

EFFETS DU MODE DE CONSERVATION D'UN MAÏS IMMATURE SUR L'UTILISATION DE SES GLUCIDES ET DE SON AZOTE CHEZ LE PORC EN CROISSANCE-FINITION

L. P. BORGIDA, J. DELORT-LAVAL et G. VIROBEN

avec la collaboration technique de Monique DIEZ,
Michèle FISZLEWICZ, Françoise KOZLOWSKI et S. GUENEAU

*Laboratoire de Technologie des Aliments des Animaux,
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,
78350 Jouy en Josas*

RÉSUMÉ

La conservation de l'épi entier de maïs immature (50 p. 100 de matière sèche) par déshydratation (130°C, 1 h) provoque une réduction notable de son taux d'azote soluble en milieu trichloracétique à 10 p. 100 (p/v) et l'accroissement de la sensibilité de son amidon à l' α -amylase. Son ensilage entraîne une augmentation des taux d'azote non protéique et ammoniacal, une réduction du taux de lysine (— 30 p. 100) et des glucides solubles, avec formation d'acide lactique et d'acides gras volatils.

Le porc mâle castré en finition digère mieux les composants du maïs ensilé distribué seul, dont la valeur énergétique nette est de 0,88 UF/kg MS et l'utilisation digestive de l'azote de 71 p. 100 contre respectivement 0,81 UF/kg MS et 56 p. 100 pour le déshydraté. Un régime équilibré par un apport azoté de bonne qualité ne procure qu'une amélioration limitée de la rétention azotée à partir d'ensilage : 36,9 p. 100 contre 52,9 avec l'épi déshydraté.

L'amidon et les glucides solubles de l'ensilage sont, sous l'effet d'une forte activité amylasique (25 U/ml), davantage dégradés dans l'estomac, alors que c'est surtout dans l'intestin grêle (300 à 1 400 U/ml) et le cæcum qu'est digéré l'amidon de l'épi séché. L'aliment et la phase liquide des contenus digestifs transitent plus rapidement. La dégradation plus lente des glucides et leur absorption dans les parties distales du tube digestif pourraient être en relation avec la meilleure rétention de l'azote du régime à base d'épi déshydraté.

INTRODUCTION

Pour conserver l'épi de maïs immature, la déshydratation est une technique de choix ; mais l'ensilage offre l'avantage d'une mise en œuvre peu coûteuse et présenterait un intérêt économique certain dans la mesure où les fermentations qu'il induit n'altèrent pas l'efficacité nutritive de la céréale.

Chez le porc, peu de travaux concernent ces produits de conservation ; COLOMBUS, HARNISCH et JAHN (1957), étudiant la valeur alimentaire des différentes parties du maïs vert ou conservé par ensilage, notent que l'ensilage d'épis entiers avec spathes (40 p. 100 de matière sèche — MS) améliore la digestibilité de l'azote, et diminue celle des autres composants de la céréale. GROSS (1970) montre l'effet défavorable de l'état de maturité du grain sur la digestibilité de l'azote et de la cellulose de l'épi de maïs. Sur des grains récoltés à 60 p. 100 MS, le même auteur met en évidence une diminution de digestibilité de la matière organique en fonction de son mode de conservation (88,4 p. 100 en vert, 86,1 ensilé et 85,2 séché). De leur côté, HOLMES, BAYLEY et HORNEY (1973) notent également la plus faible digestibilité de la MS des rations à base de maïs immature séché (82,9 p. 100) par rapport à l'ensilé (86,1) chez le porc en croissance, alors que, dans le cas du blé et de l'orge, HELLBERG (1963) ne trouve que des différences minimales.

Du fait de sa forte humidité initiale, le maïs immature est, au cours du séchage soumis à un traitement thermique intense, susceptible d'agir sur sa digestion et son efficacité métabolique. La conservation par fermentation transforme notablement, quant à elle, les fractions glucidique et azotée solubles de la céréale ; c'est pourquoi il nous a paru intéressant de comparer les effets de ces deux traitements sur la composition et les caractéristiques physico-chimiques de l'épi de maïs immature, sur les modalités de sa digestion et sur son efficacité digestive et métabolique chez le porc en croissance. Cette étude fait suite à des essais de conservation d'orge et de maïs immatures (GOUET, RIOU et BOUSSET-FATIANOFF, 1971) testés par ailleurs sur le taurillon (ZELTER, CHARLET-LÉRY et TISSERAND, 1971).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. — Technologie et composition du maïs immature

1. Traitement de la céréale.

L'épi de maïs (variété INRA 260) est récolté à environ 50 p. 100 d'humidité avec un corn picker réglé pour n'éliminer qu'un minimum despathes. Il est haché à poste fixe dans une ensileuse à couteaux, puis dans un broyeur à fourrage. Une partie est ensilée dans deux silos-cuve en béton d'un m³ de capacité, l'autre séché durant 1 heure dans un courant d'air chauffé à 125-135°C, puis divisée dans un broyeur à marteaux.

Avant distribution aux animaux, l'ensilage est dilacéré dans un broyeur à marteau sans grille, de manière à obtenir des particules de taille réduite et plus homogène.

