

*L'AMMONIAC DANS L'ENSILAGE DE MAÏS :  
UNE SOURCE D'AZOTE BIEN VALORISÉE  
PAR LES TAURILLONS*

**L'**AMMONIAC EST UNE SOURCE D'AZOTE BIEN VALORISÉE, ÉCONOMIQUEMENT INTÉRESSANTE QUAND LE TOURTEAU DE SOJA COÛTE EN MOYENNE PLUS DE 2,25 F/kg. Le traitement de l'ensilage de maïs avec de l'ammoniac anhydre n'a aucun effet sur les consommations des animaux et aucun risque sanitaire n'est à craindre quand l'incorporation est réussie. Si on remplace chaque kilo de soja économisé par un kilo de céréale, obtient-on les mêmes performances qu'avec la complémentation habituelle sous forme de tourteau ?

Trois essais ont été conduits à la Station Expérimentale de *Boigneville* avec des taurillons normands. Leur but était de comparer un ensilage enrichi à l'ammoniac anhydre (incorporation au cours de l'ensilage) à un régime témoin constitué d'ensilage de maïs complétement par 1 kg de tourteau. Cet ensilage était soit complétement par du maïs-grain, en quantité égale à celle du tourteau que l'on économisait, soit distribué sans complémentation autre que les minéraux et les vitamines. Les résultats ont été parfaitement homogènes entre les essais et permettent d'établir le modèle de production représenté au tableau I.

**AMMONIAC + GRAIN = TOURTEAU**

Le régime I constitue le régime témoin des essais. Dans les régimes II et III on a apporté 700 g/j de tourteau de soja jusqu'à 280 kg de poids vif, car le niveau d'ingestion du maïs enrichi à l'ammoniac était trop faible pour couvrir les besoins en P.D.I.E. Après 280 kg de poids vif, les animaux du régime II reçoivent du maïs-grain à la place du tourteau et ceux du régime III n'ont plus aucune complémentation, hormis l'apport de C.M.V. 127

**TABLEAU I**  
**L'ENSILAGE ENRICHI EN AMMONIAC ET COMPLÉMENTÉ**  
**PAR DU GRAIN EST BIEN UTILISÉ PAR LES TAURILLONS**

Régimes Avant ou après 280 à 300 kg de poids vif.	I		II		III	
	avant	après	avant	après	avant	après
• Ensilage de maïs témoin • Ensilage de maïs + ammoniac • Complémentation (kg brut/j) maïs grain tourteau de soja 48 C.M.V. 8-18 Total	à volonté		à volonté			
	—	0,26	0,15	0,86	0,15	—
	0,86	0,60	0,71	—	0,71	—
	<u>0,14</u>	<u>0,14</u>	<u>0,14</u>	<u>0,14</u>	<u>0,14</u>	<u>0,14</u>
	1	1	1	1	1	0,14
Poids au début (kg)	170		170		170	
Poids à la fin (kg)	610		610		600	
Carcasse (kg)	340		340		330	
Durée (j)	383		383		406	
Gain moyen quotidien (g/j)	1150		1150		1060	
Matière sèche totale (kg/j)	7,32		7,32		7,04	
Gain de carcasse (g/j)	665		665		603	
M.S./kg gain carcasse (kg)	11,0		11,0		11,7	
Bilan alimentaire						
Ensilage (tonnes M.S.)	2,4		2,4		2,7	
Maïs grain (kg brut)	80		275		12	
Tourteau (kg brut)	240		56		52	
Minéraux (kg brut)	45		45		50	
Aliment démarrage (kg brut)	40		40		40	

On observe que les animaux des lots I et II réalisent les mêmes performances, avec du tourteau dans le régime I et avec une association ammoniac + maïs-grain dans le régime II.

La conclusion est évidente : l'intérêt de l'incorporation de l'ammoniac dépendra du coût d'incorporation et surtout du rapport de prix entre le maïs-grain et le tourteau.

