

CONSERVATION PAR ENSILAGE OU DÉSHYDRATATION D'UNE ORGE ET D'UN MAÏS IMMATURES

Ph. GOUET⁽¹⁾, Y. RIOU⁽¹⁾ et Nathalie BOUSSET-FATIANOFF

avec la collaboration technique de Nadine RIOU-MOUHOUS,
Christiane BÈS et Marie-France DORBE

Laboratoire de Recherches sur la Conservation et l'Efficacité des Aliments,
Centre national de Recherches zootechniques, I.N.R.A.,
78 - Jouy-en-Josas

RÉSUMÉ

On a comparé durant deux années consécutives les rendements d'une orge (*Rika*) et d'un maïs (*I. N. R. A. 260*) récoltés au stade vitreux une à quatre semaines avant maturité, à ceux obtenus au stade habituel de récolte ; l'orge est récoltée avec 20 à 30 cm de paille et l'épi de maïs avec ses spathes. Ces céréales sont conservées, soit par ensilage avec (U⁺) ou sans urée (U⁻) dans des silos étanches en butyl, soit par déshydratation à basse température (130°C) ; on analyse dans les premières les produits de la fermentation bactérienne et on établit pour toutes les bilans de la conservation.

Pour les deux céréales, les rendements en matière sèche (MS) de grain obtenus à ce stade vitreux, sont inférieurs, selon les essais de 8,8 p. 100 à 30 p. 100 à ceux obtenus au stade mature. La matière sèche du grain immature représente de 72,1 p. 100 à 79 p. 100 de la matière sèche totale récoltée. Le rendement MS totale récoltée varie de - 8 p. 100 à + 24,8 p. 100. On conclut que la verse, fréquente chez l'orge, et l'absence de machines adaptées rendent difficile une coupe haute régulière et provoquent des pertes importantes.

Les proportions des différents composants morphologiques (paille, grain, barbillons, rachis, rafle, pédoncule) sont présentées ainsi que leur composition chimique (matière organique, cellulose Weende, azote).

Dans les ensilages, les concentrations en métabolites fermentaires (acide lactique, acides gras volatils, alcool, N-NH₃) sont faibles et caractéristiques des ensilages à teneur élevée en matière sèche.

L'ensilage d'orge est toutefois plus sensible à la fermentation butyrique que le maïs et les nombres de spores de *Clostridium* fermentant le lactate ou protéolytiques y atteignent souvent 10⁶ à 5 · 10⁷ par gramme. L'addition d'urée se traduit par une augmentation du taux d'ammoniaque et un accroissement significatif de l'intensité fermentaire. Ceci a pour conséquence de doubler les pertes de matière organique dans les ensilages d'orge (10 p. 100).

Dans l'ensilage d'épis de maïs, ces pertes restent les mêmes dans U⁻ et U⁺ (2 p. 100 à 3 p. 100).

La déshydratation à basse température, aisée pour l'orge, l'est moins pour le maïs en raison des différences importantes dans les taux de matière sèche et les vitesses de dessiccation de ses constituants morphologiques. Cette technique permet d'obtenir un produit stable avec des pertes minimes, mais son coût est élevé.

⁽¹⁾ Adresse actuelle : Laboratoire de Microbiologie, Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, 63 - Saint-Genès-Champagnelle.

INTRODUCTION

L'utilisation zootechnique des céréales récoltées avant maturité complète du grain et avec une partie de la plante (paille, spathes, rafle) puis conservées par ensilage ou déshydratation peut être appelée à se développer si les problèmes techniques et économiques posés par ce nouveau procédé sont résolus. C'est ainsi que la faible teneur en matières azotées de ces plantes implique une complémentation qui peut être faite avec de l'urée, mais l'addition de celle-ci risque de modifier l'intensité (OWENS, MEISKE, GOODRICH, 1969) et l'orientation des fermentations ainsi que les pertes qui leur sont liées. D'autre part, le comportement de l'orge ensilée avec sa tige est pour le moment assez peu connu (EDWARDS, DONALDSON, MC GREGOR, 1968) surtout quand le taux de matière sèche atteint 50 p. 100. La déshydratation et l'ensilage d'épis de maïs n'ont pas fait non plus l'objet de recherches technologiques détaillées. Cette étude se propose donc principalement de déterminer les aptitudes à la déshydratation et à l'ensilage (avec ou sans urée) d'une orge récoltée en coupe haute et d'épis de maïs broyés avec leurs spathes puis accessoirement de mesurer les rendements agronomiques de ces céréales. L'étude de l'utilisation zootechnique des aliments ainsi conservés est rapportée dans un autre mémoire (ZELTER, CHARLET-LÉRY TISSERAND, 1971).

MATÉRIEL ET MÉTHODE

1. — Récolte

Au cours de deux années consécutives (1967-1968) une orge (variété *Rika*) et un maïs (*I. N. R. A. 260*) sont récoltés une à quatre semaines avant maturité. A chaque récolte, on mesure les rendements aux stades immature et mature ainsi que les proportions des différents composants morphologiques de ces plantes (grain, paille, rachis, spathes, rafles) et leur composition chimique (matières minérales, organique, cellulose Weende, azote total).

La fumure, les doses et dates de semis sont présentées dans le tableau 1.

Orge.

En 1967, 3,89 ha d'orge sont coupés les 11 et 12 juillet dix jours avant la récolte à la moissonneuse-batteuse. On utilise une récolteuse à fourrage dont la barre est rehaussée de façon à couper à 70-75 cm du sol. Les épis et la paille sont ensuite hachés à poste fixe avec une ensileuse munie de 6 couteaux.

En 1968, 3,86 ha de la même variété sont récoltés les 23 et 24 juillet avec une récolteuse-hacheuse chargeuse hachant très finement (1-2 cm). La barre de coupe qui a été rehaussée pour couper au maximum à 65 cm ne peut plus, dans ces conditions, couper au-dessous de 30 cm. L'orge restante (5,53 ha) est moissonnée huit jours après.

Maïs.

Du 25 au 28 septembre 1967, douze jours avant maturité, le maïs (2,39 ha) est récolté pour moitié à la main, ce qui permet de conserver tous les spathes et pédoncules, et pour le reste avec un corn-picker dont les rouleaux sont desserrés au maximum ; la plupart des spathes sont néanmoins éliminées. En 1968, cette céréale est récoltée (1,76 ha) entièrement à la main du 2 au 5 octobre. Le maïs restant (0,24 ha en 1967 et 0,84 ha en 1968) est récolté le 9 novembre avec un corn-picker.