2. Caractérisation des produits.

La composition du maïs est déterminée par les méthodes officielles d'analyse. Sur un échantillon prélevé après ensilage ou déshydratation et broyé dans l'azote liquide, un fractionnement azoté est effectué selon la technique de BAUDET *et al.* (1966). Sa solubilité en milieu trichloracétique à 10 p. 100 (p/v) définit l'azote non protéique. L'azote ammoniacal est dosé par microdiffusion (CONWAY, 1957). Les acides aminés libres sont fixés par passage de l'extrait aqueux à 0°C sur colonne d'Amberlite IR 120 et éluées par des concentrations successives d'ammoniaque 2N puis 4N. La libération des acides aminés des échantillons initiaux ou de leur fraction non protéique est obtenue par hydrolyse dans l'acide 6N à 130°C pendant 24 heures. Leur séparation et leur dosage sont effectués à l'aide d'un analyseur automatique (MOORE, SPACKMANN et STEIN, 1958).

Les glucides solubles dans l'alcool 80°GL et ceux extraits à l'alcool 40°GL et précipitables à l'iode (HASSID et NEUFELD, 1968) sont dosés par la méthode à l'orcinol sulfurique de TILLMANS et PHILIPPI adaptée au dosage automatique par KESLER (1967). L'amidon est déterminé par la

méthode enzymatique de THIVEND, MERCIER et GUILBOT (1965) et soumis à un test d'hydrolyse par l' α -amylase bactérienne de *B. subtilis* (MERCIER, 1968).

Les acides gras volatils (acétique, propionique, butyrique), sont déterminés dans l'ensilage par chromatographie de partage gaz liquide selon JAMES et MARTIN modifiée par ZELTER et LEROY (1958) et l'acide lactique selon BARNETT (1951).

B. — Bilans sur porc en croissance-finition

Des bilans d'azote et de matière organique sont établis sur des porcs en croissance recevant la céréale soit seule, soit supplémentée par du tourteau de soja.

1. Animaux.

Huit porcs mâles castrés de race *Large White* provenant de trois portées contemporaines, sont répartis en deux lots en fonction de leur poids initial (52-65 kg).

2. Régimes et mode d'alimentation.

Les régimes sont composés de maïs immature ensilé ou déshydraté et d'un composé minéral ⁽¹⁾ distribué à raison de 1 p. 100 de la matière sèche du maïs. La méthionine est l'acide aminé limitant de l'efficacité d'un régime maïs-soja ; nous avons donc ajouté un supplément de cet acide aminé pour atteindre un taux calculé de 4,2 p. 100 des matières azotées du régime.

La ration journalière est distribuée en deux repas quotidiens égaux, à raison de 30 g de matière sèche par kg de poids vif pour les céréales et de 5 g pour le complément azoté. Pour l'ensilage, après élimination de la couche supérieure du silo, les rations, pesées deux fois par semaine, sont conservées au réfrigérateur à + 4°C à l'abri de l'air. Dans tous les régimes, la teneur en matière sèche des repas est ajustée au voisinage de 30 p. 100.

3. Collecte des échantillons.

Le contrôle des quantités ingérées est réalisé par pesée des aliments distribués et des refus. Les échantillons destinés à l'analyse sont séchés à l'étuve infrarouge à 80°C et broyés.

Les fèces, préalablement pulvérisées d'acide sulfurique à 25 p. 100 (p/p), sont prélevés quotidiennement, homogénéisés au broyeur et échantillonnés proportionnellement (10 p. 100) à leur poids frais. Une détermination de matière sèche est effectuée sur 100 g de fèces frais.

L'urine est recueillie dans 20 ml d'acide sulfurique à 25 p. 100 (p/p), son poids et sa densité sont déterminés ; un prélèvement aliquote quotidien est cumulé et conservé au froid.

4. Dispositif expérimental.

Au début de l'essai, les animaux sont répartis en 4 groupes. Ils reçoivent la céréale ensilée ou déshydratée, soit seule, soit supplémentée par le tourteau de soja. La mesure du bilan est effectuée sur deux périodes successives, chacune de huit jours, précédée d'un temps d'adaptation minimum de dix jours. Dans la seconde période, chaque groupe change à la fois de régime de base et de taux azoté. Les animaux sont placés en cages à métabolisme individuelles (FARRIES et OSLAGE, 1961) et pesés deux jours consécutifs avant et après la période de récolte.

C. — Prélèvements digestifs après abattage

1. Aliments et animaux.

Cinq porcs d'un poids vif moyen de 60 kg reçoivent durant dix-huit jours un régime à 110 g de matières azotées digestibles par unité fourragère, comprenant le maïs immature ensilé ou déshydraté, une farine de hareng de Norvège, à raison de 8 p. 100 de la matière sèche distribuée, et 1 p. 100 de complément minéral ⁽¹⁾ ; 10 g de polyéthylène glycol 4 000 (PEG) sont ajoutés au repas test qui précède l'abattage.