On observe par ailleurs dans ce même tableau I que l'économie totale du concentré après 280 kg de poids vif (lot III) diminue la vitesse de croissance. En fin d'engraissement, les animaux « refusent d'avancer » et l'abattage a dû être plus précoce, faisant perdre 10 kg de carcasse par rapport aux autres lots.

Bien sûr, en l'absence de concentré, les animaux ont consommé davantage d'ensilage mais la substitution n'a pas été totale : l'énergie fournie par l'ensilage supplémentaire n'a pas compensé l'énergie du concentré manquant, malgré la qualité du maïs ensilage utilisé (43 % de grain/kg M.S.).

## L'INCORPORATION D'AMMONIAC DEVIENT INTÉRESSANTE QUAND LE TOURTEAU DÉPASSE 2,25 F/kg

Une approche économique correspondant aux performances techniques que l'on vient d'évoquer est présentée figure 1.

— Quand le tourteau coûte 2 F le kg, on réalise le même bénéfice par taurillon, mais on en produit moins à l'hectare ensilé avec le régime III « plat unique ». On produit bien sûr autant d'animaux à l'hectare ensilé avec du tourteau (I) ou avec de l'ammoniac et du grain (II), soit 3,54. L'ammoniac permet d'économiser 80 F de concentré par taurillon mais son coût d'incorporation compense ce gain et on retrouve au bout du compte une marge par taurillon ou par hectare réduite de 3 %, ce qui est très peu. En maïs enrichi « plat unique » (III) on perd, à cause du chargement inférieur de 12 %, ce que l'on économise en concentré, et ce régime s'avère donc peu intéressant en race normande (figure 1).

— Quand le tourteau est très cher, 3 F le kg, le régime II permet d'économiser 267 F de concentré par animal et, malgré le coût d'incorporation de l'ammoniac, on arrive à augmenter la marge par taurillon ou la marge à l'hectare de 11 % (rappelons qu'à chargement identique, comme c'est le cas ici, les deux marges évoluent de la même façon).

La figure 1 (bas) montre également qu'avec un tourteau à 2,25 F le kg l'incorporation d'ammoniac devient intéressante. Il ne faut pas donner à ce chiffre seuil une valeur immuable. Il correspond aux modèles de production que l'on a proposé à partir des expérimentations réalisées, mais tous les cas particuliers possibles peuvent faire varier ce seuil (coût différent du veau démarré, absence de frais financiers...).

## UN ENSILAGE DE MAÏS RICHE EN GRAINS PEUT SUFFIRE À DES ANIMAUX TRÈS PRÉCOCES

Un essai identique a été conduit au Lycée Agricole de *Rouffach* sur des taurillons pie-noirs entre 340 et 520-540 kg. Les résultats obtenus s'accordent assez bien avec les précédents, à savoir :

— Des croissances aussi bonnes et même légèrement supérieures avec les régimes à base d'ensilage de maïs enrichi + céréales qu'avec l'ensilage de maïs + tourteau.

— Une baisse de croissance faible lorsque l'on supprime totalement le concentré après le démarrage.

Ces résultats peuvent être expliqués par les deux hypothèses suivantes :

1. Les taurillons pie-noirs, plus précoces que les normands, n'ont sans doute pas besoin de l'énergie du tourteau de soja car ils substituent plus facilement l'énergie du tourteau par celle du maïs de la céréale que les taurillons normands, tout en ingérant davantage d'ensilage.

