

**INFLUENCE DU TRAITEMENT
(ENSILAGE, DÉSHYDRATATION, VENTILATION)
SUR LA VALEUR ALIMENTAIRE
DE L'ÉPI ENTIER DE MAÏS IMMATURE ET MÛR
ET SUR L'UTILISATION MÉTABOLIQUE
DE L'URÉE AJOUTÉE CHEZ LE JEUNE TAURILLON**

S. Z. ZELTER, Geneviève CHARLET-LERY, G. VIROBEN et L. GUÉGUEN*
avec la collaboration technique de F. LE DESCHAULT-DE-MONREDON,
Françoise KOZŁOWSKI, Michèle FISZLEWICZ et Monique ALLEZ

Laboratoire de Recherches sur la conservation et l'efficacité des Aliments,

* *Station de Recherches de Nutrition,
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,
78350 Jouy en Josas*

RÉSUMÉ

On étudie, par la technique des blocs, sur de jeunes taurillons normands, âgés au départ de 6 à 10 mois, les effets de l'ensilage, de la déshydratation (100-110°C × 60 mn) et de la ventilation (air pulsé ambiant puis réchauffé de + 4°C) d'épis entiers de maïs récoltés à un stade immature avancé (traitements 1 et 2) puis mûr (traitements 3 et 4), supplémentés par des minéraux et de l'urée.

Les mesures effectuées sont :

- a) la digestibilité de l'énergie et l'utilisation métabolique de l'azote et de certains éléments minéraux (Ca, P et Mg) en alimentation rationnée égalisée.
- b) la consommation de matière sèche et le gain de poids, en alimentation *ad libitum*.

La digestibilité de l'énergie et l'utilisation métabolique de l'azote ne sont aucunement influencées par la nature du traitement technologique appliqué à l'épi de maïs. La qualité exceptionnellement bonne de l'ensilage de l'épi à un stade immature relativement avancé favorise l'efficacité métabolique de l'urée ajoutée aussi bien que la déshydratation ou la ventilation. Le degré de maturité et la déshydratation abaissent légèrement la rétention de calcium et de magnésium. Les niveaux d'ingestion de matière sèche et de croissance sont les plus hauts avec le produit ventilé et les plus bas avec l'ensilage.

INTRODUCTION

Dans deux précédentes publications (ZELTER, CHARLET-LERY et TISSERAND, 1971 ; ZELTER et CHARLET-LERY, 1972), nous avons :

a) montré qu'en comparaison avec l'ensilage, le traitement hydrothermique d'une céréale immature (orge, maïs) augmentait très significativement l'efficacité métabolique de l'urée ajoutée chez le jeune taurillon ;

b) admis que l'action bénéfique de ce traitement était due essentiellement au fort accroissement qu'il induit dans l'intensité de la dégradation amylolytique de l'amidon de la céréale, tandis que l'action négative de l'ensilage provenait du fait que son amidon facilement attaquable a été dégradé durant la conservation en acides organiques. Cette dégradation priverait la micropopulation ruminale d'une source particulièrement adéquate d'énergie qui lui est indispensable pour pouvoir synthétiser ses acides aminés propres à partir de l'azote uréique ;

c) constaté que l'action bénéfique du traitement hydrothermique ne se retrouvait pas dans le cas du grain mûr (orge) préalablement réhydraté ; bien au contraire, elle devenait même négative et ce, malgré une augmentation indiscutable de la fraction amyliacée facilement dégradable, sans doute en raison de l'effet dénaturant dominant exercé par la chaleur sur les protéines de la céréale, plus spécialement sur la lysine. Nous nous sommes donc demandé s'il en était de même pour le maïs.

Pour répondre à cette question, nous avons entrepris une nouvelle expérience avec la récolte 1971 d'épis entiers de maïs immature et mûr pour noter les effets de l'ensilage, de la déshydratation artificielle et de la ventilation par air pulsé sur la valeur alimentaire de cet aliment, l'efficacité azotée de l'urée ajoutée, le niveau de consommation de matière sèche et le gain de poids chez de jeunes taurillons. De plus, nous avons observé l'influence de ces régimes sur l'utilisation digestive et la rétention de Ca, P et Mg.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

1. — Récolte et traitement de l'épi de maïs

L'épi entier de maïs (spathes incluses), variété *INRA 258*, cueilli à la main sur une même parcelle est récolté, par suite de contraintes climatiques, au stade immature avancé (le 11-9-71) avec une teneur en humidité de 50 p. 100 puis, 12 jours plus tard (le 23-9-71) au stade mûr avec une humidité de 45 p. 100.

Les traitements appliqués à cette récolte sont : ensilage et traitement hydrothermique pour l'épi immature, traitement hydrothermique et ventilation par air pulsé pour l'épi mûr.