⁽¹⁾ Composition centésimale du composé minéral : carbonate de Ca 9,49 ; phosphate bicalcique 55,0 ; sel marin 30,0 ; sulfate de Cu 0,06 ; de Zn 1,5 ; de Co 0,01 ; de Mn 0,6 ; de Fe 3,0 et de sodium 0,34.

2. *Collecte des échantillons.*

Les animaux sont sacrifiés à divers intervalles (30-60-180 minutes) après la fin de ce repas d'une durée d'une heure. Les contenus des différentes parties du tube digestif (estomac, intestin grêle, cæcum, gros intestin) sont prélevés, pesés et homogénéisés. Sur des parties aliquotes sont effectués le dosage direct du PEG et, après dessiccation à l'étuve infrarouge à 80°C, l'analyse des composants majeurs. Le fractionnement des glucides et la détermination de l'activité amylasique portent sur un échantillon immédiatement plongé dans un bain d'alcool froid et conservé à — 18°C.

3. *Méthodes analytiques.*

Le PEG est dosé par la méthode de SMITH (1959). Les méthodes appliquées aux composants majeurs et aux glucides des contenus intestinaux sont celles décrites pour les aliments. Après déprotéinisation de l'extrait, les glucides de la fraction soluble dans l'alcool 80°GL sont identifiés par chromatographie unidimensionnelle sur couche mince de gel de silice G. La séparation en est effectuée sous l'action successive d'un mélange propanol/acétate d'éthyle/eau — 14/2/7 (COMMERFORD, VAN DUZEE et SCALLET, 1963) durant 16 heures, puis d'un mélange méthanol/acétate d'éthyle/eau-36/52/12 (HUBER, SCOBEL et HAN TAI, 1966) durant 5 heures. La révélation est faite à l'aide du réactif de GIRI et NIGAM (1953).

L'activité amylasique est déterminée, sur la phase liquide des contenus intestinaux séparés par centrifugation à froid, selon une technique dérivée de celle de SOMOGYI (Anonyme, 1968).

RÉSULTATS

I. — *Caractérisation de l'épi de céréale*

La composition moyenne des aliments de cette expérience est donnée dans le tableau I.

TABLEAU I

Composition brute moyenne des aliments expérimentaux (p. 100 MS)

Average crude composition of experimental feeds (p. 100 DM)

	Épi de maïs immature (<i>Immature ear corn</i>)		Tourteau de soja (<i>Soybean meal</i>)	Farine de hareng (<i>Herring meal</i>)
	ensilé (<i>ensiled</i>)	déshydraté (<i>dried</i>)		
Protéines (<i>Protein</i>)	9,1	8,3	48,7	81,9
Cellulose (<i>Fibre</i>)	10,7	10,3	3,5	—
Matières grasses (<i>Fat</i>)	4,3	4,4	0,4	7,7
Cendres (<i>Ash</i>)	2,9	2,0	5,6	10,8

L'ensilage d'épi de maïs a une teneur moyenne en matière sèche de 53,5 p. 100 durant la première période, de 56,0 p. 100 durant la seconde. Il n'a pas été tenu compte, dans les calculs, de la correction de matière sèche proposée par FATIANOFF et GOUET (1969), qui joue peu dans le cas des ensilages de maïs et devrait englober d'autres substances volatiles (alcools) non dosées. On retrouve, au désilage, en pourcentage du produit tel quel, 0,675 d'acide acétique, 0,028 de propionique, une faible

teneur en N ammoniacal (0,029 p. 100) et un taux élevé (1,32 p. 100) d'acide lactique, caractéristiques d'un ensilage de bonne qualité. L'activité amylasique du produit est de 22 U/g MS.

a) *Matières azotées.*

Le fractionnement azoté appliqué aux céréales immatures met en évidence des différences qualitatives importantes (tabl. 2). Comparé à celui du maïs à la récolte, le taux d'azote soluble de la céréale est réduit sous l'effet de la déshydratation (— 46

TABLEAU 2

Fractionnement azoté du maïs immature et de ses produits de conservation
(en p. 100 N total)
Nitrogen fractions of immature ear corn with husks
(p. 100 total N)

Fraction azotée (Nitrogen fraction)	Épi de maïs avec spathe (Immature maize cob)		
	A la récolte (At harvest)	Ensilé (Silage)	Déshydraté (Dried)
N soluble T. C. A. (T. C. A. soluble N)	14,4	39,8	7,9
N-NH ₃	—	4,0	—
Albumine + globuline (Albumin + globulin) ..	4,3	2,1	2,0
Prolamine (Prolamin)	17,6	10,6	16,9
N résiduel (Insoluble N) ..	64,2	47,2	73,2

TABLEAU 3

Teneur en certains acides aminés de l'épi de maïs immature (g/16 g N)
Amino acid content of immature ear corn with husks (g/16 g N)