TABLEAU I

Fumure, dose et date de semis

	Date et dose de semis	Fumure			
		Fumier	N (unités)	P ₂ O ₅ (unités)	K ₂ O (unités)
Orge <i>Rika</i>	6-7/3/1967 115 kg/ha		50 18/3	65 oct. 66	65 oct. 66
	6-8/3/1968 110 kg/ha		40 27/4	65 oct. 67	65 oct. 67
Maïs <i>I. N. R. A.</i> <i>260</i>	27/4/1967 27 kg/ha	40 t/ha mars 67	120 22/4	65 oct. 66	65 oct. 66
	23/4/1968 27 kg/ha	40 t/ha sept. 67	140 18/4	65 août 67	65 août 67

2. — *Ensilage*

Les traitements expérimentés pour les deux céréales, le nombre de répétitions, les quantités ensilées, les taux de matière sèche, les proportions d'urée employées sont rapportées dans le tableau 2.

TABLEAU 2

Traitements expérimentés

		Orge <i>Rika</i>		Maïs <i>I. N. R. A. 260</i>	
		1967	1968	1967	1968
<i>Ensilage</i>					
<i>Silos butyl (4 m³)</i>					
	Urée				
Nombre de silos	—	5	5	4	3
MS p 100		48,8	52,1	50,8	44,7
kg MS ensilée (moy./silo)		913	844	1 411	1 120
Nombre de silos	+	4	4	3	3
MS p. 100		49,4	53,1	50,7	45,1
kg MS ensilée (moy./silo)		913	825	1 317	1 086
Urée ajoutée en p. 100 de MS ensilée (urée à 42,5 p. 100 de N)		1,32	1,26	2,27	2,53
<i>Silo couloir (30 m³)</i>					
Nombre de silos	—	1		1	
MS p. 100		52,8		47,8	
kg MS ensilée (moy./silo)		7 540		7 400	
<i>Déshydratation</i>					
MS p. 100 à l'entrée	—	50,8	54,3	47,2	47,6
kg MS totale traitée		3 308	7 830	9 170	6 408

Orge.

L'orge est ensilée comparativement en silo couloir et butyl en 1967 et en silo butyl uniquement en 1968. Les silos en butyl sont des cylindres de 4 m³ (1,55 m de diamètre × 1,80 m de hauteur).

Le tassement y est effectué par piétinement et, après fermeture, on pratique un vide de 35 cm de Hg qui réduit le volume des silos d'environ 10 p. 100.

En 1967, les silos sont remplis par couple, sans urée (U⁻) avec urée (U⁺). En 1968 aucun appariement n'est effectué et tous les silos correspondant à un même traitement sont remplis en même temps. Pour assurer une répartition homogène et proportionnelle de l'urée les silos sont remplis à l'aide de bacs de 50 kg auxquels on ajoute une dose appropriée (1,29 p. 100 MS).

En 1967, quinze tonnes de produit frais sont ensilés dans un silo couloir dont les murs sont faits de plaques de béton juxtaposées verticalement et doublées intérieurement par un film de polyéthylène. Après tassement on charge l'ensilage avec une poche en butyl contenant 40 à 60 cm d'eau.

Maïs.

En 1967 les panouilles sont broyées deux fois dans un broyeur à marteaux de façon à ce que tous les grains soient écrasés.

En 1968, les panouilles sont hachées à poste fixe avec l'ensileuse à couteaux qui a servi pour l'orge et passent une seule fois dans un broyeur à marteaux. Le maïs est ensilé dans les deux types de silos précédemment décrits, mais le vide n'y est pas effectué. L'urée est ajoutée de la même façon que pour l'orge, mais à la dose de 2,4 p. 100 du produit sec.

Pour chaque céréale et chaque traitement l'évolution des températures est contrôlée dans un ou deux silos au moyen de deux thermistances disposées aux tiers supérieur et inférieur.

Durée de conservation.

Elles s'échelonnent de 76 à 346 jours selon la céréale et l'année (fig. 5). En 1967, les échantillons sont prélevés à la sonde sur toute l'épaisseur de l'ensilage, et les silos sont sondés par couple (U⁻, U⁺), quelques jours avant la période d'utilisation. Par contre, en 1968, cette période s'étendant pour l'ensilage de maïs sur plusieurs mois, les silos sont sondés à la même date (346^e jour) pour ne pas introduire de durées inégales de conservation comme facteur de variation supplémentaire.

3. — *Déshydratation**Orge.*

Après avoir subi le même conditionnement que la partie destinée à être ensilée, cette céréale est déshydratée dans un appareil Scolari. La température de contact est de 130°C et la durée de séchage varie de 30 à 40 minutes (tabl. 2).

Maïs.

En 1967, la totalité du produit est une première fois séchée à 135°C pendant 30 à 35 minutes car les composants morphologiques de la panouille ont des taux de matière sèche très différents les uns des autres ; de plus le hachage à l'ensileuse entraîne une grande hétérogénéité dans le volume des particules, les plus grosses (rafles) étant de surcroît les plus humides. Après ce premier séchage, les grains isolés qui constituent la grande majorité, sont alors séparés et le reste passe une seconde fois dans la déshydrateuse (130°C, 30 minutes).

En 1968, l'ensileuse utilisée assure un hachage plus efficace et fournit un produit beaucoup plus homogène par la taille de ses particules. Le séchage dure une heure à 130°C.

4. — *Analyses biochimiques et bactériologiques*

Les teneurs en matière sèche sont déterminées par séchage durant 24 heures dans une étuve ventilée réglée à 80°C. Dans le cas des ensilages, la teneur en matière sèche est corrigée (MSC) de la perte des acides gras volatils, de l'ammoniaque et d'alcool par la relation établie par FATIANOFF et GOUET (1969). Sur les échantillons secs broyés on détermine les matières minérales et la cellulose Weende.

Les microflores anaérobies sporulées sont dénombrées à partir d'échantillons frais non broyés selon la technique et avec les milieux au lactate ou à la gélatine de ROSENBERGER (1951).