Le maïs immature, haché à l'ensileuse à couteaux est divisé en deux lots. L'un d'eux est rebroyé dans un broyeur à marteaux et à couteaux pour disséquer tous les grains et ensilé aussitôt sous vide partiel (40 mm) dans des silos étanches en feuille de butyl de 4 m³ de capacité (environ 2 tonnes de matière sèche par silo) ; de l'urée (17 g/kg MS maïs) est ajoutée à la masse au moment de la mise en silo. Le deuxième lot de maïs immature haché est aussitôt déshydraté dans un séchoir à tablier Scolari (température de l'air au milieu du séchoir 100-110°C, température de la masse 95-100°C). Le temps de passage sur le tablier est de 60-75 minutes pour le grain et la rafle ; il est de 45-50 minutes pour les spathes.

Le maïs mûr est, lui aussi, divisé en deux lots : l'un, haché à l'ensileuse à couteaux, est déshydraté exactement dans les mêmes conditions que l'immature. L'autre (environ 16 tonnes d'épis entiers) est placé sur une aire de ventilation à fourrage, sur une hauteur de 80 cm. La répartition de l'air pulsé par un ventilateur hélicoïdal se fait par une gaine centrale à claire-voie. Un radiateur à ailettes, placé à l'entrée de l'aire de séchage, permet, si besoin est, le réchauffement de l'air pulsé. Après 42 jours de ventilation dont les 21 derniers à air réchauffé de + 4°C, la teneur en matière sèche de la masse passe de 56 à 82,6 p. 100, le cœur de la rafle cédant très difficilement son humidité. Un broyage suivi d'une ventilation à air réchauffé durant 3 jours supplémentaires, ramène cette humidité à 15 p. 100 assurant ainsi la stabilisation de la masse.

2. — Dispositif expérimental

a) Animaux.

L'expérience est effectuée sur 20 taurillons normands âgés initialement de 6 à 10 mois et d'un poids initial de 160 à 260 kg.

Les animaux sont d'abord déparasités et vaccinés contre la fièvre aphteuse, la pasteurellose et la bronchite vermineuse et accoutumés à un régime d'orge renfermant 3 p. 100 d'urée et de foin à volonté. Ils sont, ensuite, répartis en 4 groupes comparables de 5 sujets dont l'un, le plus jeune, est gardé en réserve pendant la première phase de l'expérience (mesures de digestibilité et de bilans azoté et minéral), puis intégré dans son groupe pour la seconde phase expérimentale (mesures du niveau d'ingestion de matière sèche et de croissance).

La méthode des blocs est appliquée.

Seize animaux (4 × 4) sont placés en stalles à métabolisme pour la période de digestibilité et de bilans. La durée de cette période est de 15 jours, subdivisée en trois sous-périodes hebdomadaires successives de 5 jours. Cette période est précédée d'un mois d'accoutumance aux régimes expérimentaux.

Les animaux sont ensuite remis au sol en loges individuelles sur litière de paille et les sujets en réserve sont intégrés dans leur groupe respectif. Ils sont, après 16 jours d'accoutumance, soumis durant 92 jours à des mesures de consommation de nourriture (alimentation *ad libitum*) et de croissance. Ils sont pesés 3 jours consécutifs, à l'entrée et à la sortie des périodes de bilans, et 1 fois chaque quinzaine durant la seconde phase expérimentale.

b) Régimes alimentaires et modes de rationnement.

Chacun des trois lots de maïs après déshydratation ou ventilation est broyé sur une grille de 10 mm, additionné de paille de blé (7,5 p. 100) passée sur une grille, de 5 mm d'urée (18 g/kg de MS maïs) et d'un mélange minéral vitaminisé (2,5 p. 100) (1), puis homogénéisé et pressé en bouchons de 7 mm de diamètre. Cette supplémentation de l'épi de maïs permet de composer des régimes équilibrés renfermant 12 p. 100 de cellulose Weende et théoriquement 100-105 g MAD/UF. Ces régimes sont donnés aux animaux tels quels accompagnés de 5 p. 100 de paille grossièrement hachée, distribuée au moment des repas pour éviter des troubles de rumination.

Afin de rendre les teneurs de l'ensilage en cellulose et azote similaires à celles des régimes déshydratés, on le complète, au moment du repas, par un aliment aggloméré (15 p. 100 de la MS totale de la ration) comportant 80 p. 100 de paille de blé, 16,3 p. 100 du même mélange minéral vitaminisé et 3,7 p. 100 d'urée.

En expérience de digestibilité et de bilan métabolique, les animaux sont rationnés à raison de 82 g de MS/kg P^{0,75}, ce qui, tout en évitant des refus de nourriture toujours gênants, assure théoriquement les besoins d'entretien (2 à 2,3 UF/jour) et de croissance (2 à 2,6 UF/kg de gain).

En expérience de niveau de consommation et de croissance, les animaux sont alimentés *ad libitum* et peuvent consommer librement de la paille de litière. Chaque groupe conserve son régime de l'expérience de bilans.

Les 4 régimes expérimentaux sont indiqués ci-après :

- Maïs immature ensilé + Urée (MIEU)
- Maïs immature déshydraté + Urée (MIDU)
- Maïs mûr déshydraté + Urée (MMDU)
- Maïs mûr ventilé + Urée (MMVU)

Ils sont assignés au hasard à chaque groupe.

