g/j/animal) pour limiter les indigestions fréquentes avec les ensilages riches en grain.

Si, à un stade de végétation donné, on enrichit en épis la fraction ensilée, les principales caractéristiques fermentaires sont modifiées progressivement sous l'action de l'augmentation de la teneur en matière sèche et de la diminution de la teneur en glucides solubles du fourrage ensilé (tabl. 7).

2. Digestibilité et valeur nutritive.

A un stade donné, la digestibilité des ensilages a augmenté (tabl. 6 et 7) avec leur teneur en épis : ainsi, à Montoldre en 1968 et en 1969, les ensilages de tiges +

TABLEAU 7

Influence de l'enrichissement en épi, à 3 stades de végétation, sur la composition et la valeur alimentaire des ensilages réalisés à partir d'un même maïs (INRA 258. Montoldre 1968)

Stade de végétation	Laiteux-pâteux		Pâteux			Vitreux				
	1	2	0,5	1	2	0	0,5	1	2	Épis seuls
Nombre théorique d'épis par plante ensilée										
P. 100 d'épi dans la MS ensilée ...	59	74	48	65	79	0	50	67	80	100
Composition des ensilages :										
Matière sèche (%)	25,2	27,8	24,8	29,3	32,2	22,1	30,8	33,2	36,4	52,6
Cendres (%)	6,5	4,2	5,6	5,6	4,0	9,1	5,7	5,1	4,3	1,8
Matières azotées (%)	8,8	7,1	7,1	6,6	7,6	4,6	6,4	6,9	6,8	8,1
Cellulose brute (%)	22,3	18,2	19,5	19,1	17,7	32,3	21,1	17,9	16,6	7,8
Amidon (%)	19,0	26,3	19,3	28,0	28,3	1,4	27,0	32,7	37,0	54,0
Caractéristiques de la conservation ⁽¹⁾										
pH	3,70	3,70	3,75	3,70	3,65	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
N-NH ₃ (p. 100 N total)	5,9	5,5	5,5	5,2	5,1	6,6	6,3	4,3	5,6	4,0
Acide lactique (g/kg de MS)	62,5	44,0	69,5	47,5	50,0	69,5	55,5	43,0	44,0	25,0
Acidité volatile totale (mMoles/kg MS)	311	312	315	234	219	345	220	165	176	84
Acide acétique (g/kg de MS)	20,0	20,5	21,0	14,5	14,5	22,0	14,0	11,0	10,5	5,5
Coefficient de digestibilité (%)										
Matière organique	69,5	71,1	67,6	68,1	71,3	60,2	71,3	71,3	73,6	74,6
Matières azotées	51,6	48,5	46,4	48,2	44,8	25,6	54,5	41,9	51,8	52,5
Cellulose brute	58,7	50,7	48,7	50,7	53,3	62,5	57,5	51,0	52,0	22,0
Valeur nutritive :										
UF/kg de MS	0,72	0,77	0,69	0,70	0,78	0,52	0,76	0,77	0,82	0,86
MAD (p. 100 de la MS)	4,5	3,4	3,3	3,2	3,4	1,2	3,5	2,9	3,5	4,3
Quantité ingérée (g/kg P ^{0,75}) :										
Matière sèche	51,4	53,0	47,2	43,8	55,1	31,2	44,2	51,5	48,4 ⁽²⁾	48,9 ⁽²⁾
Matière organique digestible	33,4	36,1	30,1	28,1	37,7	17,1	29,7	34,9	34,1 ⁽²⁾	35,8 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Il n'y avait pas d'acides propionique et butyrique.

⁽²⁾ Ne sont pas inclus dans ces chiffres les quantités de foin distribuées aux moutons (300 g/j/animal afin de limiter les indigestions.

feuilles, de plante entière et d'épis seuls, qui ont tous été récoltés au stade vitreux, ont eu des digestibilités moyennes respectivement de 62,0 ; 71,7 et 80 p. 100 auxquelles correspondent des valeurs énergétiques respectives de 0,55 ; 0,78 et 0,98 UF/ kg de matière sèche.

Ces résultats montrent que les tiges et les feuilles de la plante qui sont laissées sur le champ dans le cas de la récolte du grain, sont, au stade vitreux, plus digestibles que celles des autres céréales et aussi digestibles qu'un bon foin.

La teneur en matières azotées digestibles des différentes fractions de la plante a varié avec leur teneur en matières azotées totales : elle a été plus faible dans le cas des ensilages de tiges + feuilles (en moyenne 2,0 p. 100) que dans le cas des ensilages d'épis seuls correspondants (en moyenne 4,7 p. 100).