Le pH est mesuré sur le jus d'une macération au dixième après 15 heures à 4°C. Les acides gras volatils (acétique, butyrique, propionique) sont dosés par chromatographie en phase gazeuse (ZELTER, LEROY, 1958), l'acide lactique par la méthode de BARNETT (1951) et l'alcool par la micro-méthode de NICLOUX (1931). On dose aussi l'azote soluble total, l'azote ammoniacal (CONWAY, 1950) et l'azote uréique (CONWAY, 1950).

Toutes ces analyses sont effectuées sur des échantillons frais congelés dans l'azote liquide pour permettre un broyage suffisamment fin au Turmix. Cette opération est rendue nécessaire par l'hétérogénéité du produit (paille, grain, spathes, rafles) et la faible prise utilisée pour les analyses.

RÉSULTATS

I. — Bilan agronomique

Quantité de matière sèche récoltée à l'hectare.

Orge.

En 1967, on ne constate pas de verse, la hauteur des tiges sur pied est homogène (95-100 cm) mais la longueur des pailles récoltées varie de 1 à 42 cm avec une moyenne de 19,3 cm. Le rendement en grain immature (à 0 p. 100 d'humidité) (38,5 q/ha) représente 91,2 p. 100 du grain récolté dix jours après à la moissonneuse-batteuse (42,3 q/ha) et la matière sèche totale au stade immature 116,5 p. 100 (49,2 q/ha) (fig. 2).

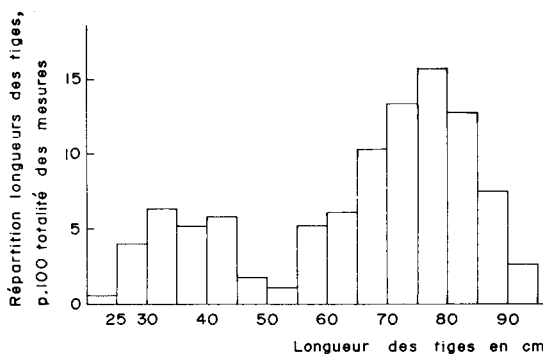


FIG. 1. — Répartition de la longueur des tiges de l'orge récoltée en 1968 (en p. 100 du nombre total de mesures)

En 1968, le développement irrégulier des talles entraîne une grande variation dans la hauteur des tiges qui est en moyenne de 66 cm ; 23 p. 100 de celles-ci mesurent moins de 45 cm et échappent en partie à la coupe (fig. 1). Cette raison, et aussi une verse partielle mais néanmoins importante (35 p. 100) rendent difficile la coupe haute et régulière, et obligent à pratiquer une coupe moyenne. La longueur moyenne des pailles est pour cette récolte de 31 cm, les extrêmes allant de 5 à 60 cm. Comparativement au grain mûr récolté huit jours plus tard (43,6 q MS/ha) les rendements ne sont que de 70 p. 100 pour le grain immature (30,6 q MS/ha) et 97 p. 100 pour l'ensemble paille et grain (42,2 q MS/ha) (fig. 2).

Les taux de matière sèche du grain immature sont de 56,8 p. 100 (1967) et 66,0 p. 100 (1968) (fig. 3).

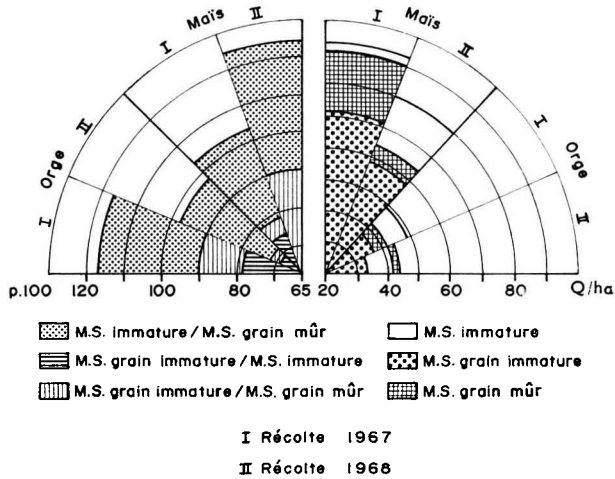


FIG. 2. — Rendements de matière sèche totale immature, grain immature et grain mûr
Rapports relatifs de ces rendements

Maïs.

Les rendements totaux (fig. 2) en matière sèche au stade immature (95,0 et 79,8 q/ha) excèdent ceux du grain mûr (91,5 et 64,0 q MS/ha) de 4 p. 100 en 1967 et 25 p. 100 en 1968. Cette différence est essentiellement due à ce que la récolte s'est faite en 1968 entièrement à la main et a permis de conserver la totalité des spathes. Quant au rendement en matière sèche du grain immature, il ne représente que 80 p. 100 à 90 p. 100 du rendement en grain mûr. Les taux de matière sèche du grain immature sont de 62,1 p. 100 (1967) et 61,3 p. 100 (1968) et ceux du grain mûr respectivement de 68 p. 100 et 69 p. 100.

Proportion des différents constituants morphologiques.

Orge.

La proportion de matière sèche de paille récoltée passe de 11,9 p. 100 de la totalité en 1967 à 18,2 p. 100 en 1968, celle du grain baisse de 78,3 p. 100 à 72,7 p. 100 et celle des barbillons et rachis varie peu (fig. 3). Il s'ensuit que la proportion de cellulose provenant du grain diffère d'une récolte à l'autre (fig. 4) ; en 1967, elle représente 39,5 p. 100 alors que la paille en apporte 38,1 p. 100. En 1968 on a respectivement 26 p. 100 et 53,9 p. 100. De même 85,3 p. 100 (1967) et 86,9 p. 100 (1968) de l'azote se trouvent dans le grain seul.

Maïs.

En 1967, selon que la récolte est faite à la main ou à la machine, la proportion de spathes passe de 8,7 p. 100 à 2,5 p. 100 et celle de barbes et pédoncules de 2,7 p. 100 à 0,9 p. 100 ; ceci accroît corrélativement la proportion de grain (70,9 p. 100 et 81,4 p. 100 (fig. 3). A technique de récolte identique (main) et d'une année sur l'autre il apparaît très peu de différence dans la répartition des constituants morphologiques : pour des taux de MS identiques (62,1 p. 100 et 61,3 p. 100) le grain représente 70,9 p. 100 et 73,2 p. 100 de la MS récoltée et la rafle 16 p. 100 et 18 p. 100 (fig. 3).