(1) Complément minéral en p. 100 : Ca₂H₂(PO₄)₂ : 23,5 ; CaCO₃ : 51,8 ; NaCl : 18 ; S : 5 ; ZnSO₄ · 7 H₂O : 12 ; MnSO₄ · 7 H₂O : 0,4 ; CuSO₄ · 5 H₂O : 0,1 ; CoSO₄ · 7 H₂O : 0,01.

c) *Collecte, conservation et analyse des ingesta et excreta.*

Les techniques utilisées sont décrites en détail dans nos deux articles précédents (ZELTER *et al.*, 1971 et ZELTER et CHARLET-LERY, 1972).

Les dosages de Ca, P et Mg sont effectués comme suit : les échantillons d'aliments, de fèces et d'urine sont minéralisés au four à 530°C durant 8 heures. Les cendres sont reprises sur un bain de sable par HCl pur, puis par HNO₃ à 10 p. 100. Après filtration et dilution convenables, le phosphore est dosé à l'aide de la méthode colorimétrique au phospho-vanado-molybdate d'ammonium (réaction de Misson), le calcium par photométrie de flamme (appareil Eppendorf) et le magnésium par spectrométrie d'absorption atomique (appareil Hilger et Watts).

RÉSULTATS

Les résultats sont interprétés au moyen du test de Duncan.

La conservation par ensilage abaisse fortement la teneur du maïs immature en amidon total, alors que le traitement hydrothermique ou de ventilation l'augmentent. Le phénomène est même fortement amplifié pour l'amidon facilement dégradable par l' α -amylase comme l'illustrent les données du tableau 1 ; il s'ensuit un rapport amidon facilement attaquant/urée nettement moins élevé et moins favorable dans le produit ensilé que dans les produits déshydratés.

TABLEAU 1

Caractéristiques de l'état de l'amidon

	Amidon total (g p. 100 MS)	Amidon facilement attaquant à l' α -amylase (g/kg MS)	Rapport amidon facilement attaquant/ urée incorporée dans la ration
Maïs immature			
avant traitement	48,4	119,0	—
après ensilage	30,9	56,0	2,9
après déshydratation	49,4	178,0	9,9
Maïs mûr			
avant traitement	49,3	104,0	—
après ventilation	58,9	130,0	7,2
après déshydratation	55,0	151,0	8,4

La richesse en acides aminés et en lysine disponible est indiquée dans le tableau 2 d'où il ne ressort aucun effet particulier des traitements expérimentés.

La qualité de l'ensilage d'épis de maïs immature est exceptionnellement bonne comme le montrent les valeurs du tableau 3 : la teneur en N ammoniacal atteint à peine 4 p. 100 de l'azote total et celle en azote soluble ne dépasse pas 50 p. 100 ; or, dans nos deux essais antérieurs (ZELTER *et al.*, 1971) les valeurs correspondantes oscillaient entre 10,7 et 13,2 p. 100 pour l'azote ammoniacal et entre 62,8 et 79 p. 100

TABLEAU 2

a) Influence des traitements étudiés sur la composition en acides aminés du maïs
(en g pour 16 g N)

	Maïs mûr à la récolte	Maïs mûr ventilé	Maïs mûr déshydraté	Maïs immature à la récolte	Maïs (1) immature ensilé + urée	Maïs immature déshydraté
Acide aspartique ...	6,9	6,7	6,9	6,5	4,3	6,7
Thréonine	4,2	4,0	4,1	4,1	2,5	4,4
Sérine	4,8	4,7	4,9	4,7	2,7	4,9
Acide glutamique ..	18,4	19,4	19,6	17,9	10,6	20,4
Proline	8,9	8,7	9,3	8,6	5,4	7,3
Glycine	3,9	3,7	3,8	4,0	2,5	3,5
Alanine	7,7	7,7	8,0	7,7	4,6	7,8
Valine	4,8	4,7	4,7	4,7	3,0	4,7
Isoleucine	3,5	3,6	3,8	3,7	2,3	3,7
Leucine	13,1	13,7	14,2	13,0	7,6	14,2
Tyrosine	4,0	4,3	4,3	4,1	2,1	4,3
Phénylalanine	4,9	5,1	5,1	4,9	2,9	5,2
Lysine	3,1	2,9	2,7	2,8	2,8 (2)	2,6
Histidine	2,4	2,7	2,6	2,3	1,6	2,6
Arginine	4,6	4,7	4,7	5,8	2,0	4,5

(1) L'adjonction d'urée (41,5 p. 100 de N total) ayant eu lieu au moment de la mise en silo, les teneurs en acides aminés rapportées à l'azote total apparaissent obligatoirement plus faibles que celles des autres matières premières.