La digestibilité de la cellulose brute des ensilages de différentes fractions de la plante semble d'autant plus faible que la teneur en grain de la fraction ensilée est plus élevée (tabl. 6) ; elle varie donc dans le même sens que la teneur en cellulose brute et en sens inverse de la teneur en amidon. La digestibilité de la cellulose brute des ensilages d'épis a été très variable (de 10,4 à 65,1 p. 100) ; elle a été particulièrement faible dans le cas des deux ensilages d'épis réalisés à Montoldre en 1970 (13,0 p. 100 en moyenne).

3. *Ingestibilité et valeur alimentaire.*

L'ingestibilité des ensilages augmente fortement quand le nombre d'épis par plante ensilée passe de 0 à 1 (tabl. 6 et 7). Ainsi à Montoldre (1968 et 1969), l'ingestibilité des ensilages de tiges + feuilles a été nettement plus faible que celle des ensilages de plante entière correspondants (27,6 contre 50,5 g de matière sèche/kg P^{0,75}). Par contre, quand le nombre d'épis est supérieur à 1, l'ingestibilité n'augmente pratiquement plus et peut même diminuer dans des proportions importantes si on ne prend pas soin de distribuer un minimum de fourrage grossier afin d'éviter des indigestions.

Les ensilages de tiges + feuilles ont eu une valeur alimentaire bien inférieure à celle des ensilages de plante entière réalisés au stade vitreux à partir des mêmes maïs : les quantités de matière organique digestible ingérées ont été respectivement pour ces deux types d'ensilage de 15,5 et 34,6 (tabl. 6).

4. *Quantités de matière sèche et d'éléments nutritifs produits par hectare.*

En 1969, à Montoldre, les productions de matière sèche de tiges + feuilles, de plante entière et d'épis seuls évaluées au stade vitreux sur deux variétés ont été respectivement de 3,0 ; 8,1 et 5,1 tonnes/hectare. Exprimées en pourcentage des quantités de matière sèche et d'UF récoltées par hectare sous forme de plante entière, les quantités de matière sèche et d'UF récoltées sous forme de tiges + feuilles ont été respectivement de 37,0 et 24,6 p. 100 ; celles récoltées sous forme d'épis ont été de 63,0 et 75,4 p. 100.

Influence de l'incorporation d'un mélange urée-minéraux à la mise en silo

Parmi les 18 comparaisons d'addition ou non d'urée à la plante entière, nous serons amenés, dans l'exposé des résultats, à distinguer d'une part le cas des 12 comparaisons, qui ont été réalisées à partir de maïs normalement développés, et d'autre

part celui des comparaisons qui ont porté sur des maïs dont les teneurs en épis et surtout en matières azotées étaient anormalement faibles (Montoldre, 1970, tabl. 8).

1. *Qualité de la conservation.*

L'incorporation de 1,6 p. 100 d'urée et de 1,6 p. 100 de minéraux (sur la base de la matière sèche) s'est traduite par une augmentation des teneurs en cendres et en matières azotées des ensilages : elles sont passées respectivement de 5,6 à 6,6 p. 100 et de 7,6 à 11,3 p. 100. Les teneurs en matière sèche, en cellulose brute, en glucides solubles et en amidon des ensilages avec ou sans additif ont été comparables.

Bien que l'addition d'urée associée à des minéraux augmente le pouvoir tampon de la plante, la qualité de conservation des 12 maïs « normaux » ensilés avec des additifs a été bonne. En effet, cette addition s'est traduite en contrepartie par une fermentation lactique plus intense : la teneur en acide lactique des 12 ensilages avec urée a été supérieure ($P < 0,05$) à celle des 12 ensilages témoins ($54,1 \pm 9,4$ g contre $47,9 \pm 6,6$ g/kg de matière sèche) et leur pH, bien que significativement plus élevé que celui des ensilages témoins, est resté inférieur à 4. La fermentation butyrique et la dégradation des matières azotées sont restées très faibles (tabl. 8).

Par contre, en ce qui concerne les 6 autres comparaisons, l'augmentation de la production d'acide lactique entraînée par l'incorporation du mélange urée-minéraux n'a pas permis d'acidifier suffisamment le milieu (les pH ont été en moyenne de 4,2), et par là, de stabiliser les ensilages ; la fermentation butyrique a pu se développer comme en témoigne l'augmentation par rapport aux ensilages témoins des teneurs en acide butyrique (de 0,7 à 2,6 g/kg de matière sèche — augmentation significative à $P < 0,05$) et en azote ammoniacal (de 5,0 à 27,5 p. 100 de l'azote total — significatif à $P < 0,01$).