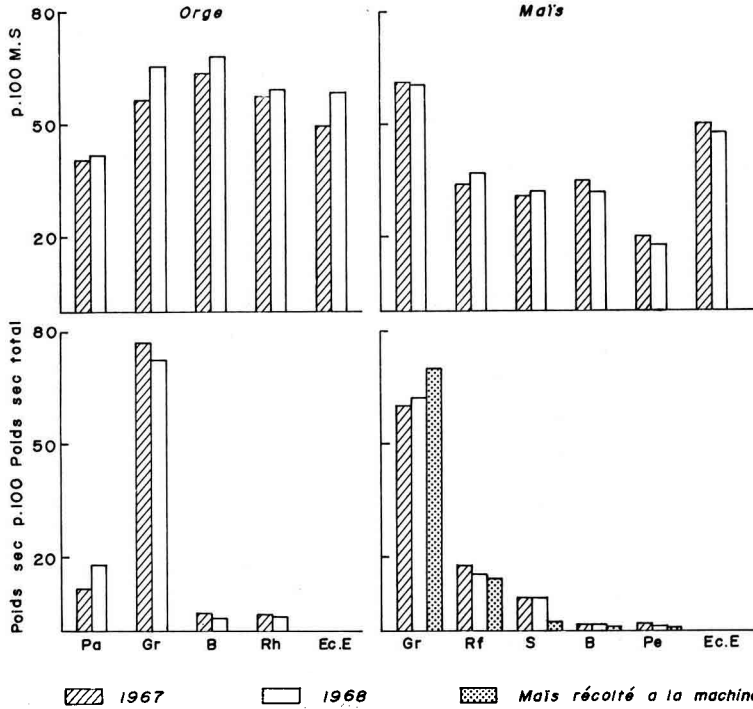


FIG. 3. — Pourcentage de matière sèche des différents composants morphologiques et répartition de ces constituants (poids sec p. 100 du poids sec total)
 Pa = Paille ; Gr = Grain ; B = Barbillons ou Soies ; Rh = Rachis ; Rf = Rafles ; S = Spathes ; Pe = Pédoncules ; Ec E = Échantillon entier.

TABLEAU 3

Composition chimique des constituants morphologiques des céréales récoltées (p. 100 MS)

	Orge Rika					Maïs (immature) I. N. R. A. 260							Maïs (mûr) I. N. R. A. 260				
	Épis	Paille	Grain	Barbillons	Rachis	Échantillon entier *	Spathes	Rafles	Grains	Soies	Pédoncules	Échantillon entier ramassé main *	Échantillon entier ramassé machine *	Spathes	Rafles	Grain	Échantillon entier ramassé main *
Matières (1) minérales (2)	4,4	8,1 8,4	2,9 2,7	21,1 19,2	10,4 9,4	5,1 4,8	2,7 2,7	1,2 1,2	1,4 1,6	5,2	4,6 3,7	1,6 1,7	1,5	2,4	1,3	1,4	1,4
Cellulose (1) Weende (2)	7,8	35,5 37,3	5,6 4,5	23,8 23,7	29,7 31,6	11,1 11,2	35,2 32,8	29,7 29,9	2,2 2,4	16,8	9,4 15,0	9,8 10,5	7,6	35,6	30,3	2,1	7,2
N (1) (2)	1,39	0,78 0,71	1,46 1,84	0,98 0,88	0,74 0,77	1,34 1,57	0,93 0,38	0,40 0,38	1,56 1,67	3,28	0,59 0,80	1,38 1,28	1,36	0,29	0,43	1,40	1,22

* Pour ces échantillons, les résultats sont calculés à partir des analyses de chaque constituant.
 (1) 1967.
 (2) 1968.

Les teneurs en cellulose brute et matières minérales de l'échantillon entier prélevé sur la fraction récoltée à la machine sont plus faibles que celles qui proviennent de la récolte manuelle (tabl. 3). Il ressort aussi de ce tableau que les différences dans les taux de cellulose et d'azote des constituants morphologiques de la panouille de maïs immature et mûr sont insignifiantes.

L'azote provient pour 85,1 p. 100 et 91 p. 100 du grain (fig. 4) mais l'origine de la cellulose est plus diversifiée : 51,9 p. 100 et 49,1 p. 100 par la rafle, 29,7 p. 100 et 29,3 p. 100 par les spathes, 15,1 p. 100 et 18,1 p. 100 par le grain.

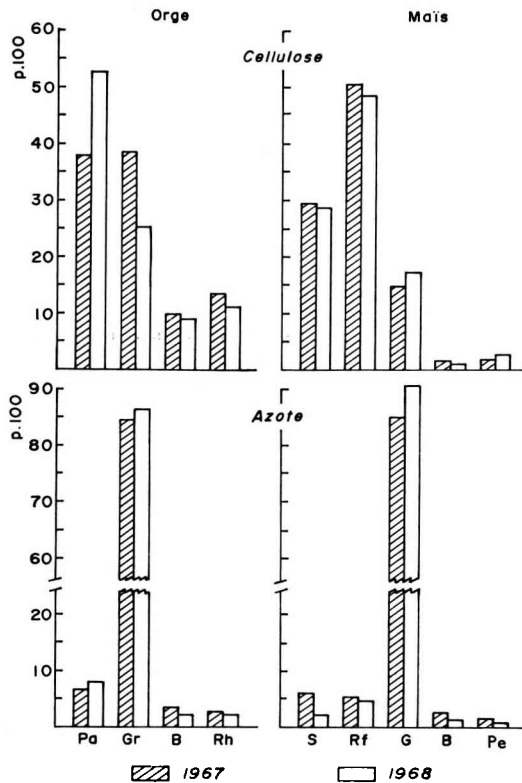


FIG. 4. — Proportions de cellulose et d'azote introduits dans l'aliment par chaque constituant morphologique de la plante

Pa = Paille ; Gr = Grain ; B = Barbillons ou Soies ; Rh = Rachis ; S = Spathes ; Rf = Rafle ; Pe = Pédoncules.

2. — Conservation par ensilage

Température.