(2) Lysine + Ornithine.

b) Influence du mode de séchage sur la disponibilité de la lysine
(en g/100 g MS)

	Maïs mûr à la récolte	Maïs mûr ventilé	Maïs mûr déshydraté	Maïs immature à la récolte	Maïs immature déshydraté
Lysine totale	0,257	0,273	0,233	0,225	0,228
Lysine indisponible	0,020	0,012	0,022	0,024	0,018
Lysine disponible	0,237	0,261	0,211	0,201	0,210
Taux de disponibilité (p. 100)	92	96	90	90	92

pour l'azote soluble total. De même, la richesse en amidon résiduel facilement attaquable est, dans cette expérience, de loin plus forte (56 g/kg MS) que celle des maïs immatures des deux précédents essais où l'on a noté de très faibles valeurs : 9,5 et 16 g/kg MS.

TABLEAU 3

Qualité de l'ensilage de maïs immature

pH	3,93
N-NH ₃ p. 100 N total	3,8
Acide lactique ⁽¹⁾	14,9
Acide acétique ⁽¹⁾	3,76
Acide propionique ⁽¹⁾	traces
Acide butyrique ⁽¹⁾	traces
N soluble p. 100 N total	50,6

⁽¹⁾ Pour 1 000 g brut.

Le tableau 4 donne la composition des rations effectivement consommées. Cette composition concerne les régimes totaux dont 85 p. 100 de matière sèche sont apportés par l'épi de maïs. On peut constater qu'elles sont pratiquement identiques dans tous les régimes à l'exception de celui à base de maïs immature ensilé, dont la teneur en azote uréique est sensiblement plus élevée (41,5 p. 100 N total) que celle des trois autres régimes expérimentaux (33,8 à 35,1 p. 100).

TABLEAU 4

Composition des rations effectivement consommées en p. 100 de MS

	Matières organiques	Matières azotées	N urée p. 100 N total	N soluble p. 100 N total	Cellulose Wende
MIEU ⁽¹⁾	96,4	13,6	41,5	45,5	12,0
MIDU	94,7	13,4	34,7	45,0	10,9
MMVU	95,8	13,8	33,8	49,6	10,5
MMDU	95,8	13,2	35,1	45,2	11,3

⁽¹⁾ M : maïs ; I : immature ; M : mûr ; E : ensilé ; D : déshydraté ; V : ventilé ; U : urée.

Digestibilité et bilan d'azote

Le rationnement égalisé adopté a supprimé les refus de nourriture et a maintenu les niveaux de consommation de matières sèches entre 82 et 83 g/kg P^{0,75} dans les 4 groupes.

Bien que non significativement différents d'un régime à l'autre, les coefficients d'utilisation digestive (CUD) de la matière organique sont, cependant, légèrement plus élevés d'environ 3 points pour le maïs immature ensilé. Cette différence est due essentiellement à la plus grande digestibilité de la cellulose brute de l'ensilage liée vraisemblablement à la grosseur de ses particules comparativement à la finesse de celles des produits déshydratés condensés (tabl. 5).

TABLEAU 5

Coefficients de digestibilité et valeur nutritive des régimes

	g MSI /kg P ^{0,75}	Matières sèches	Matières organiques	Matières azotées	Cellulose Weende	MOD (g/kg MS)	MAD (g/kg MS)
MIEU (1)	83,0	71,5	73,3	68,1	53,6 ^c	706	92
MIDU	82,0	68,7	71,2	65,5	49,9 ^b	674	88
MMVU	82,0	67,9	69,8	67,8	41,9 ^a	668	93
MMDU	82,5	67,6	69,8	66,5	44,2 ^{ab}	669	88

(1) M : maïs ; I : immature ; E : ensilé ; D : déshydraté ; V : ventilé ; U : urée.

Signification au test de Duncan des CUD cellulose : a-b : 5 p. 100 ; a et ab-c : 1 p. 100.

La richesse en énergie digestible (MOD g/kg MS) n'est pas influencée par le stade de maturité, alors qu'elle l'est légèrement par le traitement : l'ensilage immature renferme environ 5 p. 100 de plus d'énergie digestible que les formes déshydratées immatures et mûres.

Il est intéressant de noter la constance remarquable de cette richesse d'une année à l'autre, les valeurs 1971 recouvrant exactement celles enregistrées pour les récoltes 1967 et 1968 (ZELTER *et al.*, 1971).

Les valeurs UF du kg de matière sèche (1) calculées théoriquement à partir de ces données, ressortent à 0,92 pour le régime à maïs immature ensilé et à 0,84-0,85 pour les 3 autres régimes déshydratés ou ventilés et condensés.

Bien que la différence la plus élevée notée pour le bilan azoté (gN bilan/kg P^{0,75}) atteigne 14 p. 100 (MIEU-MIDU), aucun des traitements n'exerce d'influence significative sur le bilan, la rétention (CR) et l'utilisation pratique (CUP) de l'azote. Contrairement à nos résultats antérieurs, l'utilisation métabolique de l'urée ajoutée à l'ensilage est, dans cet essai, équivalente à celle de l'urée qui supplémente les formes déshydratée ou ventilée comme le prouvent les données des tableaux 6 et 7.