L'incorporation d'urée n'a pas augmenté significativement mais a rendu plus variables les pertes de matière sèche durant la conservation, c'est-à-dire celles correspondant à l'écoulement des jus, aux dégagements gazeux et à la présence, à l'ouverture des silos, de moisissures en surface : sur la base de la matière sèche corrigée, elles ont été en moyenne de $8,9 \pm 7,2$ et de $7,8 \pm 4,8$ p. 100 respectivement pour les ensilages avec ou sans additif. Il a été possible de calculer le taux de recouvrement réel de l'azote uréique qui peut se définir ainsi :

$$\frac{\text{Quantité d'azote supplémentaire recouvrée par rapport à l'ensilage témoin (en kg)}}{\text{Quantité d'azote uréique incorporée (en kg)}}$$

Il a été en moyenne de $82,9 \pm 19,5$ p. 100 pour l'ensemble des ensilages avec additifs. Il a donc varié dans des limites larges, ce qui doit s'expliquer essentiellement par des erreurs d'échantillonnage dues à une répartition parfois hétérogène de l'urée dans le silo. On remarquera que paradoxalement (du moins en apparence) les pertes de matière sèche et d'azote uréique durant la conservation ont été en moyenne plus faibles dans le cas des 6 comparaisons réalisées à Montoldre en 1970 (tabl. 8). Cela est dû essentiellement au fait que les pertes d'azote et de matière sèche ont augmenté en moyenne lorsque l'herméticité des silos était moins bonne et que la quantité d'oxygène emprisonnée dans les silos était plus importante. Or, les 6 comparaisons réalisées à Montoldre en 1970 l'ont toutes été dans des silos hermétiques avec ou sans vide, ce qui n'était pas le cas des 12 autres comparaisons.

*Comparaison de la composition et de la valeur alimentaire des ensilages de maïs
avec et sans addition du mélange urée-minéraux*