Épi de maïs (Maize cob)	A la récolte (At harvest)		Ensilé (Silage)		Déshydraté (Dried)	
	Total (Total)	Libre (Free)	Total (Total)	Libre (Free)	Total (Total)	Libre (Free)
Lysine	2,3	0,46	1,6	1,01	2,4	0,18
Arginine	4,9	0,27	3,4	0,12	4,8	0,09
Tyrosine	4,1	0,15	3,6	0,35	4,2	0
Proline	9,1	0,57	9,4	1,49	9,1	0,39
Ac. aspartique	6,9	0,65	6,4	1,47	6,8	0,32
Ac. glutamique	18,0	0,35	17,5	1,74	18,9	0,32
Glutamine + asparagine	—	0,31	—	0,82	—	0,15
Ornithine	—	1,58	—	2,85	—	—

p. 100) et très fortement accru par l'ensilage (+ 174 p. 100), l'azote ammoniacal ne représentant qu'une faible part de cette augmentation. La fraction « albumines + globulines » diminue également dans les deux traitements, celle de la prolamine est surtout réduite dans l'ensilage. De l'hydrolyse partielle des protéines sous l'action fermentaire résulte une réduction sensible de la fraction d'azote résiduel dans l'ensilage.

La composition en acides aminés totaux (tabl. 3) n'est notablement modifiée que dans l'ensilage, où l'on note une diminution des taux de lysine (— 30 p. 100) d'arginine et de tyrosine et l'apparition d'ornithine. Les acides aminés libres s'y retrouvent pour environ 20 à 25 p. 100, sauf la lysine, la tyrosine et l'arginine dont la forme libre représente respectivement 42,2 et 9 p. 100 des teneurs du maïs initial. Ainsi, sous l'effet de ces transformations, 26 p. 100 seulement de la lysine initiale est retrouvée incluse dans le résidu azoté insoluble de l'ensilage.

b) *Glucides.*

Les taux d'amidon (35,6 p. 100) et de glucides alcoolosolubles (1 p. 100) dans la matière sèche de l'ensilage sont nettement inférieurs à ceux de l'épi de maïs déshydraté (respectivement 41,6 et 8,4 p. 100) ; les fractions hydrosolubles diffèrent peu (respectivement 93 et 65 p.p.m.). L'amidon facilement attaquant passe de 20 p. 100 à la récolte, à 16 p. 100 dans l'ensilage et 48 p. 100 dans le produit déshydraté.

TABLEAU 4

Résultats moyens journaliers par période et par animal
Daily individual average balance data

Régime, animal période (Diet, animal period)	Poids vif (Live weight) (kg)	Gain de poids (Weight gain) (kg/j)	MS ingérée (Dry matter intake (g/kg P ^{0,75}))	Azote (g) (Nitrogen)			
				Ingéré (Intake)	Urine (Urine)	Fèces (Feces)	Bilan (Balance)
E 12 I	52,8	0,06	68,4	17,3	11,6	4,7	1,0
E 13 I	54,2	0,09	63,9	16,3	8,9	5,1	2,3
E 5 II	81,8	0,59	101,2	36,3	20,1	10,6	5,6
E 14 II	62,1	0	67,5	19,3	9,9	5,5	3,9
ES 6 I	66,4	0,71	95,9	54,7	26,9	10,8	17,0
ES 11 I	58,4	0,61	90,0	46,8	24,2	9,9	12,7
ES 4 II	75,0	0,19	85,7	52,3	28,8	11,4	12,1
ES 10 II	64,5	0,62	94,3	49,8	22,2	9,6	18,0
D 4 I	64,8	0,36	82,4	26,3	11,7	11,4	3,2
D 10 I	53,0	0,11	73,0	20,1	9,1	0,2	1,8
D 6 II	76,8	0,33	92,8	32,3	13,8	14,0	4,5
D 11 II	64,9	0,32	84,1	25,8	11,7	10,9	3,2
DS 5 I	69,4	0,74	95,7	57,9	24,3	13,0	20,6
DS 14 I	59,9	0,69	92,0	49,7	16,5	13,4	19,8
DS 12 II	64,7	0,66	89,3	50,0	20,2	12,5	17,0
DS 13 II	66,3	0,64	92,9	53,2	13,7	13,8	25,7

2. — Bilan digestif et métabolique

Les résultats des bilans de matière sèche et d'azote sont regroupés dans les tableaux 4 et 5. Le niveau d'ingestion de l'ensilage distribué seul est plus faible et surtout plus variable que celui du maïs séché ; mais quelle que soit sa forme de présentation, l'épi de maïs distribué seul ne procure qu'une croissance limitée et un