Digestibilité et Rétention de Ca, P et Mg

Les résultats sont résumés dans le tableau 8. Le coefficient d'utilisation digestive apparent (CUDA) ne tient pas compte de l'excrétion fécale endogène ; le coefficient

$$(1) \text{ UF} = \frac{(\text{MOD} + 1,25 \text{ MGD}) 3,6 - \text{MS}}{1883}$$

TABLEAU 6

Bilan de l'azote

	Poids moyen (kg)	MOD /kg P ^{0,75}	NDa /kg P ^{0,75}	g NDa p. 100 MOD	N bilan /kg P ^{0,75}
MIEU ⁽¹⁾	261	58,4	1,22	2,09	0,51
MIDU	258	55,0	1,15	2,09	0,44
MMVU	270	55,0	1,23	2,23	0,49
MMDU	275	55,2	1,16	2,11	0,46

⁽¹⁾ M : maïs ; I : immature ; M : mûr ; D : déshydraté ; V : ventilé ; U : urée.
Aucune différence significative d'après le test de Duncan.

TABLEAU 7

*Effet de la technique de conservation sur l'efficacité azotée
des épis de maïs supplémentés en urée (\pm Sm)*

Régimes	Récolte	Immature		Mûr	
		ensilé	déshydraté	déshydraté	ventilé
CR	1967	22,7 \pm 5,3	39,5 \pm 5,7	—	—
	1968	26,2 \pm 1,6	35,2 \pm 1,0	—	—
	1971	41,5 \pm 0,9	38,0 \pm 3,3	39,7 \pm 1,3	39,8 \pm 4,0
CUP	1967	15,2 \pm 3,7	26,4 \pm 3,5	—	—
	1968	19,5 \pm 1,3	25,6 \pm 0,7	6 —	—
	1971	28,2 \pm 0,3	24,9 \pm 2,3	2,4 \pm 0,8	27,0 \pm 2,7
Soluble p. 100 N total	1967	62,8	45,2	—	—
	1968	79,0	54,3	—	—
	1971	45,5	45,0	45,2	49,6
Amidon ⁽¹⁾ facilement attaquable g/kg MS de maïs	1967	9,5	128	—	—
	1968	16	48	—	—
	1971	56	178	151	130

⁽¹⁾ Attaque par l' α -amylase.

TABLEAU 8
Bilans du calcium, du phosphore et du magnésium (\pm Sm)

	Calcium				Phosphore				Magnésium			
	I (g/l)	CUDA (%)	CR (%)	R (g/l)	I (g/l)	CUDA (%)	CR (%)	R (g/l)	I (g/l)	CUDA (%)	CR (%)	R (g/l)
Mais immature ensilé + urée (A)	29,2 \pm 0,5	21,0 \pm 4,3 (d)	16,0 \pm 3,5 (d)	4,7 \pm 0,9 (d)	16,8 \pm 0,3	43,0 \pm 4,9	25,1 \pm 2,3 (d)	4,2 \pm 0,4 (d)	7,5 \pm 0,2	52,3 \pm 1,4 (BCD)	25,9 \pm 1,5 (BCD)	1,9 \pm 0,2 (BCD)
Mais immature déshydraté + urée (B)	41,8 \pm 1,4	24,5 \pm 0,9 (cd)	21,1 \pm 1,7 (cd)	8,8 \pm 1,6 (cd)	18,3 \pm 0,7	49,9 \pm 3,2	22,4 \pm 3,4 (d)	4,1 \pm 0,6 (d)	6,5 \pm 0,2	41,2 \pm 2,9 (ACD)	14,2 \pm 1,6 (ACD)	0,9 \pm 0,3 (ACD)
Mais mûr ventilé + urée (C)	36,3 \pm 1,2	14,3 \pm 3,9 (b)	11,0 \pm 4,2 (b)	4,0 \pm 1,2 (b)	17,5 \pm 0,6	36,8 \pm 4,4	17,7 \pm 3,8	3,1 \pm 0,5	5,8 \pm 0,2	33,5 \pm 0,9 (ABD)	— 1,5 \pm 1,1 (ABD)	— 0,1 \pm 0,1 (ABD)
Mais mûr déshydraté + urée (D)	34,2 \pm 1,7	8,2 \pm 2,3 (ab)	4,7 \pm 2,3 (ab)	1,6 \pm 0,9 (ab)	15,8 \pm 0,8	39,2 \pm 5,1	11,7 \pm 3,2 (ab)	1,8 \pm 0,4 (ab)	5,7 \pm 0,3	25,8 \pm 1,7 (ABC)	— 8,3 \pm 2,3 (ABC)	— 0,5 \pm 0,1 (ABC)

A, B, C ou D indiquent un écart significatif à $P < 0,01$ par rapport au résultat correspondant du lot désigné par la même lettre.
a, b, c ou d indiquent un écart significatif à $P < 0,05$ par rapport au résultat correspondant du lot désigné par la même lettre.

de rétention (CR) est le pourcentage de l'ingéré (I) qui est retenu (R) après déduction des pertes totales fécale et urinaire.