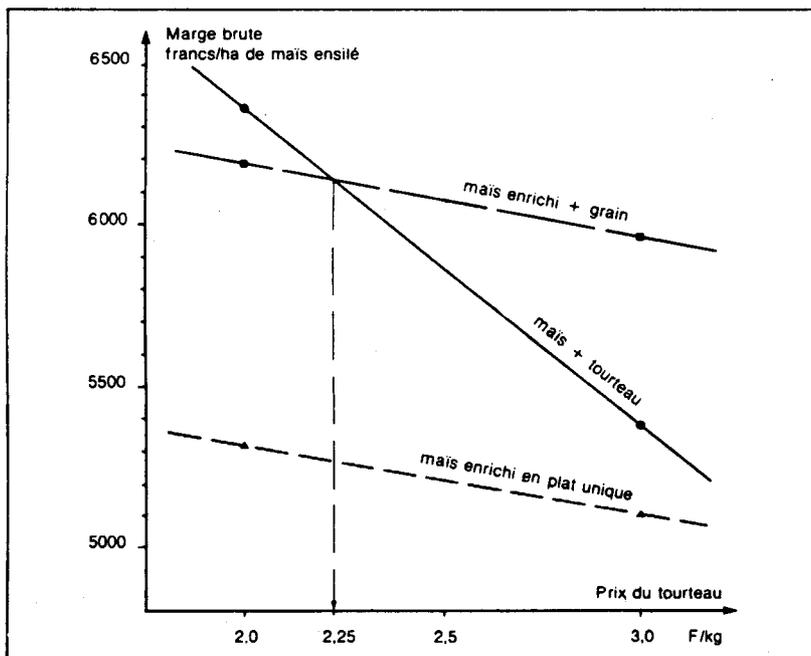
**FIGURE 1**  
**EFFET DU PRIX DU TOURTEAU SUR LA MARGE BRUTE**  
**D'UNE PRODUCTION DE TAURILLONS SELON 3 RÉGIMES**

L'emploi d'ammoniac et de céréale réduit très peu la marge brute par hectare ensilé quand le tourteau coûte 2 F/kg. Il l'augmente de 11 % quand le tourteau coûte 3 F/kg (en francs 1983).

Hypothèses de départ : 10 t/ha d'ensilage récolté reviennent à 4240 F (4690 F avec ammoniac) avec 15 % de pertes en conservation. Prix du maïs grain : 1,45 F/kg C.M.V. : 1,60 F/kg, 12,6 % de frais financiers. 3230 F le veau démarré rendu à l'engraisser. 23,5 F/kg de carcasse.  
 Frais divers par taurillon : 200 F de frais fixes et 70 F de bâtiment.

Régimes	Maïs + tourteau		Maïs enrichi avec ammoniac + maïs grain plat unique			
	2	3	2	3	2	3
Taurillons produits à l'ha d'ensilage	3,54		3,54		3,15	
Prix du tourteau F/kg	2	3	2	3	2	3
Coût du concentré F/taurillon	747	986	661	717	299	358
Marge brute F/taurillon	1796	1522	1749	1685	1695	1627
Marge brute F/ha ensilé	6362	5391	6193	5967	5335	5121

L'ensilage de maïs enrichi par NH<sub>3</sub>, complété avec une quantité de grain égale à celle de tourteau économisé, laisse une marge brute par hectare supérieure à celle d'un maïs non enrichi dès que le tourteau coûte plus de 2,25 F/kg. Le maïs enrichi donné en plat unique ne convient pas en race normande (en francs 1983).



2. Cet ensilage, très riche en grain et donc en énergie (52 % de grain par kg de M.S.), mieux consommé, n'entraîne qu'une très faible diminution des apports journaliers d'énergie totale.

L'association d'une race très précoce et d'un ensilage très bien ingéré, de très bonne qualité, explique que la suppression de la céréale remplaçant le tourteau permette de maintenir des performances voisines. Cependant, économiquement et comme pour les taurillons normands, les marges par hectare sont plus faibles pour ce dernier système car le chargement diminue.

Diverses données de base sur l'effet de l'ammoniac en ensilage sont rappelées en annexe.