TABLEAU 5

Utilisation digestive des composants du régime et bilan azoté

Digestibility of dietary components and nitrogen balance

Maïs immature	Ensilé		Déshydraté		Niveau de signification*		
	—	+	—	+	T	N	TN
supplément azoté (protein supplement)							
Taux de réplétion m.s.i./kg P ^{9,75} (DMI/kg W ^{0,75})	75,3 ± 8,7	91,5 ± 2,3	83,1 ± 4,1	92,5 ± 1,3		(1)	
Utilisation digestive (% ± sm) (Digestibility)							
Matière sèche (Dry matter)	77,4 ± 0,4	74,8 ± 0,8	73,4 ± 0,7	72,2 ± 0,7	(2)	(1)	
Mat. organique (Organic matter)	78,9 ± 0,4	76,7 ± 0,7	75,1 ± 0,6	73,9 ± 0,7	(2)		
Azote (Nitrogen)	71,0 ± 0,9	79,5 ± 0,6	56,0 ± 0,8	74,7 ± 1,0	(2)	(2)	(2)
Cellulose brute (Crude fibre)	44,6 ± 3,6	34,8 ± 6,4	38,4 ± 3,2	26,8 ± 2,4		(1)	
Mat. grasse brute (Crude fat)	85,4 ± 1,7	79,1 ± 1,3	68,4 ± 0,7	65,8 ± 0,8	(2)	(2)	
Extractif non azoté (N free extract)	84,3 ± 0,3	81,7 ± 0,6	81,7 ± 0,5	80,5 ± 0,4	(2)	(2)	
Bilan azoté (± sm) (Nitrogen balance)							
Bilan apparent (g/j) (N balance)	3,2 ± 1,0	15,0 ± 1,5	3,1 ± 0,6	20,8 ± 1,8	(1)	(2)	(1)
Coefficient d'utilisation pratique (%) (N balance p. 100 N intake)	13,9 ± 3,0	29,4 ± 2,8	11,6 ± 1,1	39,5 ± 3,2		(2)	
Coefficient de rétention (%) (Apparent retention)	19,6 ± 4,2	36,9 ± 3,2	20,6 ± 1,9	52,9 ± 4,6	(1)	(2)	

* Source de variation : T : traitement (processing)
N : niveau azoté (N level)
TN : interaction.

Niveau de signification (Level of significance)

(1) 0,01 < P < 0,05

(2) P < 0,01.

bilan azoté faiblement positif. L'addition de tourteau accroît le niveau d'ingestion, qui devient comparable pour les deux régimes, et élève le bilan azoté, beaucoup plus nettement dans le cas de la céréale déshydratée. L'interaction entre les effets du traitement et du taux azoté du régime est, de ce fait, significative. Les coefficients de rétention (N retenu p. 100 N digéré) et d'utilisation pratique (N retenu p. 100 N ingéré) varient dans le même sens que les bilans.

L'utilisation digestive des composants principaux des régimes (tabl. 5) dépend, de manière très significative, sauf pour la cellulose brute, du mode de conservation, de la céréale ; l'ensilage est, à cet égard, supérieur à la déshydratation. Au niveau azoté élevé correspond, quel que soit le traitement, une meilleure utilisation digestive apparente de l'azote et une réduction de celle des autres composants vraisemblablement liée au niveau plus élevé d'ingestion de matière sèche par les animaux.

TABLEAU 6

*Digestion de l'épi de maïs immature chez le porc :
transit aqueux, amidon et activité α -amylasique dans les contenus digestifs*

*Digestion of immature ear corn in the pig :
liquid flow, starch, α -amylase activity in gut contents*

Épi de maïs (<i>Earn corn</i>)	Ensilé (E) (<i>Ensiled (E)</i>)		Déshydraté (D) (<i>Dried (D)</i>)		
	1	3	1/2	1	3
Heures après le repas (<i>Hours after meal</i>)					
PEG (p. 100 du total retrouvé) (<i>PEG (p. 100 of total recovered)</i>)					
Estomac (<i>Stomach</i>)	38	36	26	21	19
Intestin grêle (<i>Small intestine</i>)	62	64	74	79	43
Cæcum (<i>Caecum</i>)	0	0	0	0	12
Gros intestin (<i>Large intestine</i>)	0	0	0	0	26
Amidon (p. 100 de l'ingéré) (<i>Starch (p. 100 of intake)</i>)					
Estomac (<i>Stomach</i>)	26,4	37,8	55	64,5	52,5
Intestin grêle (<i>Small intestine</i>)	0,5	0,5	7,6	3,5	2,1
Cæcum (<i>Caecum</i>)	0,4	0,1	1	1	0,3
Gros intestin (<i>Large intestine</i>)	0,1	0,5	6,9	9,5	3,2
Activité amylasique (U. Somogyi/ml) (<i>Amylase activity</i>)					
Estomac (<i>Stomach</i>)	25,5	23,8	5,8	2,5	8,2
Intestin grêle (<i>Small intestine</i>)	145	27	303	1 400	460
Cæcum (<i>Caecum</i>)	0	0	2,9	0	0
Gros intestin (<i>Large intestine</i>)	0	0	0	0	0

3. — *Analyse des contenus digestifs*

Nous avons déterminé les quantités de PEG, d'amidon, de glucides solubles et l'activité amylasique aux différents niveaux du tube digestif de porcs abattus après le repas test (tabl. 6).

a) *Polyéthylène-glycol (PEG).*

Le PEG, dont 82 à 100 p. 100 de l'ingéré ont été récupérés, se répartit dans le tube digestif de manière différente selon le régime. Avec le déshydraté, ce traceur de la phase aqueuse quitte l'estomac très vite après le repas et, après la première demi-heure, il n'en reste dans cet organe que 26 p. 100. Par la suite, la vidange stomacale est plus lente, mais on constate qu'il reste beaucoup plus de PEG présent 1 et 3 heures après le repas dans l'estomac des animaux recevant l'ensilage (38 et 36 p. 100 respectivement) que chez ceux qui consomment le maïs déshydraté (21 et 19 p. 100). Cet effet de passage plus rapide du PEG dans le tube digestif est également constaté dans les segments distaux : 3 heures après le repas, on trouve 12 et 16 p. 100 du PEG dans le cæcum et le gros intestin de l'animal recevant le maïs déshydraté, alors que ce traceur est absent des mêmes organes du porc nourri au maïs ensilé.