	Montoldre 1969 Clermont Ferrand 1969-1970		Montoldre 1970		Total des comparaisons	
	Sans urée N = 12	Avec urée N = 12	Sans urée N = 6	Avec urée N = 6	Sans urée N = 18	Avec urée N = 18
P. 100 d'épis dans la MS	62,0 ± 5,0	62,0 ± 5,0	54,1 ± 3,4	54,1 ± 3,4	59,4 ± 5,9 ^a	59,4 ± 5,9 ^a
Composition des ensilages (%) :						
Matière sèche	30,3 ± 3,4	31,1 ± 3,4	28,5 ± 1,4	28,3 ± 1,5	29,7 ± 2,9 ^a	30,2 ± 3,1 ^a
Cendres	5,5 ± 0,7 ^{a*} (1)	6,5 ± 1,0 ^{b*}	5,6 ± 0,5 ^{a*}	6,7 ± 0,5 ^{b*}	5,6 ± 0,6 ^{a*}	6,6 ± 0,8 ^{b*}
Matières azotées	8,7 ± 0,9 ^{a*}	12,2 ± 1,2 ^{b*}	5,4 ± 0,5 ^{a*}	9,5 ± 1,9 ^{b*}	7,6 ± 1,8 ^{a*}	11,3 ± 1,8 ^{b*}
Cellulose brute	18,8 ± 2,2 ^a	18,4 ± 1,7 ^a	21,9 ± 1,2 ^a	21,6 ± 1,3 ^a	19,8 ± 2,4 ^a	19,4 ± 2,2 ^a
Amidon	26,1 ± 3,7 ^a	26,4 ± 3,7 ^a	20,1 ± 2,9 ^a	18,8 ± 2,6 ^a	24,1 ± 4,5 ^a	23,9 ± 5,0 ^a
Caractéristiques de la conservation :						
pH	3,8 ± 0,0 ^{a*}	3,9 ± 0,1 ^{b*}	3,8 ± 0,0 ^{a*}	4,2 ± 0,3 ^{b*}	3,8 ± 0,0 ^{a*}	4,0 ± 0,2 ^{b*}
N-NH ₃ (p. 100 N total)	4,9 ± 0,9 ^{a*}	8,3 ± 2,0 ^{b*}	5,0 ± 0,9 ^{a*}	27,5 ± 11,3 ^{b*}	4,9 ± 0,9 ^{a*}	14,7 ± 11,2 ^{b*}
Acide lactique (g/kg MS)	47,9 ± 6,6 ^a	51,1 ± 9,4 ^b	45,3 ± 7,2 ^{a*}	63,4 ± 6,0 ^{b*}	47,0 ± 6,7 ^{a*}	57,2 ± 9,4 ^{b*}
Acidité volatile totale (mMoles/kg MS)	226 ± 67 ^a	229 ± 63 ^a	245 ± 70 ^a	279 ± 94 ^a	232 ± 67 ^a	246 ± 76 ^a
Acide acétique (g/kg MS)	13,3 ± 3,7 ^a	13,0 ± 2,8 ^a	14,8 ± 3,4 ^a	14,3 ± 3,0 ^a	13,8 ± 3,6 ^a	13,4 ± 2,9 ^a
Acide butyrique (g/kg MS)	0,1 ± 0,1 ^a	0,2 ± 0,3 ^a	0,7 ± 0,8 ^a	2,6 ± 2,3 ^a	0,3 ± 0,5 ^a	1,0 ± 1,8 ^a
Pertes de MS (%)	9,2 ± 4,5 ^a	11,3 ± 7,5 ^a	4,9 ± 4,4 ^a	4,1 ± 3,1 ^a	7,8 ± 4,8 ^a	8,9 ± 7,2 ^a
Coefficient de digestibilité (%) :						
Matière organique	70,2 ± 2,0 ^{a*}	72,2 ± 1,7 ^{b*}	62,6 ± 3,9 ^{a*}	69,0 ± 1,8 ^{b*}	67,7 ± 4,5 ^{a*}	71,2 ± 2,3 ^{b*}
Matières azotées	53,2 ± 6,7 ^{a*}	67,7 ± 3,9 ^{b*}	34,8 ± 6,9 ^{a*}	61,0 ± 6,2 ^{b*}	47,1 ± 11,1 ^{a*}	65,5 ± 5,3 ^{b*}
Cellulose brute	51,5 ± 5,8 ^{a*}	57,4 ± 5,3 ^{b*}	44,7 ± 6,8 ^{a*}	58,5 ± 3,1 ^{b*}	49,3 ± 6,8 ^{a*}	57,8 ± 4,6 ^{b*}
Valeur nutritive :						
UF/kg de MS	0,74 ± 0,05 ^{a*}	0,78 ± 0,04 ^{b*}	0,59 ± 0,08 ^{a*}	0,71 ± 0,03 ^{b*}	0,69 ± 0,09 ^{a*}	0,75 ± 0,05 ^{b*}
MAD (p. 100 de la MS)	4,7 ± 1,0 ^{a*}	8,3 ± 1,2 ^{b*}	1,9 ± 0,5 ^{a*}	5,9 ± 1,3 ^{b*}	3,8 ± 1,6 ^{a*}	7,5 ± 1,7 ^{b*}
Quantités ingérées (g/kg P ^{0,75}) :						
Matière sèche	51,5 ± 7,8 ^{a*}	56,1 ± 5,1 ^{b*}	39,3 ± 6,8 ^{a*}	58,1 ± 1,3 ^{b*}	47,4 ± 9,4 ^{a*}	56,8 ± 4,3 ^{b*}
Matière organique digestible	34,0 ± 4,3 ^{a*}	37,9 ± 3,2 ^{b*}	23,2 ± 3,9 ^{a*}	37,4 ± 1,3 ^{b*}	30,4 ± 6,6 ^{a*}	37,7 ± 2,7 ^{b*}

(1) a-b : Significatif à 5 p. 100 ; a*-b* : Significatif à 1 p. 100.

2. Digestibilité et valeur nutritive.

Pour les 18 comparaisons, l'addition d'azote uréique (associé à des minéraux) a augmenté significativement ($P < 0,01$) et de 3,5 points en moyenne (soit 5,2 p. 100) le coefficient de digestibilité de la matière organique par rapport aux ensilages té-

FIG. 2. — Augmentation de la digestibilité, de l'ingestibilité et de la valeur alimentaire des ensilages due à l'addition d'urée à la mise en silo

● Montoldre 1970
○ autres essais

moins. Cependant, cette augmentation a été très variable, et surtout, d'autant plus importante que le maïs ensilé était à l'origine pauvre en azote (fig. 2) : en effet, elle a été de 6,4 points (soit 10,2 p. 100) dans le cas des 6 maïs très pauvres en matières azotées récoltés à Montoldre en 1970 alors, que dans le cas des 12 autres com-

paraisons, elle n'a été que de 2 points (soit 2,8 p. 100). Il semble donc que la teneur en azote de la plante de maïs distribuée seule aux moutons puisse devenir un facteur limitant de l'activité des micro-organismes présents dans le rumen et responsables de la digestion.