F. RAYMOND,  
*Station I.T.C.F. de Boigneville (Essonne).*

#### LISTE DE MOTS-CLÉS

Ammoniac, bovins, ensilage, maïs, ration alimentaire, ruminants, taurillons.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CAAR S.B., HAMMES Jr. R.C., MOE A.-J. et Mc GILLIARD M.L. (1984) : « Corn silage preservation with anhydrous ammonia, live culture microbial or organic acid-based additives », *J. Dairy Sci.*, 67, 1474 - 1481.
- HEINRICH A.J. et CONRAD H.R. (1984) : « Fermentation characteristics and feeding value of ammonia-treated corn silage », *J. Dairy Sci.*, 67, 82-87.
- HUBER J.T., FOLDAGER J. et SMITH N.E. (1979) : « Nitrogen distribution in corn silage treated with varying level of ammonia », *J. Dairy Sci.*, 48, 1509 - 1515.
- I.T.C.F. (1979) : *Ensilage de maïs enrichi avec de l'ammoniac anhydre pour la production de taurillons*, Document B. 510, Boigneville.
- I.T.C.F. (1983) : *Ensilage de maïs enrichi avec de l'ammoniac anhydre pour la production de taurillons*, Document B. 110, Boigneville.
- I.T.C.F. (1983) : *Utilisation de l'ammoniac anhydre pour enrichir les ensilages de maïs : une opération délicate, mais des résultats corrects*, Réponses Fourrages 1983 (Marc MOSNIER).
- I.T.C.F. (1984) : *Ensilage de maïs enrichi avec de l'ammoniac anhydre pour la production de taurillons*, Document B. 416, Boigneville.
- I.T.C.F. - I.T.E.B. (1984) : *Bilan des observations et essais sur l'incorporation d'ammoniac anhydre dans les ensilages et les foin*, rapport au F.O.R.M.A., document ronéoté.
- JOHNSON C.O.L.E., HUBER J.T. et BERGEN W.G. (1982) : « Influence of ammonia treatment and time of ensiling on proteolysis in corn silage », *J. Dairy Sci.*, 65, 1740 - 1747.
- JOURNET M., HODEN A., PION R., PRUGNAUD J. et DEMARQUILLY C. (1982) : « Ensilages de maïs et ammoniac anhydre : conséquences au niveau de la valeur azotée (P.D.I.) », *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.*, 49, 15 - 22.
- LOMAS L.W. et FOX D.G. (1982) : « Ammonia treatment of corn silage 1. Feedlot performance of growing and finishing steers, 2. Net energy evaluation and silage characterisation », *J. Anim. Sci.*, 55, (4), 909 - 934.

## ANNEXE

### L'AMMONIAC N'EST PAS UN CONSERVATEUR

Que se passe-t-il lorsque l'on met du maïs plante entière haché dans le silo ? C'est un bouillon de culture qui est colonisé par des micro-organismes. Ceux-ci consomment les sucres disponibles. Au départ, ce sont des micro-organismes tolérant la présence d'oxygène qui se développent. Quand il n'y a plus d'oxygène, les bactéries anaérobies prennent le dessus.