En 1967 la température relevée au centre des silos d'orge en butyl lors de la mise en silo est de 37°C. Après un mois elle s'abaisse à 26°C et après trois mois à 19°C. Dans le silo couloir d'orge cette diminution se fait plus lentement puisque pour les mêmes durées, elle est encore de 30°C et 25°C.

En 1968, la température des ensilages d'orge qui est à l'origine de 25°C augmente

de 3 à 4°C durant les vingt premières heures. Elle se stabilise pendant 2 à 3 jours puis décroît ensuite régulièrement tout en suivant les variations de la température ambiante. Le fond des silos, mieux tassé, se trouve souvent à une température plus faible (3 à 6°C) et l'on note aussi un refroidissement plus rapide dans l'orge U⁻ que dans U⁺ : la couche inférieure est à 23°C, 16°C, 11°C, après 30, 60 et 95 jours de conservation dans U⁻ alors que la même couche se trouve à 22°C, 20°C, 16°C dans U⁺.

Dans les ensilages de maïs la température initiale (22°C) ne s'élève pas et se situe toujours au-dessous de celle observée dans les ensilages d'orge. Il faut évidemment tenir compte, dans cette comparaison, de la période de récolte du maïs (septembre) et de la proximité de l'hiver. En outre, la température n'est pas influencée par l'apport d'urée.

Concentration en métabolites fermentaires.

Orge.

Les concentrations en acides, alcool, N-NH₃, sont toujours très faibles et caractéristiques des ensilages à haute teneur en matière sèche (tabl. 4). D'une année sur l'autre, les résultats obtenus ne sont pas rigoureusement identiques, car en 1968 le

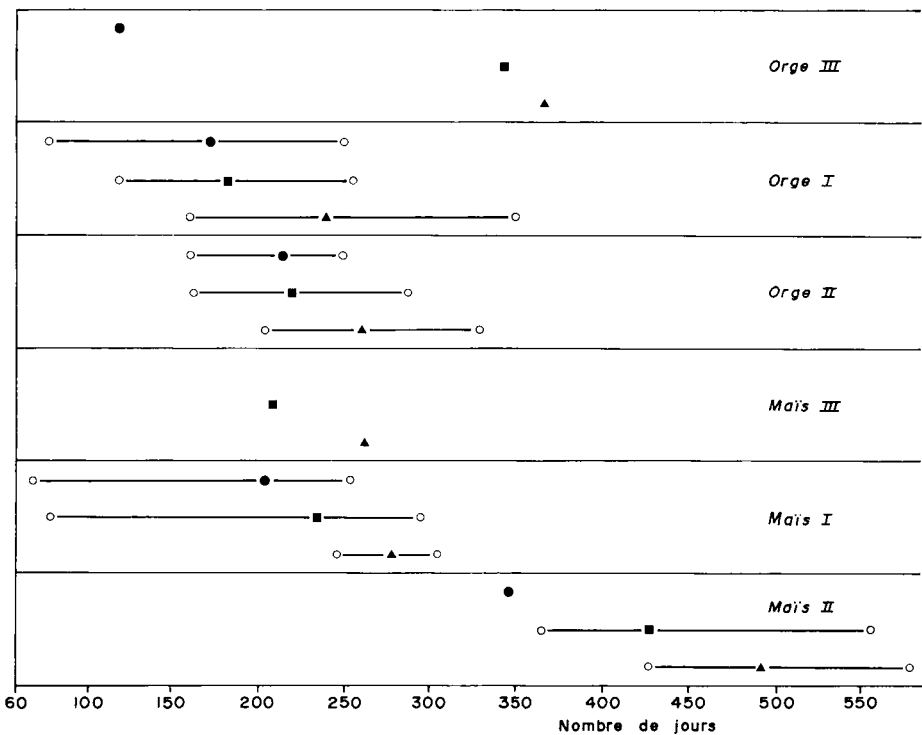


FIG. 5. — *Durée de conservation et d'utilisation des ensilages*

I = Silo couloir ; II = Récolte 1967 ; III = Récolte 1968

○ Durées extrêmes ▲ ■ ● Durées moyennes

○ — ● — ○ Intervalle mise en silo — sondage

○ — ■ — ○ Intervalle mise en silo — début désilage

○ — ▲ — ○ Intervalle mise en silo — fin de désilage

hachage est très fin, la température plus faible, la proportion de paille plus élevée et le taux de matière sèche du grain atteint 66 p. 100 contre 56,8 p. 100 en 1967. De plus, les durées de conservation jusqu'à la prise des échantillons sont inégales (fig. 5).

Pour cette seconde série d'ensilages on note seulement une légère diminution des concentrations en acides lactique, propionique, butyrique, alcool, $N-NH_3$, et corrélativement une augmentation du pH. Seul le taux d'acide acétique s'est faiblement accru. Les résultats des deux expériences sont toutefois suffisamment homogènes pour être groupés et mettre en évidence l'effet de l'urée (tabl. 4). L'addition d'urée a souvent un effet hautement significatif sur les fermentations : le pH y est en moyenne supérieur d'une unité à celui de U^- (5,98 contre 4,88 $p < 0,01$) les concentrations en acides lactique (1,24 p. 100 contre 1,85 p. 100 $p < 0,01$), acétique (0,42 p. 100 contre 0,92 p. 100 $p < 0,01$), propionique (0,04 p. 100 contre 0,08 p. 100 $p < 0,01$), butyrique (0,41 p. 100 contre 0,61 p. 100 non significatif) sont plus élevés dans U^+ mais celles d'alcool sont comparables : 1,11 p. 100 de la matière sèche corrigée dans U^+ et 1,27 p. 100 dans U^- . Dans les ensilages U^+ , l'azote uréique qui représente, à la mise en silo, 31,4 p. 100 de l'azote total s'abaisse à 4,8 p. 100 le jour du sondage. Inversement il semble bien que la majorité de l'urée soit dégradée en ammoniac car le taux d'azote ammoniacal qui est de 1 p. 100 dans la céréale au moment de la récolte atteint 24,6 p. 100 en fin de conservation soit cinq fois plus que dans U^- (24,6 contre 4,5 $p < 0,01$).

Maïs.