De même, sur les 18 comparaisons, l'addition d'urée a fait passer la digestibilité de la cellulose brute de $49,3 \pm 6,8$ p. 100 à $57,8 \pm 4,6$ p. 100. Cette augmentation significative ($P < 0,01$) confirme que l'activité cellulolytique de la flore du rumen est étroitement conditionnée par la teneur en azote de la ration.

Le coefficient de digestibilité apparente des matières azotées des 18 ensilages avec urée a été significativement supérieur ($P < 0,01$) à celui des 18 ensilages témoins (respectivement $65,5 \pm 5,3$ contre $47,1 \pm 11,1$ p. 100). La teneur en matières azotées non digestibles des ensilages avec ou sans urée a été pratiquement égale ($3,86 \pm 0,38$ pour les 18 ensilages témoins contre $3,81 \pm 0,30$ pour les 18 ensilages avec additifs) ce qui est dû au fait que l'azote uréique, ou ses formes de décomposition, ont une digestibilité apparente de 100 p. 100.

3. *Ingestibilité et valeur alimentaire.*

L'addition d'urée à la mise en silo, qui a fait passer la teneur en matières azotées des 18 maïs de 7,6 à 11,3 p. 100, a accru en moyenne ($P < 0,01$) leur ingestibilité de 19,8 p. 100 (56,8 contre 47,4 g) et a réduit notablement les variations d'ingestibilité d'un ensilage à l'autre : le coefficient de variation n'a été que de 7,5 p. 100 pour les 18 ensilages avec de l'urée contre 19,8 p. 100 pour les 18 ensilages témoins. Comme dans le cas de la digestibilité de la matière organique, il est à noter que l'augmentation d'ingestibilité entraînée par l'addition d'urée a été d'autant plus importante que la teneur en azote des maïs était faible au départ (fig. 2) : elle a été en effet de 8,9 p. 100 pour les 12 maïs normaux dont les teneurs en matières azotées étaient au départ supérieures ou égales à 7 p. 100 et de 47,8 p. 100 pour les 6 maïs récoltés à Montoldre en 1970 et dont les teneurs en matières azotées étaient comprises entre 4,7 et 6,2 p. 100.

L'augmentation de la valeur alimentaire due à l'addition d'urée, a été en moyenne de 24 p. 100 et d'autant plus importante que la teneur en azote de la plante au départ était faible : elle a été de 61 p. 100 à Montoldre en 1970 et de 11,0 p. 100 dans le cas des maïs normaux (fig. 2).

DISCUSSION

Il ressort des résultats obtenus plusieurs faits importants :

1° Le maïs est une plante qui se prête bien à la conservation par l'ensilage. Comme l'ont constaté avant nous d'autres auteurs (HARRIS, 1965 ; NOLLER *et al*, 1965), la diminution de digestibilité entre la plante sur pied et la plante ensilée est négligeable voir nulle. Les pertes de matière sèche entraînées par la conservation sont également faibles : de l'ordre de 8 p. 100 en moyenne dans nos conditions. Mais ce qui différencie d'une manière catégorique le maïs des fourrages classiques, c'est

que la diminution d'ingestibilité entraînée par l'ensilage est très faible : de l'ordre de 5 p. 100. Ce dernier aspect n'avait été étudié, à notre connaissance, que par NOLLER *et al.* (1965) qui avaient observé sur 3 comparaisons effectuées sur des génisses en croissance, une diminution moyenne d'ingestibilité plus importante (— 29 p. 100). Les conditions expérimentales et les caractéristiques fermentaires des ensilages ne sont malheureusement pas précisées dans cette étude.

2° Entre les stades laiteux et vitreux du grain, nous n'avons observé qu'une influence très faible du stade de récolte sur la digestibilité de la matière organique des ensilages. Cette constance de la digestibilité a été observée par de nombreux auteurs américains (revue de COPPOCK et STONE, 1968).