L'interprétation statistique (test de Duncan) fait apparaître une influence très significative ($P < 0,01$) de tous les traitements sur l'utilisation digestive et le bilan du magnésium : le maïs immature fournit le magnésium le plus utilisable et conduit à un bilan positif, tandis que le maïs mûr ventilé et surtout le maïs mûr déshydraté provoquent un bilan négatif du magnésium, qui semble résulter d'une faible utilisation digestive.

Les écarts observés pour le calcium sont moins significatifs ($P < 0,05$) mais le maïs mûr, notamment le maïs mûr déshydraté, conduit encore à une faible utilisation et à un bilan négatif du calcium.

Pour ce qui concerne le phosphore, les différences obtenues ne sont pas significatives au niveau de l'utilisation digestive et seuls les animaux ayant reçu le maïs mûr déshydraté ont une rétention plus faible.

Niveau de consommation et croissance

Faute de réserves suffisantes d'aliments expérimentaux, il a fallu limiter la durée de cette période à 92 jours, moment où les poids moyens des animaux oscillaient entre 411 et 451 kg.

TABLEAU 9

Niveau de consommation et croissance

Sm	Poids initial (kg)	Gain moyen (g/l \pm Sm)	MSI (g/l)	MSI/100 kg de poids vif (g)	MSI /kg P ^{0,75} (g)	MSI /kg gain
MIEU (1)	291	1 309 (973 — 1 516) \pm 103	6 907	1 961	84,9 ^a	5,4
MIDU	297	1 489 (1 364 — 1 571) \pm 36	7 726	2 116	92,5 ^a	5,2
MMVU	294	1 715 (1 391 — 1 984) \pm 87	8 664	2 326	102,1 ^c	5,1
MMDU	301	1 554 (1 364 — 1 853) \pm 111	8 124	2 191	96,0 ^b	5,3

(1) M : maïs ; I : immature ; M : mûr ; E : ensilé ; D : déshydraté ; V : ventilé ; U : urée.
Signification des différences des niveaux d'ingestion au test de Duncan.

a-b et b-c : 5 p. 100

a-c : 1 p. 100

Les quantités de matière sèche ingérées par jour et par 100 kg de poids vif ou par unité de poids métabolique (kg $P^{0,75}$) indiquées dans le tableau 9 n'incluent pas la paille de litière consommée librement et non mesurée. De tous les régimes expérimentaux, celui à base d'ensilage est le moins bien consommé et celui à base de maïs ventilé l'est le mieux. La différence des niveaux d'ingestion entre ces deux régimes est de + 15,5 p. 100 en faveur du second, et est hautement significative ($P < 0,01$). De même, l'ensilage est significativement inférieur ($P < 0,05$) au maïs mûr déshydraté (— 12 p. 100) ; d'autre part, l'appétabilité du régime à maïs immature déshydraté est significativement plus faible ($P < 0,05$) que celle du régime à maïs mûr ventilé (— 10,5 p. 100).

Cependant, bien que les gains de poids journaliers assurés par chacun de ces régimes ne soient pas significativement différents, force est de constater que le groupe « ensilage » réalise la performance la plus faible (1 309 g/jour) soit 22,3 p. 100 de moins que le groupe « ventilé » qui accuse le gain le plus fort (1 715 g/jour). Les deux autres régimes réalisent des gains intermédiaires : 1 489 g/jour avec le maïs immature déshydraté et 1 554 g/jour avec le maïs déshydraté.

DISCUSSION

La constance de la composition et de la richesse en énergie digestible (MOD) du maïs immature d'une année à l'autre et l'absence de différence à cet égard entre l'épi récolté à ce stade et celui récolté au stade mûr laissent supposer que le degré de maturité est sans influence sur l'énergie digestible.

L'efficacité azotée des ensilages d'épis immatures 1967 et 1968 supplémentés en urée est significativement moins bonne que celle des épis déshydratés. Dans la présente expérience, on ne note, par contre, aucune différence entre ces deux formes de présentation de l'épi immature et pas davantage entre l'épi ensilé immature et l'épi mûr déshydraté ou ventilé : les valeurs CR et CUP de l'azote sont absolument identiques à celles notées avec le maïs immature déshydraté des deux précédentes récoltes.

Apparemment donc, les données de cette expérience infirment les conclusions tirées des deux précédentes. Cependant, une analyse approfondie de l'ensemble des résultats lève cette contradiction.