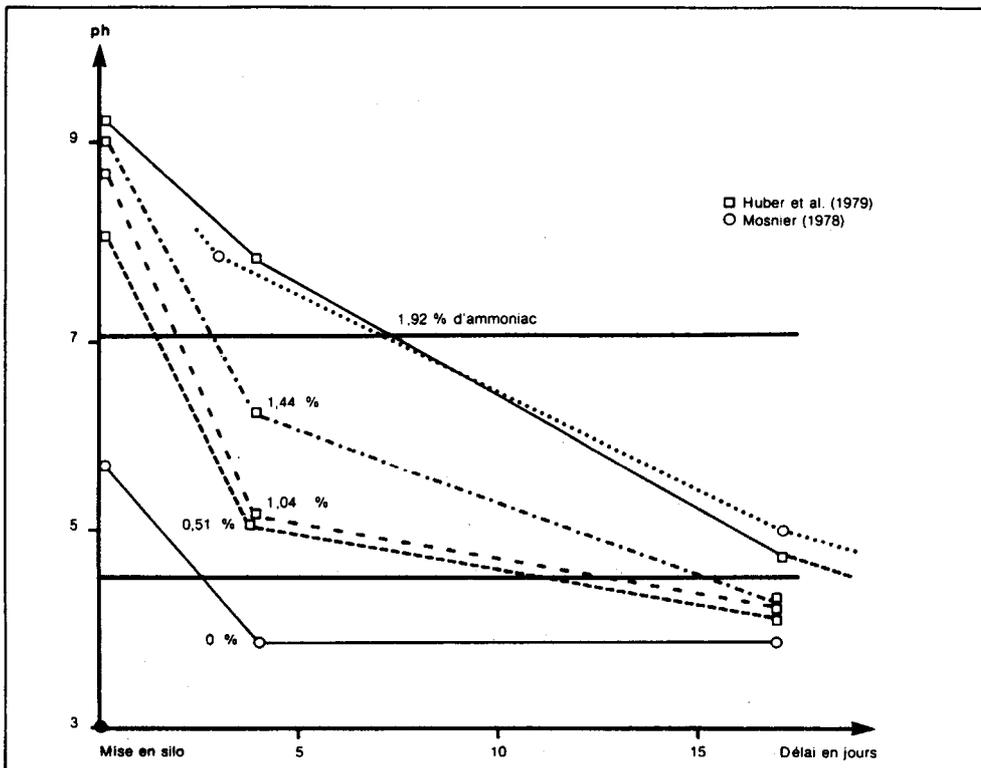
1. Sans ammoniac : quand tout se passe bien, le fourrage haché est déjà légèrement acide à l'arrivée au silo (pH 6 à 5,5). L'oxygène disparaît en quelques heures et ce sont des bactéries lactiques qui colonisent le milieu, produisant de l'acide lactique, un acide presque fort. En 4-5 jours le pH descend en dessous de 4, ne laissant pas aux bactéries butyriques le temps de germer. Celles-ci, qui sont inhibées à cette acidité, ne peuvent donc pas provoquer de dégâts (protéolyse, putréfaction...).

Dans de tels ensilages, on dénombre à l'ouverture une certaine quantité de bactéries, de levures, et un nombre limité de moisissures (*Géotrichum candidum*, *Mucor hiemalis*, *Penicillium roqueforti*). C'est finalement peu de chose car les conditions de milieu (anaérobiose, acidité) ne permettent pas à beaucoup de souches de se développer.

2. Avec ammoniac : l'adjonction d'ammoniac dans le maïs a pour effet immédiat de relever le pH du fourrage : l'ammoniac est une base. Ce pH est d'autant plus fort que la dose apportée est importante, environ pH 9 aux doses habituelles (1 à 2 %).

Les fermentations lactiques ne démarrent pas immédiatement, même si l'oxygène disparaît vite : il faut d'abord que le milieu se neutralise et s'acidifie légèrement sous l'effet d'autres fermentations (acétiques en particulier).

Avec de l'ammoniac l'acidité progresse lentement dans l'ensilage



Le temps nécessaire pour atteindre le pH 4,5 est de l'ordre de 2 jours pour un maïs sans ammoniac. Avec de l'ammoniac à la dose de 0,5 %, ce délai est porté à 10 jours environ ; avec 1,0 %, 12 jours ; 1,4 %, 15 jours ; 1,9 %, 18 jours.

Pendant ce délai le silo est fragile. Si des précautions strictes sont prises (travailler vite, bien tasser, maintenir le silo hermétique) les conséquences peuvent ne pas être graves. Par contre, si les conditions d'ensilage sont difficiles (difficultés de tassement, souillures de terre...) le maïs enrichi avec de l'ammoniac risque d'être plus difficile à conserver.

### L'AMMONIAC MODIFIE LA COMPOSITION DE L'ENSILAGE

A l'ouverture du silo, le maïs traité a des caractéristiques sensiblement différentes d'un maïs témoin.