Le fait que la digestibilité soit indépendante du stade de récolte n'implique pas forcément que la valeur énergétique le soit également : en effet, la composition de la matière organique digestible, notamment sa teneur en amidon varie beaucoup avec le stade de récolte. L'utilisation de la formule de BREIREM (1954), pour estimer la valeur énergétique à partir des teneurs en matière organique digestible et indigestible de la matière sèche, ne nous a pas permis de tenir compte de ce facteur ; cependant, d'après les travaux américains, il semble que la valeur énergétique de l'ensilage de maïs pour la production laitière soit indépendante du stade (HUBER *et al.*, 1965 ; revue de OWEN, 1967). La valeur énergétique de l'ensilage de maïs estimée à partir de la formule de BREIREM est d'ailleurs comparable à celle calculée par un certain nombre d'auteurs à partir d'essais réalisés soit sur vaches laitières (revue de JOURNET, *et al.*, 1970) soit sur bouvillons à l'engrais (revue de MALTERRE *et al.*, 1970).

Mais ce qui frappe le plus à l'analyse de nos résultats et de ceux, très nombreux, obtenus par les chercheurs américains, c'est que la digestibilité soit voisine de 70 p. 100 quel que soit le stade de récolte et quelle que soit la variété étudiée. Il n'est pas étonnant que les différences variétales de digestibilité que nous avons observées soient faibles puisque toutes les variétés que nous avons étudiées sont utilisées pour la production de grain et sont souvent issues de géniteurs communs. Des différences plus importantes de digestibilité dues à la variété n'ont été observées que par les auteurs qui ont comparé une variété normale soit à une variété naine (BYERS *et al.*, 1965) soit à une variété mâle-stérile (BRATZLER *et al.*, 1965 ; ANDRIEU et DEMARQUILLY, résultats non publiés). Il existe cependant des différences de digestibilité entre les variétés ; elles sont faibles pour les variétés actuelles mais pourraient être amplifiées par une sélection dans ce sens.

Il nous aurait fallu, de même, des différences de peuplements beaucoup plus importantes que celles que nous avons étudiées pour noter, comme l'ont fait ALEXANDER *et al.* (1963) et GOERING *et al.* (1969) une légère diminution de la digestibilité (de 1,2 à 2,9 points) avec l'augmentation du peuplement.

Les causes probables de cette faible variabilité de la digestibilité des ensilages de maïs seront discutées dans la deuxième partie.

3° Bien que plus variable que la digestibilité, l'ingestibilité des ensilages de maïs a cependant peu varié par comparaison à celle des ensilages d'herbe. Les variations que nous avons observées sont dues en partie à des différences de teneur en azote puisque le fait de rajouter de l'urée réduit considérablement les variations d'ingestibilité d'un ensilage à l'autre. Quand l'azote n'est plus facteur limitant, il existe cependant encore des différences d'ingestibilité, liées notamment à la variété. Elles

sont difficilement explicables à partir des mesures que nous avons effectuées. Nous n'avons pas pu en particulier les relier aux caractéristiques fermentaires des ensilages mais cela n'a rien d'étonnant car celles-ci ont été bonnes et peu variables.

Nous n'avons pas observé d'influence positive de la teneur en matière sèche des ensilages et donc du stade de récolte sur leur ingestibilité, influence qui est généralement acceptée à la suite des travaux américains, notamment de HUBER *et al* (1965) sur vaches laitières. En France, JOURNET *et al* (1970) admettent, à la suite de leurs travaux sur vaches laitières, que les quantités de matière sèche ingérées augmentent de 1 kg quand la teneur en matière sèche des ensilages s'accroît de 4 à 5 points et cela, entre 20 et 35-40 p. 100 de matière sèche. Cette influence n'a pas été toujours observée (GOERING *et al.*, 1969). De plus, lorsqu'elle a été observée dans le cas des moutons (JOHNSON et Mc CLURE, 1968), elle a été plus lâche que dans le cas des vaches laitières : c'est ainsi que, si elle est significative quand JOHNSON et Mc CLURE font varier la teneur en matière sèche de 20 à 50 p. 100, elle ne l'est plus si on ne considère que les ensilages qu'ils ont récoltés entre 23 et 34 p. 100 de matière sèche, c'est-à-dire dans des conditions comparables aux nôtres.