En effet, il est connu que, parmi les divers facteurs qui régissent la protéosynthèse microbienne dans le rumen à partir d'azote indifférencié, deux sont primordiaux : la disponibilité de l'énergie et la richesse en N soluble dans ce milieu. Dans nos premières expériences, la teneur en amidon facilement dégradable par les amylases bactériennes était beaucoup plus faible et celle en N soluble beaucoup plus élevée dans les ensilages que dans les formes déshydratées (tabl. 10). Cela peut donc parfaitement expliquer la moindre efficacité azotée des premiers de ces régimes. Par contre, dans la présente expérience, la teneur en N soluble de l'ensilage est beaucoup plus basse et identique à celle des formes déshydratées immatures ou mûres. D'autre part, la concentration en amidon facilement dégradable est beaucoup plus forte que dans les précédents ensilages (48 contre 16 g/kg MS), elle est même légèrement supérieure

à celle observée dans la forme déshydratée de la récolte 1968 (56 contre 48 g/kg MS). La conjonction de ces deux facteurs aurait, par conséquent, stimulé l'utilisation métabolique de l'azote uréique ajouté à l'ensilage ; les CR des 4 régimes ne diffèrent guère entre eux dans la présente expérience : $38,0 \pm 3,3$ à $41,5 \pm 0,9$. Ces valeurs sont extrêmement proches de celles observées dans les 2 précédentes expériences avec les régimes immatures déshydratés supplémentés en soja ou urée (37,4 et 37,3) et avec le régime ensilé supplémenté en soja (37,7), alors que ce même ensilage supplémenté par de l'urée accuse un CR très significativement plus faible (24,5) (tabl. 7).

TABLEAU 10

Composition des maïs récoltés au cours des diverses années

Année de récolte	Amidon facilement attaquant par l' α -amylase (g/kg MS maïs)			N soluble p. 100 N total		
	1967	1968	1971	1967	1968	1971
Immature ensilé	10	16	56	63	79	45
Immature déshydraté ...	128	48	178	45	54	45
Mûr déshydraté	—	—	151	—	—	45
Mûr ventilé	—	—	130	—	—	50

Nos résultats confirment nettement que si l'épi immature de maïs est ensilé à un stade de maturité suffisamment avancé, l'azote uréique qui le supplémente peut atteindre des valeurs d'efficacité azotée élevées proches de celles du tourteau de soja ; dans ce cas, le traitement hydrothermique ne présente aucun avantage. Par contre, si l'ensilage est effectué avec un épi récolté dans un état trop immature, sa pauvreté en amidon facilement dégradé et sa richesse propre excessive en N soluble sont des facteurs défavorables à la conversion de l'azote uréique ajouté en protéines microbiennes. JOURNET (1973) conclut dans le même sens avec des vaches laitières.

Le degré de maturité exerce aussi une action marquée sur les bilans minéraux : ceux des régimes à maïs immature, quelle que soit sa forme de présentation, sont significativement meilleurs que ceux des régimes à maïs mûr déshydraté ou ventilé. Par contre, le traitement du maïs immature (ensilage ou déshydratation) n'a pas d'effet significatif.

La différence observée entre les lots immature ensilé et immature déshydraté (rétentions calciques journalières de 4,7 g et de 8,8 g) provient surtout de la grande variabilité observée durant la première sous-période, ce qui conduit à sous-évaluer la rétention moyenne dans le lot ensilé et à la surévaluer dans le lot déshydraté. En considérant seulement les 2^e et 3^e sous-périodes de l'expérience, on aboutit, respectivement pour ces deux lots, à des rétentions journalières de 5,9 et de 6,5 g de calcium, ce qui semble plus logique compte tenu des rétentions correspondantes de phosphore (environ 4 g par jour).

Dans l'interprétation des résultats, il convient de distinguer d'une part, le phosphore et le magnésium, apportés par le maïs, d'autre part, le calcium, principalement

apporté sous la forme de carbonate de calcium par le composé minéral, après le traitement de séchage ou de conservation.

La possibilité d'une influence néfaste de la déshydratation sur l'activité phytasique du grain n'est pas une explication suffisante aux variations observées. En effet, il est connu que le phosphore phytique est bien utilisé chez les ruminants et, en fait, l'absorption intestinale du phosphore semble normale dans tous les lots. Compte tenu des pertes endogènes fécales, qu'il est difficile d'estimer avec un tel régime, le CUD réel du phosphore dépasse certainement 60 p. 100 dans tous les lots. La rétention, beaucoup plus faible, observée dans le lot à maïs mûr déshydraté résulterait simplement de l'insuffisance en calcium qui ne permet pas une bonne rétention osseuse du phosphore absorbé.

Il est intéressant de noter que l'excrétion urinaire de phosphore, en général très faible chez les ruminants, devient importante lorsque le régime est riche en céréales. Ainsi, le rapport P fécal/P urinaire varie selon le traitement entre 2 et 3 tandis que l'élimination du calcium demeure négligeable ($\text{Ca fécal/Ca urinaire} = 20 \text{ à } 25$). Il est maintenant bien connu que l'augmentation de l'excrétion urinaire du phosphore se produit aux dépens de l'excrétion endogène fécale.

Indépendamment de tout traitement, le magnésium du maïs mûr est certainement moins bien absorbé que celui du maïs immature. Cela conduit à un bilan négatif de magnésium, notamment dans le cas du maïs mûr déshydraté. Bien que la teneur du régime en cet élément soit théoriquement suffisante pour couvrir les besoins des animaux, il semble nécessaire, dans le cas présent, de fournir un supplément de magnésium.