b) *Quantité d'amidon et activité amylasique.*

Au niveau stomacal, on trouve beaucoup plus d'amidon avec le régime D (55 p. 100 de l'ingéré) qu'avec le régime E (30 p. 100) ; ces taux n'évoluent guère durant les trois heures qui suivent le repas. L'activité amylasique est importante après ingestion de l'ensilage.

Au niveau intestinal, la quantité d'amidon provenant du maïs déshydraté décroît lentement après le repas ; elle reste toujours très supérieure à celle de cette même substance dans les contenus digestifs des animaux à l'ensilage. L'activité amylasique est, entre 1 heure et 3 heures après ingestion d'ensilage, nettement inférieure à celle observée aux mêmes temps après le repas de maïs déshydraté.

Dans le cæcum et le gros intestin, on ne retrouve d'amidon que chez les animaux recevant du maïs déshydraté ; l'activité amylasique de la phase liquide séparée par centrifugation reste dans ces organes très faible quel que soit le régime.

c) *Quantité et nature des glucides solubles.*

Les glucides hydrosolubles précipitables à l'iode sont présents dans les aliments à très faible dose (D : 65 mg/kg MS ; E : 93 mg/kg MS). On en retrouve des teneurs comparables dans les contenus stomacaux.

La concentration stomacale des glucides alcoolosolubles est pratiquement identique à celle des aliments après une heure (8,0 p. 100 pour le D, 1,4 p. 100 pour E). Elle est peu modifiée après 3 heures (14 contre 10 mg/g). Dans l'estomac des animaux abattus, la présence de maltose et de maltotriose est constante. Le saccharose et le raffinose, encore présents, 3 heures après le repas, à l'état de traces dans les contenus stomacaux de porcs au régime D, sont absents chez les animaux nourris à l'ensilage. Le glucose n'est présent, en faible quantité qu'avec le régime D, une heure après le repas.

Dans l'intestin grêle, les concentrations en glucides alcoolosolubles sont élevées ; elles restent constantes durant la digestion du maïs déshydraté (115 mg/g MS) alors

qu'avec l'ensilage, elles diminuent (resp. 244 et 157 mg/g MS, 1 et 3 heures après le repas). Dans les deux cas, les glucides présents vont du glucose au maltopentaose avec de très faibles concentrations de maltotétraose. Dans le cæcum et le gros intestin, les quantités de glucides alcoolosolubles sont faibles et de longueur de chaîne plus élevée.

DISCUSSION

Comme le montrent clairement les résultats de bilan et d'abattage, le mode de conservation de l'épi de maïs immature influence de façon déterminante l'utilisation digestive et métabolique de l'azote et de l'énergie du régime.

L'utilisation digestive apparente de l'azote de l'épi de maïs est meilleure avec l'ensilage qu'après déshydratation, effet déjà noté avec le maïs mûr chez le porcelet par FEVRIER, AUMAITRE et SALMON-LEGAGNEUR (1971). La différence observée peut être due soit à un chauffage excessif lors du séchage de l'épi, soit à la faible durée de la période d'adaptation des animaux.

Si, à ces deux régimes, nous appliquons la correction d'azote métabolique proposée par ZELTER et CHARLET-LÉRY (1961), qui correspond à 1,2 p. 100 de la matière sèche fécale, la digestibilité réelle de l'azote de la céréale s'élève à 91,9 pour l'ensilage et à 79,5 avec l'épi séché : le traitement thermique paraît donc bien la réduire, ce que laissait prévoir l'accroissement de la fraction d'azote insoluble dans le produit déshydraté. Dans l'ensilage par contre, la composition de la fraction azotée soluble est modifiée ; la teneur de l'épi en azote ammoniacal et en certains acides aminés libres est fortement accrue. L'importance des actions fermentaires sur l'azote de la céréale, dont l'évolution de la teneur en lysine est un bon indice, explique l'égalité des bilans azotés observée après ingestion de la céréale seule, malgré la meilleure utilisation de l'ensilage ; mais elle ne suffit pas à justifier à elle seule l'efficacité relative plus grande de l'azote du régime déshydraté supplémenté par le tourteau de soja.