Cette différence entre les résultats obtenus sur moutons et ceux obtenus sur bovins est peut-être due au fait que, dans les expériences sur bovins, donc en grands silos, la qualité de conservation était vraisemblablement meilleure quand la teneur en matière sèche augmentait, ce qui n'a pas été le cas dans nos petits silos expérimentaux. Par ailleurs, le mouton ne réagit peut-être pas de la même manière que la vache laitière mais il n'existe, à notre connaissance, aucun travail portant sur ce sujet. Enfin et surtout, il est possible que, nos ensilages ayant été distribués sans complémentation, l'influence positive éventuelle du stade de récolte sur l'ingestibilité des ensilages ait été masquée par une teneur en azote devenant de plus en plus insuffisante pour assurer une digestion correcte au fur et à mesure que la teneur en amidon augmentait.

4° La digestibilité et l'ingestibilité des ensilages de maïs distribués seuls peuvent être augmentées par l'addition d'urée. L'azote constitue donc un facteur limitant de la digestion des ensilages de maïs par les micro-organismes du rumen. Si on veut étudier les différences éventuelles de digestibilité et d'ingestibilité entre ensilages de maïs (autres que celles dues à l'azote), liées soit à la variété soit aux conditions de milieu, il est donc nécessaire d'apporter une quantité d'azote supplémentaire (urée ou tourteaux) aux animaux servant aux mesures. Nous ne l'avons pas fait systématiquement et nos résultats sont donc sur ce point critiquables.

5° La digestibilité et l'ingestibilité n'évoluent pratiquement pas avec le stade de récolte ; le stade optimum de récolte sera donc déterminé essentiellement en fonction de la quantité de matière sèche produite par hectare. Cette dernière augmentant jusqu'à ce que la plante atteigne 33-35 p. 100 de matière sèche, c'est à partir de ce stade qu'il faudra essayer de récolter la plante et cela d'autant plus que, dans les conditions de la pratique (grands silos), les conditions de conservation seront alors les meilleures.

SUMMARY

FEEDING VALUE OF MAIZE FORAGE

II. — EFFECT OF GROWTH STAGE, VARIETY, CROP DENSITY,
ARTIFICIAL EAR ENRICHMENT, UREA ADDITION ON DIGESTIBILITY
AND VOLUNTARY INTAKE OF MAIZE SILAGE

The composition, voluntary intake and digestibility of 66 maize silages were studied in the sheep from 1968 to 1970. These silages were composed either of whole plants (53 silages) or of ears only (5) or of stems + Leaves (3), and the last 5 were more or less enriched artificially with ears.

1. The maize plant is well fitted for conservation in the form of silage as there is no reduction of digestibility between standing and ensiled maize and only a slight decrease in the voluntary intake (about 5 p. 100).

2. Between the milk and glaze stages of the grain, we only noted very slight influences of the stage of growth at harvest on the quality of conservation (which was good) and on the digestibility coefficient of the organic matter in whole plant silages (69.8 p. 100 on an average). The voluntary intake (52.1 g dry matter/kg $P^{0.75}$, on an average) did not increase or tended to decrease when harvest was delayed. As there was almost no variation in the feeding value according to the stage of growth at the time of harvest, the optimum stage was determined mainly according to the dry matter production per hectare. The latter was generally at the maximum when the dry matter of the plant reached 33-35 p. 100 (glaze stage of the grain).

3. The differences of digestibility observed between varieties in a given trial, or for the same variety according to the locality and year of the study were small (lower than 5 points). These differences were greater in the case of the voluntary intake (maximum difference of 21 g dry matter/kg $P^{0.75}$, i. e. 40 p. 100). Variations in digestibility and voluntary intake between varieties, localities and years could not be correlated to variations in the grain production.

4. Neither the quality of conservation nor the digestibility of the silages were changed by increasing crop density, whereas the voluntary intake and feeding value tended to decrease (about 7 p. 100). The effect of crop density on the amount of FU produced per hectare varied according to the locality and variety.

5. The digestibility of the stems + leaves ensiled when the grains were almost mature was comparable to that of hay of good quality (62 p. 100, i. e. 0.55 FU/kg DM), whereas their voluntary intake was low (25 g DM/kg $P^{0.75}$). At a given growth stage at harvest, the enrichment of the silages with ears resulted in a slow but regular increase of their digestibility : 62, 72 and 80 p. 100 respectively for silages of stems + leaves, whole plants and ears only. The voluntary intake which highly increased when the number of ears per ensiled plant passed from 0 to 1, almost did not vary afterwards.

6. The incorporation, at the time of ensiling, of a solid urea-mineral mixture practically did not change the quality of conservation of the silages at least when comparing the results with the 12 lots of normal maize.