L'influence du degré de maturité et du traitement technologique de l'épi de maïs sur l'utilisation du calcium, bien que moins significative que pour le magnésium semble cependant très nette. Connaissant le poids moyen des animaux (260 kg) et sachant que la perte endogène fécale de calcium est constante et proche de 18 mg par jour et par kg de poids vif, il est possible de calculer le CUD réel approximatif de cet élément. Les valeurs obtenues sont normales pour le maïs immature, soit 35 à 40 p. 100, mais relativement faibles pour le maïs mûr, soit 25 à 30 p. 100.

Il est difficile de comprendre comment le degré de maturité du maïs peut influer sur l'absorption intestinale du calcium ajouté sous forme de carbonate. Bien que des modifications de la composition organique de l'aliment, notamment des teneurs en protéines, en certains acides aminés et en pentoses puissent modifier considérablement l'utilisation digestive du calcium et du magnésium, il est prématuré de formuler de telles hypothèses avant d'avoir confirmé les faits observés.

L'ensilage est, indiscutablement, moins bien accepté que les produits déshydratés et, plus particulièrement, que le ventilé qui est le mieux et le plus rapidement consommé. Les CR et les CUP de l'azote étant pratiquement similaires pour tous les régimes, il est certain que la meilleure performance de croissance avec les régimes déshydratés est imputable au meilleur niveau d'ingestion de leurs matières sèches. Cela est surtout hautement significatif pour le groupe recevant le maïs ventilé dont le gain journalier de poids dépasse 1 715 g alors que celui consommant l'ensilage n'accuse qu'un gain de 1 309 g. Il semble donc incontestable que la présentation sous forme déshydratée et condensée accroît le niveau d'ingestion et, par conséquent, la rapidité de croissance.

Il est peu probable que les performances de croissance élevées durant la période

« d'appétabilité-croissance » en alimentation *ad libitum* soient la manifestation d'un phénomène de croissance compensatrice qui suit, généralement, une période de restriction alimentaire car, avant l'exécution des mesures, les animaux ont d'abord subi une période d'adaptation de 16 jours en alimentation *ad libitum* durant laquelle on a effectivement enregistré des réactions compensatrices. D'autre part, la durée de notre période expérimentale (92 jours) est suffisamment longue pour éliminer cet effet primaire. D'ailleurs, si l'on tient compte de la durée totale des essais (180 jours), les gains journaliers moyens sont de 1 134 g avec l'ensilage, 1 368 g avec le mûr ventilé, 1 308 g avec l'immature déshydraté et 1 349 g avec le mûr déshydraté.

Il importe de souligner que les fortes performances réalisées en 92 jours par tous les groupes l'ont été sans aucun apport de tourteaux mais uniquement avec de l'épi de maïs, de l'urée, de la paille et un complément minéral vitaminisé, ce qui sur le plan économique n'est pas sans intérêt vu la pénurie croissante en protéines. Toutefois, il serait intéressant de reprendre ce type d'essais sur une période de croissance-engraissement plus longue.

Reçu pour publication en novembre 1973.

SUMMARY

EFFECT OF THE TREATMENT (ENSILING, DEHYDRATION, VENTILATION) ON THE FEEDING VALUE OF IMMATURE AND RIPE WHOLE MAIZE COBS AND ON THE METABOLIC UTILIZATION OF UREA IN YOUNG BULLS

The method of blocks is used in this experiment on young Norman bulls (initial age : 6-10 months). We study the effects of ensiling, dehydration (100-110°C × 60 mm) and ventilation (circulation of surrounding air followed by + 4°C heating) of whole maize cobs harvested at late immaturity (treatments 1 and 2) and ripe (treatments 3 and 4) supplemented by minerals and urea.

The following measurements are made :

- a) energy digestibility and metabolic utilization of protein and of some mineral components (Ca, P, Mg) during restricted feeding,
- b) dry matter intake and weight gain during *ad libitum* feeding.

The digestibility of the energy and metabolic utilization of the protein are not at all affected by the type of technological treatment applied to the maize cob. The exceptionally high silage quality of the maize cobs prepared at late immaturity influence the metabolic efficiency of the urea added as the dehydration and ventilation do. The full ripeness and dehydration slightly decrease the retention of calcium and magnesium. The highest dry matter intake and growth rate are obtained with the ventilated product and the lowest values are recorded with the silage.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- JOURNET N., 1973. Utilisation par les vaches laitières de l'urée ajoutée à une ration d'ensilage de maïs récolté à un stade de maturité peu avancé. *Ann. Zootech.*, **22**, 115-119.
- ZELTER S. Z., CHARLET-LERY G., 1972. Influence du traitement hydrothermique d'une orge immature ou mûre réhydratée, sur sa valeur alimentaire et celle de l'urée ajoutée chez le jeune taurillon. *Ann. Zootech.*, **21**, 332-345.
- ZELTER S. Z., CHARLET-LERY G., TISSERAND J. L., 1971. Influence, chez le taurillon en croissance, du traitement de conservation (ensilage ou déshydratation) de la céréale immature (orge, maïs) sur sa valeur nutritive et sur l'efficacité métabolique de l'urée ajoutée. *Ann. Zootech.*, **20**, 135-152.