En ce qui concerne les glucides, un contraste net est établi entre la digestion rapide et précoce de l'amidon de l'ensilage dans l'estomac, où règne une forte activité amylasique, provenant pour environ un tiers de l'ensilage même, et la dégradation tardive de l'amidon du produit déshydraté, présent dans le cæcum trois heures après le repas. Il apparaît ainsi que ni la quantité totale des glucides, ni le moment de leur hydrolyse dans la lumière intestinale ni donc la nature des métabolites qui en résultent sous l'influence conjuguée des enzymes digestives et de la flore microbienne ne sont comparables dans les deux régimes ; cette disponibilité différente de l'énergie constitue un élément d'interprétation du meilleur bilan azoté que procure la céréale déshydratée complétée par un apport protéique équilibré. Nous avons également constaté la vitesse de transit plus rapide de l'épi immature déshydraté, qu'atteste l'évolution des quantités de PEG et de cellulose retrouvées dans les compartiments du tube digestif. L'acidité du régime pourrait en être la cause : en effet, si, chez le porc en croissance, AUFRAY, MARTINET et RÉRAT (1967) ne constatent qu'un effet de faible ampleur de l'acidité en régimes purifiés contenant une solution acide tamponnée, avec du maïs acidifié, HOLMES, BAYLEY et HORNEY (1974) notent par contre un net ralentissement de la vidange gastrique, phénomène qu'observent également HUNT et KNOX (1972) chez l'Homme par adjonction d'acide au repas.

Il est par ailleurs intéressant de noter que l'amidon de maïs ensilé est plus complètement dégradé *in vivo* que celui du déshydraté, alors que ce dernier est beaucoup moins résistant à l'amylase bactérienne *in vitro* : bien que la différence ne porte que sur une faible fraction de l'amidon ingéré, notre observation peut être rapprochée de celle de SZYLIT, DELORT-LAVAL et BORGIDA (1974). Ces auteurs mettent en évidence que l'action de deux amylases, l'une bactérienne, l'autre pancréatique agissant ensemble ou séparément, en quantités isoactives, sur des amidons de référence, conduit à des maltooligoholosides de tailles différentes. Aux lieux et aux temps variables où l'amidon des régimes est attaqué, pourraient correspondre des mélanges d'amylases qui conduisent à la formation d'oligoholosides différents ; leur présence pourrait expliquer les discordances entre test enzymatique et effet biologique.

Sur le plan pratique, l'épi de maïs, qu'il soit conservé par ensilage ou séchage artificiel, ne peut satisfaire que les besoins azotés d'entretien du porc en finition. Un supplément azoté équilibré, qui double la teneur protéique du régime, assure une croissance correcte de l'animal recevant la céréale déshydratée. Ce supplément doit être accru d'environ un tiers, si l'on veut obtenir des animaux une performance de croissance équivalente, à partir de l'épi de maïs ensilé. La teneur élevée en cellulose de ces régimes est susceptible de conduire, même en alimentation à volonté, à la production de carcasses de faible adiposité (FEVRIER, AUMAÏTRE et SALMON-LEGAGNEUR, 1971). La plus grande digestibilité des composants du maïs ensilé lui confère une valeur énergétique nette supérieure à celle du produit déshydraté (resp. 0,88 contre 0,81 UF/kg de matière sèche). Cette différence compense les pertes plus élevées de l'ensilage qu'une technologie adaptée est capable de maintenir dans des limites acceptables (GOUET, RIOU et BOUSSET-FATIANOFF, 1971). Dans la mesure où seront disponibles des chaînes adaptées de récolte du maïs et de distribution de l'ensilage à l'auge après incorporation des compléments utiles, l'épi de maïs ensilé sera susceptible de fournir une part non négligeable du régime du porc en finition dans les zones d'élevage où cette culture est maintenant établie.

Reçu pour publication en mars 1975.

SUMMARY

EFFECTS OF STORAGE TECHNIQUE FOR IMMATURE MAIZE ON THE UTILIZATION OF ITS CARBOHYDRATES AND NITROGEN IN GROWING-FINISHING PIGS

Immature (50 p. 100 DM) ear corn chops with husks were processed either by a 130°C, 1 hour air drying or by ensiling. The effect of these treatments on the composition of the products and their digestibility and protein efficiency in the growing pig were compared :

1) Drying slightly reduced prolamine N (17.6 to 16.9 p. 100 total N) and albumin + globulin N (4.3 to 2.0 p. 100 N) and increased *in vitro* the starch degradation by *B. subtilis* alpha-amylase (table 2).

Ensiling increased TCA soluble N (14.5 to 39.8 p. 100 total N) and ammonia N (4 p. 100 total N) ; some amino acids were reduced (e. g. lysine : — 30 p. 100). Soluble carbohydrate and starch were partly fermented into lactic acid and volatile fatty acids (table 3).

2) The silage components were significantly ($P < 0.01$) better digested by the finishing

swine than those of the dried ear corn especially for protein (71.0 against 56.0 for dry and ensiled corn).

3) Soybean meal + DL-methionine supplementation in an adequate amount (16 p. 100 of DM intake), increased the nitrogen retention with the dried cereal. Interaction between processing and protein level was significant (table 5).