The losses of dry matter during conservation were comparable with those observed in the control silages, but they were more variable. The addition of urea nitrogen significantly increased the digestibility and voluntary intake (5 and 20 p. 100 respectively) as compared to those of the control silages. These increases resulting from the addition of urea were all the greater, the lower the initial protein content of the maize.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALEXANDER R. A., HENTGES J. F., ROBERTSON W. K., 1963. Composition and digestibility of corn silage as affected by fertilizer rate and population. *J. Anim. Sci.*, **22**, 5-8.
- ANDRIEU J., 1969. Évolution entre la floraison et la maturité de la composition morphologique, chimique et de la production de matière sèche par hectare. *Compte rendu des journées I. T. E. B. sur le maïs fourrage*, p. 21-36.

- ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., 1971. Composition chimique, digestibilité et ingestibilité de la plante de maïs sur pied. *X^e Congrès Internat. Zootech., Versailles*.
- BARKER S. B., SUMMERSON W. H., 1941. The calorimetric determination of lactic acid in biological material. *J. Biol. Chem.*, **137**, 535.
- BRAHMAKSHATRIYA R. D., DONKER J. D., 1971. Five methods for determination of silage dry matter. *J. Dairy Sci.*, **54**, 1470-1474.
- BRATZLER J. W., KING T. B., THOMAS W. I., 1965. Nutritive value of high-sugar corn silage. *J. Anim. Sci.*, **24**, 1218 (Abstr.).
- BREIREM K., 1954. Die Nettoenergie als grundlage der bewertung der futtermittel, in : Nehring K., 100 jahre Möckern. *Die bewertung der futterstoffe und andere probleme der Tiernahrung. Dtsch. Akad. Landwirt. Berlin*, t. II, 97-108.
- BYERS J. H., KENDALL K. A., ORMISTON E. E., 1965. Feeding value of dwarf corn silage compared with corn and hybrid sorghum silages. *J. Dairy Sci.*, **48**, 203-205.
- CONWAY E. J., 1957. *Microdiffusion analysis and volumetric error*. London : Crosby, Lockwood, London.
- COPPOCK C. E., STONE J. B., 1968. Corn silage in the ration of dairy cattle : a review. *Cornell miscellaneous*, bulletin 89.
- DEMARQUILLY C., 1969. Valeur alimentaire du maïs fourrage. I. Composition chimique et digestibilité du maïs sur pied. *Ann. Zootech.*, **18**, 17-32.
- 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.
- DEWAR W. A., Mc DONALD P., 1961. Determination of dry matter in silage by distillation with toluene. *J. Sci. Food Agric.*, **12**, 790-795.
- GOERING H. K., HEMKEN R. W., CLARK N. A., VANDERSALL J. H., 1969. Intake and digestibility of corn silages of different maturities, varieties and plant populations. *J. Anim. Sci.*, **29**, 512-518.
- HARRIS C. E., 1965. The digestibility of fodder maize and maize silage. *Expl. Agric.*, **1**, 121-123.
- HUBER T. J., GRAF G. C., ENGEL R. W., 1965. Effect of maturity on nutritive value of corn silage for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, **48**, 1123-1128.
- JOHNSON R. R., Mc CLURE K. E., 1968. Corn plant maturity. IV. Effects on digestibility of corn silage in sheep. *J. Anim. Sci.*, **27**, 535-540.
- JOURNET M., HODEN A., VERITÉ R., 1970. Utilisation de l'ensilage de maïs par les vaches laitières. *Bull. techn. Inform.*, **250**, 383-400.
- MALTERRE C., LELONG C., HAUREZ Ph., 1970. Utilisation de l'ensilage de maïs pour la production de jeunes bovins. Compte rendu des journées de Theix sur la production de viande par les jeunes bovins. *Étude S. E. I.*, n° 46 p. 253-278.
- NOLLER C. H., BURNS J. C., HILL D. L., RHYKERD C. L., RUMSEY T. S., 1965. Chemical composition of green and preserved forages and the nutritional implications. *Proc. 9th Intern. Grassland Congress. Sao Paulo*, 611-614.
- OWEN F. G., 1967. Factors affecting nutritive value of corn and sorghum silage. *J. Dairy Sci.*, **50**, 404-416.
- RIGAUD J., JOURNET M., 1970. Méthode de dosage des acides gras volatils dans le liquide du rumen. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **10**, 151-157.
- SOMOGYI M., 1952. Notes on sugar determination. *J. Biol. chem.*, **195**, 19-23.
- THIVEND P., MERCIER C., GUILBOT A., 1965. Dosage de l'amidon dans les milieux complexes. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **5**, 513-526.