Les 7 comparaisons faites sur des silos en conditions réelles d'utilisation (ouverts pendant 4 mois en moyenne), à la fois pour le silo témoin et le silo enrichi, ont donné les résultats du tableau ci-dessous :

	M.A.T. g/kg M.S.c	Azote soluble % N	Azote ammo- niacal % N	pH	g/kg M.S.c					Pertes totales (%)	Pertes par inconsom. (%)
					Acide lactique	Acide acétique	Acide butyrique	Méthanol	Ethanol		
Ensilage témoin	81	45,9	6,9	3,8	49,4	13,6	0,41	0,30	7,4	17,2	6,2
Ensilage enrichi avec de l'ammoniac	129	58,3	32,6	4,1	70,1	16,3	1,00	0,92	2,4	16,6	5,5
Différence	+ 59 %	+ 12 points	+ 25,7 points	+ 0,3 point	+ 42 %	+ 20 %	+ 240 %	+ 316 %	- 67 %	- 0,6	- 0,7

On peut noter les comportements suivants :

- accroissement de la teneur en M.A.T.,
- légère augmentation moyenne du pH de 0,3 point,
- augmentation de la teneur en acide lactique de 42 %,
- action irrégulière sur la teneur en acide acétique suivant les silos : + 20 % en moyenne,
- augmentation de la teneur en méthanol,
- diminution moyenne de 67 % des teneurs en éthanol,
- augmentation de 12 points en moyenne de la teneur en azote soluble (en % de l'azote total),
- l'ammoniac ne diminue pas les pertes totales en cours de conservation.

Par ailleurs l'équilibre de la flore est modifié : davantage de bactéries et moins de levures. Lorsque le silo est réalisé dans de bonnes conditions, l'ammoniac diminue les reprises en fermentation, donnant des fronts d'attaque plus stables et qui chauffent moins. En conditions défavorables, l'ammoniac accélère le développement des souches indésirables.

Les quelques mesures réalisées ne permettent pas de conclure à une diminution de la contamination en spores butyriques avec l'emploi d'ammoniac.

### L'AMMONIAC PROTÈGE 30 % DES PROTÉINES DU MAÏS

L'adjonction d'ammoniac dans les ensilages de maïs modifie la répartition des fractions azotées en réduisant la protéolyse dans le silo.

On a observé en effet que la teneur en azote soluble n'augmentait pas aussi fortement que ce que l'on pouvait attendre. D'une part, une partie de l'ammoniac est fixée sans que l'on

*Incorporation  
d'ammoniac  
dans l'ensilage de maïs*

sache encore si elle est récupérée en totalité ou non. D'autre part, 30 % environ des protéines du maïs sont protégées de la dégradation dans le silo lorsque l'on ajoute de l'ammoniac. Cette épargne de P.D.I.A. semble indépendante de la dose d'ammoniac appliquée et représente le phénomène le plus intéressant pour le calcul des rations où elle se traduit par une augmentation de 6 g de P.D.I.A./kg M.S.

La solubilité de l'azote utilisée classiquement ne rend pas compte de ces phénomènes, aussi l'I.N.R.A. propose-t-il un calcul des valeurs P.D.I. spécifique à ces ensilages :

— Pour des ensilages traités, dont la teneur en matières azotées totales est au plus égale à 125 g/kg M.S., on applique les équations avec une solubilité globale de 55 %. Au-delà de 125 g, le supplément d'azote ne donnera que des P.D.I.M.N. avec une solubilité de 100 %. Cette teneur de 125 g de matières azotées totales par kg de matière sèche constitue un seuil au-delà duquel la teneur en P.D.I.E. n'augmente plus et plafonne à 77 g.

— Si l'enrichissement en azote est trop faible et donne un maïs contenant moins de 100 g de M.A.T., on appliquera les équations de l'I.N.R.A. comme on le fait habituellement.

La valeur azotée variant dans de larges proportions (hétérogénéité des doses appliquées et de la fixation, variabilité de la teneur en M.A.T. avant enrichissement), une analyse au désilage est indispensable pour éviter de grossières erreurs de rationnement.

Exemples de valeurs P.D.I. d'un ensilage enrichi en ammoniac (I.N.R.A.).

	Valeur azotée de l'ensilage M.A.T. en g/kg de M.S.			
	82	110	125	140
PDIE en g/kg de M.S.	71	75	77	77
PDIN en g/kg de M.S.	51	71	77	85

F. RAYMOND,  
*Station I.T.C.F. de Boigneville (Essonne).*