Alors qu'en 1967, la durée de conservation au jour du sondage s'échelonne entre 67 et 251 jours, elle est en 1968 de 346 (fig. 5). Or, si les résultats concordent globalement d'une année sur l'autre aussi bien pour les ensilages U^+ que U^- , on observe néanmoins des différences importantes en particulier dans les concentrations d'acides, qui obligent à traiter statistiquement les deux expériences séparément (tabl. 4). Dans l'ensemble l'addition d'urée a les mêmes conséquences que pour l'orge mais les différences enregistrées par rapport au témoin U^- sont ici peu importantes. C'est ainsi qu'en 1967 un seul des huit résultats est significatif (azote soluble $p < 0,01$) ; en 1968 les différences sont significatives pour le pH, les concentrations en acide lactique et alcool qui augmentent dans U^+ . Par contre, l'apport d'urée n'a pas d'effet sur la concentration en acide acétique (0,60 p. 100 contre 0,63 p. 100 en 1967 et 0,94 p. 100 contre 1,00 p. 100 en 1968), et l'acide butyrique n'est présent qu'à l'état de traces malgré la durée de la conservation.

L'azote uréique qui représente 48 p. 100 de l'azote total à la mise en silo s'abaisse à 20-28 p. 100 au moment du prélèvement de l'échantillon. L'accroissement du taux de $N-NH_3$ dans U^+ en 1967 et 1968 n'est pas significatif et de plus, n'est pas proportionnel à la diminution de la concentration en urée.

Les ensilages d'orge et de maïs obtenus en silo couloir lors de la première expérience et sans adjonction d'urée se distinguent des précédents par des taux de matière sèche plus faibles et surtout par des concentrations plus élevées en acides acétique et butyrique et en azote ammoniacal.

TABLEAU 4

Concentrations en métabolites fermentaires dans les ensilages déterminées sur l'échantillon prélevé à la sonde ($\bar{X} \pm \sqrt{n}$)

Cér.	Traitement	Nbre éch.	MSC	pH	(p. 100 de MSC)					p. 100 N total		
					Acides :			Alcool	N-NH ₃	N soluble dans l'eau	N uréique	
					lactique	acétique	propionique					butyrique
Orge 1967- 1968	U-	10	51,07 ± 0,52	4,88 ± 0,09 a	1,24 ± 0,08 a	0,42 ± 0,01 a	0,04 ± 0,01 c	0,41 ± 0,06 a	1,27 ± 0,07 a	4,7 ± 0,2	40,5 ± 1,5	
	U+	8	50,87 ± 0,58	5,08 ± 0,17 b	1,85 ± 0,15 b	0,92 ± 0,13 b	0,08 ± 0,03 d	0,61 ± 0,01 a	1,11 ± 0,14 a	26,6 ± 1,3	53,2 ± 2,4	4,8 ± 0,7
Maïs	1967 U-	4	51,78 ± 0,50	4,68 ± 0,11 a	2,04 ± 0,12 a	0,60 ± 0,05 a	0,01 ± 0,01 a	0	0,97 ± 0,30 a	3,8 ± 0,3	39,3 ± 3,9	
	U+	3	52,24 ± 0,45	5,73 ± 0,17 a	2,47 ± 0,25 a	0,63 ± 0,04 a	0,10 ± 0,10 a	0,07 ± 0,07 a	1,34 ± 0,12 a	10,5 ± 5,5	65,8 ± 2,5	20,1 ± 2,9
	1968 U-	3	47,79 ± 0,19	4,23 ± 0,07 c	2,91 ± 0,05 b	0,94 ± 0,10 a	0,03 ± 0,01 a	0,03 ± 0,03 a	0,51 ± 0,01 a	9,9 ± 0,4	74,2 ± 1,7	
	U+	3	47,49 ± 0,73	4,55 ± 0,05 d	3,27 ± 0,08 b	1,00 ± 0,06 a	0,04 ± 0,01 a	0,08 ± 0,05 a	0,71 ± 0,04 a	13,6 ± 1,8	79,1 ± 1,8	28,4 ± 0,8
Orge 1967	Silo couloir U-	2 * 1 **	44,97 ± 0,82 42,84	4,51 ± 0-03 5,42	1,92 ± 0,08 0,97	1,28 ± 0,01 0,68	0,06 ± 0,02 0,06	0,78 ± 0,01 0,41	1,18 ± 0,27 1,22	7,8 ± 0,1 10,7	—	—
	Silo couloir U-	2 * 1 **	44,53 ± 0,80 36,75	4,16 ± 0,04 4,63	2,44 ± 0,06 0,75	1,74 ± 0,13 1,37	0 0,27	0,12 ± 0,05 0,82	—	7,4 ± 0,4 10,5	—	—
Orge 1967		1									15	
Maïs 1967	Deshydratation	1									12	
Orge 1968		1									13,8	
Maïs 1968		1									17,5	

a-b Significatif p < 0,01 ; c-d significatif p < 0,05 ; a-a non significatif. * Ensilage consommable. ** Ensilage non consommable.

Dénombrement des microflores anaérobies sporulées.

Cette flore a été dénombrée à dessein car elle est responsable dans les ensilages de fourrage de la fermentation de l'acide lactique en acide butyrique et de l'ammonio-génèse.

Dans la microflore anaérobie sporulée des ensilages d'orge U- les espèces fermentant le lactate (lactate +) sont en nombre importants et dominant de 10 à 100 fois les espèces protéolytiques (Pr +) (fig. 6). L'addition d'urée augmente la microflore Pr + alors que la microflore lactate + reste comparable. Dans les ensilages de maïs les nombres de spores lactate + et Pr + sont très faibles (10 à 1 000 par gramme) et nettement inférieurs à ceux observés dans l'orge. L'urée n'entraîne pas dans ce cas les augmentations enregistrées avec l'orge.