4) On 5 barrows slaughtered 30, 60 or 180 mn after a test meal, with PEG as a marker, an increased feed passage and a delayed starch digestion was shown with the dried ear corn. With the silage, a higher alpha-amylase activity (table 6) and a slower emptying of the stomach improved the disappearance of starch from that organ.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUFFRAY P., MARTINET J., RÉRAT A., 1967. Quelques aspects du transit gastro-intestinal chez le Porc. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **7**, 261-679.
- BARNETT A. J. G., 1951. The colorimetric determination of lactic acid in silage. *Biochem. J.*, **49**, 527-528.
- BAUDET J., MOSSE J., LANDRY J., MOUREAUX T., 1966. Étude sur les protéines du maïs I. Composition en acides aminés des fractions azotées du grain. *Ann. Physiol. veg.*, **8**, 321-329.
- COLOMBUS A., HARNISCH W., JAHN S., 1957. Untersuchungen über den Futterwert von Grün- und Silomais beim Einsatz an Wiederkäufer und Schweine. *Arch. Tierernährung*, **7**, 134-211.
- COMMERFORD J. D., VAN DUZEE G. T., SCALLET B. L., 1963. Macropaper chromatograph of starch hydrolysate. *Cereal Chem.*, **40**, 482-486.
- CONWAY E. J., 1957. *Microdiffusion analysis and volumetric errors*, 4^e ed., CROSBY, LOCKWOOD and SON, London, 465 p.
- FARRIES F. E., OSLAGE H. J., 1961. Zur Technik langfristiger Stoffwechselfersuche an wachsenden Schweinen. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.*, **16**, 11-29.
- FATIANTOFF N., GOUET P., 1969. Relation permettant de corriger rapidement et avec précision la matière sèche des ensilages séchés à l'étuve. *Ann. Zootech.*, **18**, 407-418.
- FEVRIER C., AUMAITRE A., SALMON-LEGAGNEUR E., 1971. Valeur alimentaire du maïs ensilé à différents stades de maturité pour la truie, le porcelet, le porc en croissance-finition. *J. Rech. Porc. France*, 137-148., Paris, I. N. R. A., I. T. P. ed.
- GOUET P., RIOU Y., BOUSSET-FATIANTOFF N., 1971. Conservation par ensilage ou déshydratation d'une orge et d'un maïs immatures. *Ann. Zootech.*, **20**, 275-290.
- GIRI K. V., NIGAM V. N., 1953. Separation of simple oligosaccharides by circular paper chromatography. *Naturwiss.*, **40**, 343-344.
- GROSS F., 1970. Schlussfolgerungen für den Maiszüchter aus den Gruber Fütterungsversuchen mit Silo und Körnermais. *Bayer. landw. Jahrbuch*, **47**, 235-240.
- HASSID W. Z., NEUFELD E. F., 1968. Quantitative determination of starch in plant tissues. In *Carbohydrate Chemistry*, R. L. WHISTLER, vol IV, 33-36, Acad. Press., Londres.
- HELLBERG A., 1962. Spannmalsensilernung är enkel och sächer. *Lantmannen*, **36**, 823-825.
- HOLMES J. H. G., BAYLEY H. S., HORNEY F. D., 1973. Digestion and absorption of dry and high moisture maize diets in small and large intestine of the pig. *Br. J. Nutr.*, **30**, 401-410.
- HOLMES J. H. G., BAYLEY H. S., HORNEY F. D., 1974. Digestion of dry and high moisture maize diets in the stomach of the pig. *Br. J. Nutr.*, **32**, 639-646.
- HUBER C. N., SCOBELL H., HAN TAI, 1966. Determination of corn syrup by direct densitometry of thin layer chromatography. *Cereal Chem.*, **43**, 342-346.
- HUNT J. N., KNOX M. T., 1972. The slowing of gastric emptying by four strong acids and three weak acids. *J. Physiol., London*, **222**, 187-208.
- KESLER R. B., 1966. Ion exchange chromatography of sugar wood pulp and paper hydrolysates. In *Automation in Analytical Chemistry*. 174-177, Mediad inc., New-York.
- MERCIER C., 1968. *Contribution à l'étude de la structure du grain d'amidon au moyen de méthodes physiques et enzymatiques*. Thèse Doc. État. N° C. N. R. S. AD 2413.
- MOORE S., SPACKMANN D. H., STEIN W. M., 1958. Chromatography of amino acids on sulfonated polystyrene resins. *Anal. Chem.*, **3**, 1185-1190.
- SMITH R. H., 1959. The development and function of rumen in milk fed calves. *J. agric. Sci.*, **52**, 72-78.
- SZYLIOT O., DELORT-LAVAL J., BORGIDA L. P., 1974. Dégradation dans le jabot du Coq et efficacité d'amidons de maïs à différents taux d'amylase sur la croissance du Poulet. *Ann. Zootech.*, **23**, 253-265.
- THIVEND P., MERCIER C., GUILBOT A., 1965. Dosage de l'amidon dans les milieux complexes. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **5**, 513-536.
- ZELTER S. Z., CHARLET-LERY G., 1961. Efficacité de quelques protides alimentaires chez le porc. I. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **1**, 29-46.

- 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.
- ZELTER S. Z., LEROY F., 1958. Azote uréique et activité bactérienne *in vitro* au niveau du rumen. *Ann. Zootech.*, **7**, 173-183.
- ANONYME, 1968. The determination of amylase in serum, urine and other fluids, *Tech. Bull.*, n° 700, SIGMA St Louis, Mo.
-