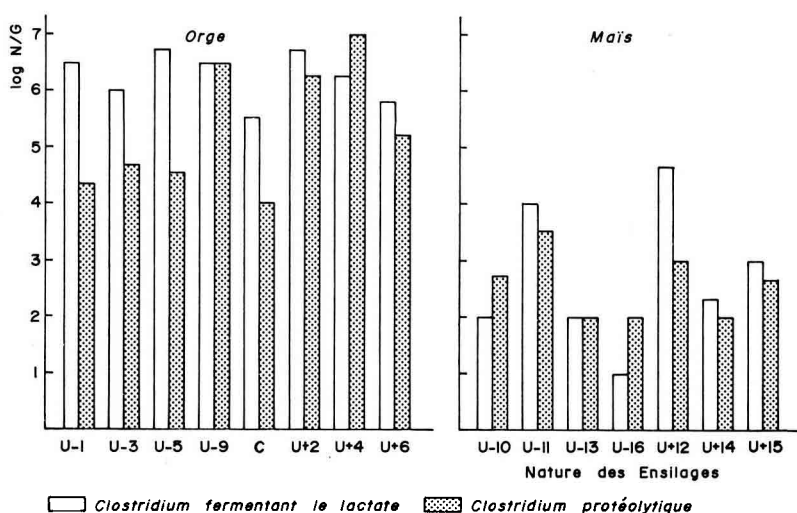


FIG. 6. — Nombre de spores de *Clostridium* dans les ensilages d'orge et de maïs (1967)
 C = Silo couloir U + = avec urée U - = sans urée

Bilan de la conservation par ensilage.

Dans les ensilages d'orge, conservés en silo de butyl les pertes augmentent de façon significative en présence d'urée. Pour la matière sèche on passe de 4,3 (U-) à 9,4 (U+) et pour la matière organique de 5,0 (U-) à 10,3 (U+) (tabl. 5).

Dans les mêmes silos, aucune différence n'apparaît pour les ensilages de maïs entre U+ et U- et les pertes de matière sèche ou de matière organique se situent en moyenne entre 2 p. 100 et 4,5 p. 100.

Bien que la qualité des ensilages obtenus en silo couloir soit très bonne, les pertes d'ensilage dues aux fermentations, quadruplent (19 p. 100 et 26 p. 100 de la matière sèche ensilée) par rapport à celles des silos étanches. Il faut y ajouter une perte de 13,9 p. 100 et 18,6 p. 100 de la matière sèche consécutive à une exploitation beaucoup trop lente qui a favorisé l'échauffement et le développement de moisissures.

TABLEAU 5
Bilans de conservation dans les ensilages déterminés sur l'échantillon prélevé à la sonde ($\bar{X} \pm S\sqrt{n}$)

Céréales	Année	Traitement	Nombre de données	Pertes de MS (% de la quantité ensilée)	Pertes de MO (% de la quantité ensilée)
Orge <i>Rika</i>	1967-1968	U ⁻ U ⁺	10	4,29 ± 1,34 c 9,40 ± 1,33 d	4,85 ± 1,41 c 10,33 ± 1,35 d
	1967	Silo-couloir U ⁻	1	32,9 (dont 13,9 *)	33,4 (dont 13,0 *)
	1967-1968	Déshydratation	2	2,1	2,8
	1967	U ⁻ U ⁺ U ⁻ U ⁺	4 3 3 3	4,1 ± 0,5 4,4 ± 4,1 2,0 ± 1,5 1,7 ± 0,3	3,9 ± 0,6 4,5 ± 4,0 2,0 ± 1,5 1,6 ± 0,3
Mais <i>I. N. R. A. 260</i>	1967-1968	Silo-couloir U ⁻ Déshydratation	1 2	44,6 (dont 18,6 *) 0	44,7 (dont 18,4 *) 0

* Ensilage non consommable (moisi, chauffé).

c-d Significatif P < 0,05.

3. — *Déshydratation*

Compte tenu d'une teneur relativement homogène de la matière sèche entre les différents constituants morphologiques et de la structure creuse de la paille, l'orge se comporte beaucoup mieux à la déshydratation que le maïs. Pour ce dernier le produit conditionné à l'ensileuse se présente de façon très hétérogène, aussi bien par la taille des morceaux (grains seuls, grains attachés à la rafle, spathes de diverses longueurs) que par les taux de matière sèche des constituants (20 p. 100 pour les pédoncules et 60 p. 100 pour les grains). Ces écarts importants ont donc nécessité en 1967 un second séchage de la fraction la plus humide. Néanmoins les pertes de matière sèche restent très faibles et l'on atteint tout au plus 2,1 p. 100.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les observations faites sur le champ au cours des deux récoltes d'orge et les résultats des mesures effectuées montrent que la coupe haute est très délicate à réaliser dans la pratique. En effet, les tiges qui peuvent être de longueurs très différentes et la verse, fréquente chez l'orge, rendent illusoire la régularité de cette coupe. Ces rendements pourraient être nettement améliorés en coupant entre 10 et 85 cm du sol, mais aucune machine n'offre actuellement cette possibilité car l'amplitude maximum de variation de la hauteur de coupe pour une ensileuse hacheuse chargée tractée est d'une trentaine de centimètres. On peut toutefois modifier par des artifices la hauteur de la coupe mais non son amplitude ; aussi pour couper au plus haut à 85 cm il ne sera plus possible de descendre au-dessous de 55 cm et de récolter l'orge versée. Ceci fut en partie le cas de la récolte 1968 (35-65 cm) et permet d'expliquer le faible rendement. Il semble donc bien que la combinaison d'une coupe moyenne (40 cm) avec une coupe basse (10 cm) dans les secteurs où la céréale a versé permette le gain le plus important d'UF par rapport à la récolte en grain (DEMARQUILLY, PAQUET, ANDRIEU, 1969). Cette solution présente en outre l'avantage de fournir un aliment dont le taux de cellulose peut être adapté suivant le type d'animaux à nourrir.

Compte tenu des faibles dimensions des surfaces témoins et de l'hétérogénéité des parcelles, les rendements de maïs obtenus doivent être considérés avec réserve. Néanmoins, il faut noter qu'au cours des deux expériences les rendements en grain sont nettement plus faibles au stade immature.

Dans les ensilages, les concentrations en métabolites fermentaires sont faibles et caractéristiques des ensilages à teneur en matière sèche élevée. Si la qualité des ensilages est généralement bonne, le maïs se comporte toutefois mieux que l'orge qui semble plus sensible à la fermentation butyrique (EDWARDS, DONALSON, de Mc GREGOR, 1968 ; Mc GREGOR, EDWARDS, 1968) et qui tirerait peut-être profit l'adjonction d'un conservateur tel que l'acide formique ou propionique.

Il faut cependant tenir compte dans la comparaison orge-maïs du fait que ce dernier, conditionné au broyeur à marteaux, se trouve réduit en très fines particules, alors que l'orge est hachée à l'ensileuse. Ainsi pour cette dernière, la paille est tron-

çonnée mais non éclatée, et les grains ne sont pas fragmentés. Le tassement est aussi rendu plus difficile comme en témoignent les densités (250 kg de MS au m³ pour l'orge et 350 kg pour le maïs) et l'élévation de température dans les silos d'orge.

L'enrichissement de la céréale en azote uréique active les fermentations sans faire apparaître toutefois des concentrations d'acide butyrique ou d'azote ammoniacal importantes. Dans le cas de l'orge U⁺ la quasi-totalité de l'azote uréique est retrouvée en fin de conservation sous forme ammoniacale alors que pour le maïs U⁻ cette compensation qui n'apparaît pas, est difficilement explicable.

Sur le plan technologique la conséquence la plus importante de l'incorporation d'urée dans l'orge réside dans l'augmentation des pertes de matière organique qui doublent et dont il est logique de penser qu'elles proviennent essentiellement de l'amidon qui est le glucide le plus facilement fermentescible de ce type d'ensilage. Dans cette hypothèse les pertes en matière sèche du grain calculée à partir des proportions trouvées dans l'ensilage seraient de 15 p. 100. Cet accroissement des pertes en présence d'urée a d'ailleurs déjà été remarqué (OWENS, MEISKE, GOODRICH, 1969) pour les ensilages de maïs et il est évident qu'il doit être relié à l'activité fermentaire plus intense. Dans ces conditions et compte tenu de la haute valeur énergétique de l'amidon, il serait intéressant d'étudier l'action de formes d'urée moins faciles à hydrolyser.

En conclusion, la conservation, même prolongée, en silo étanche de la panouille de maïs immature broyée en présence d'urée ne présente pas de difficulté alors que celle d'une orge avec sa paille devrait être réexaminée soit en lui ajoutant un conservateur, soit en la récoltant plus précocement. Inversement, la déshydratation à basse température, si elle est aisée pour l'orge, l'est moins pour le maïs en raison des différences importantes dans les vitesses de dessiccation et les taux de matière sèche de ses constituants morphologiques. Cette technique permet d'obtenir un produit stable avec des pertes minimales mais son coût est élevé.

Reçu pour publication en février 1971

SUMMARY

CONSERVATION BY ENSILAGE OR DEHYDRATION OF A VARIETY OF BARLEY AND OF MAIZE

During 2 consecutive years, the yields were compared of a variety of barley (*Rika*) and of maize (*INRA 260*), harvested at the « watery kernels » stage, one to four weeks before maturity, and at the « ripe for cutting » stage. The barley was harvested with 20 to 30 cm of straw and the maize cobs with their shuck spathes. These cereals were conserved either by ensilage with urea (U⁺) or without urea (U⁻), in impervious silos made of butyl, or by dehydration at low temperatures (130°C). The products of bacterial fermentation were analyzed in the ensiled material, and the efficiency of the conservation method was measured in all cases.

The amount of dry matter (DM) in the case of both cereals was 8.8 to 30 p. 100 lower, depending on the experiment, at the « watery kernels » than at the mature stage. The dry matter of the immature grain was between 72.1 p. 100 and 79 p. 100 of the total dry matter harvested. The yield of the total dry matter harvested varied from — 8 p. 100 to 24.8 p. 100. It is concluded that important losses result from the fact that a regular cut of an adequate height is difficult to obtain because of lodging, that occurs frequently with barley, and because it is difficult to adapt existing machines to this purpose.

The proportions of the various morphological components (straw, grain, barbs, rachis, cob, peduncle) are given with their chemical compositions (organic matter, cellulose Weende, nitrogen).

The concentration of the metabolites of fermentation (lactic acid, volatile fatty acids, alcohol, NH_3 , nitrogen) were low in the silages, and were characteristic of high dry matter silages.

Barley silage is, nevertheless, more subject to butyric fermentation than maize silage, and the number of spores of lactate-fermenting or proteolytic *Clostridium* often attained 10^6 to $5 \cdot 10^7$ per gram. The addition of urea resulted in an increase in the amount of ammonia and a significant increase in the intensity of fermentation. The losses in organic matter in the barley silages were doubled as a consequence of this (10 p. 100).

In the case of ensiled corn cobs, these losses were the same in U^+ and U^- silages (2 p. 100 to 3 p. 100).

Dehydration at low temperatures is easily accomplished for barley, but less so for maize, owing to the important differences in the amount of dry matter and the rate of drying of the various morphological constituents. This technique allows a stable product to be obtained with the minimum of loss, but at a high cost.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARNETT A. J. G., 1951. The colorimetric determination of lactic acid in silage. *Biochem. J.*, **49**, 527-528.
- CONWAY E. J., 1950. *Microdiffusion analyses and volumetric error*, 4^e Edit. Grosby Lockwood and son, London.
- DEMARQUILLY C., PAQUET J., ANDRIEU J., 1969. Les céréales immatures. *Bull. tech. Inf. Ingrs Serv. agric.*, **244**, 1-20.
- EDWARDS R. A., DONALDSON Elisabeth, LC GREGOR A. W., 1968. Ensilage of whole-crop barley. I. Effects of variety and stage of growth. *J. Sci. Fd. Agric.*, **19**, 656-660.
- FATIANOFF Nathalie, GOUET Ph, 1969. Relation permettant de corriger rapidement et avec précision la matière sèche des ensilages séchés à l'étuve. *Ann. Zootech.*, **18**, 407-418.
- MC GREGOR A. W., EDWARDS R. A., 1968. Ensilage of whole-crop barley. II. Composition of barley and barley silage at different stages of growth. *J. Sci. Fd. Agric.*, **19**, 661-666.
- NICLOUX L., 1931. Recherches sur l'alcool éthylique. I. Microdosage. *Bull. Soc. chim. Biol.*, **13**, 857-876.
- OWENS Frederic N., LEISKE J. C., GOODRICH R. D., 1969. Effects of calcium sources and urea on corn silage fermentation. *J. Dairy Sci.*, **52**, 1817-1822.
- ROSENBERGER R. F., 1951. The development of methods for the study of obligate anaerobes in silage. *Proc. Soc. Appl. Bact.*, **14**, 161-164.
- ZELTER S. Z., LEROY F., 1958. Azote uréique et activité bactérienne *in vitro* au niveau du rumen. *Ann. Zootech.*, **3**, 173-183.
- ZELTER S. Z., CHARLET-LÉRY Geneviève, 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.