

AMÉLIORATION DE LA VALEUR ALIMENTAIRE DES PAILLES:REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Dr.ALRAHMOUN Walid
Faculté d'agronomie
UNIVERSITE TICHERINE

Introduction:

La paille de céréales est un aliment de qualité médiocre caractérisé par:

- une teneur en glucides pariétaux élevée
- une faible teneur en matières azotées
- un faible niveau d'ingestion

En principe; la cellulose et les hémicelluloses sont facilement dégradables par les micro-organismes du tube digestif des ruminants, mais la présence des lignines qui forment des liaisons avec les hémicelluloses dans les fibres de paille constituent une barrière qui gêne l'action des micro-organismes du rumen. Les traitements chimiques (soude-ammoniac) améliorent la digestibilité par la destruction des liaisons chimiques du complexe ligno-cellulosique et rendent la cellulose et les hémicelluloses accessibles aux enzymes et aux micro-organismes du tube digestif. Les traitements physiques sont destinés à augmenter le niveau d'ingestion et la digestibilité. Les complémentations azotées (urée-tourteaux) et énergétique (mélasse) ont pour but d'augmenter les niveaux énergétiques et azotés de la ration, ainsi que de stimuler l'activité des micro-organismes du rumen, par conséquent la digestibilité.

Au cours de cette revue bibliographique, nous faisons le point les différents moyens utilisables pour améliorer la valeur alimentaire des pailles, et nous soulignons les effets des traitements par les alcalins sur la valeur nutritive des pailles et l'orientation des fermentations dans le rumen.

-1- La complémentation azotée:

La supplémentation des pailles par l'urée augmente la quantité ingérée de paille environ de 32% chez les ovins et la digestibilité des matières organiques (M.O) de 6 points. Cette augmentation est due à la stimulation de l'activité microbienne dans le rumen. L'apport énergétique associé à l'urée augmente le niveau d'ingestion et la digestibilité de la paille chez les ovins; la complémentation du régime avec le tourteau ou du concentré augmente l'ingestibilité et la digestibilité de la paille.

-2- Les traitements physiques:

Le broyage augmente nettement la quantité de paille ingérée chez les ovins de 65% à 100% (XANDE, 1978); le broyage suivi d'agglomération augmente l'ingestibilité de 72% pour la paille d'orge et de 59% pour la paille de blé, XANDE et DEMARQUILLY (1983). Le traitement de la paille à la vapeur et à haute pression augmente le niveau d'ingestion et la digestibilité, KNIPFEL et al. (1981) ont noté que la digestibilité de la M.O. et de la cellulose sont augmentées respectivement de 44 et 49%, par contre la digestibilité des matières azotées a été légèrement diminuée avec le traitement à la vapeur sous pression. JOUANY (1975) souligne que la vapeur sous pression gonfle les fibres et facilite l'action des enzymes et des micro-organismes du rumen.

-3- Les traitements biologiques:

Certains travaux ont étudié la dégradation de la lignine par les bactéries et les champignons. HARTLEY et al. (1974) avec des champignons, HAN et al. (1976) avec des bactéries obtiennent l'augmentation de la digestibilité de la paille IN VITRO. L'association du traitement chimique au traitement enzymatique peut apporter une augmentation sensible de la valeur alimentaire des matériaux lignocellulosiques (HARTLEY et al. (1978).

-4-Les traitements chimiques (les alcalins) :

La richesse des pailles en glucides pariétaux très lignifiés limite leur niveau d'ingestion et leur digestibilité. En fait, les traitements chimiques (soude ou ammoniac) sont destinés à rompre les liaisons lignocellulosiques et rendre la cellulose et les hemicelluloses accessibles aux enzymes et aux microbes du tractus digestif.

-4.I- Les traitements à l'ammoniac:

Le traitement des pailles à l'ammoniac est ancien dans les pays scandinaves. Diverses méthodes de traitements sont décrites pour répondre à la moyenne et au besoin des exploitations agricoles. Les méthodes les plus fréquemment utilisées sont:

-4.I.I- Le traitement en meule (méthode norvégienne):

Le principe consiste à injecter de l'ammoniac anhydre (liquide ou gaz) dans une meule de paille couverte et bien fermée sur les bords. La durée du traitement varie entre 5 et 8 semaines selon la température ambiante. Il est conseillé de distribuer la paille aux animaux 1 à 2 jours après l'ouverture de la meule.

-4.I.2-Le traitement en four:

Selon cette méthode, après avoir chargé la paille dans le four l'air et le gaz ammoniac y circulent pendant 15 heures; ensuite on chauffe à la température de 95°C pendant 4 heures et après la paille traitée est ventilée avec de l'air frais pour évacuer l'ammoniac non fixé, pendant 4 heures.

-4.I.3-Le traitement en container isolé:

Cette méthode utilise une enceinte isotherme, un réservoir intermédiaire où l'ammoniac liquide sous l'action de la chaleur atmosphérique se vaporise et diffuse dans l'enceinte. La durée du traitement est de 6 jours.

-4.I.4 - Les facteurs qui peuvent influencer le résultat du traitement à l'ammoniac :

Le taux d'ammoniac : SUNDSTOL et al. (1978) ont noté que le taux optimum d'ammoniac est de 3 à 4 % de M.S. . Pour JACKSON (1977), le taux d'ammoniac recommandé est de 3,5 % de M.S..

La température du traitement : en général l'action de l'ammoniac sur la paille est lente à température entre 0 et 20° C.

La teneur de la paille en matière sèche (M.S) : joue un rôle important sur l'efficacité du traitement à l'ammoniac. Pour SUNDSTOL et al.(1979) les traitements de 3 à 5 % d'ammoniac des pailles de céréales de 70 à 75 % de matière sèche (M.S) donnent de meilleurs résultats.

L'espèce végétale: HORTON (1979) a remarqué que la réponse au traitement a été meilleure avec la paille de blé qu'avec la paille d'orge ou d'avoine et qu'il y avait des différences entre variétés de même espèce.

- 4.I.5 - Effets du traitement à l'ammoniac :

CORDESSE (1982) a indiqué que la teneur en M.A.T. (matières azotées totales) des pailles traitées est augmentée 2 et parfois 3 fois, selon les conditions de traitement. Le traitement augmente le niveau de consommation; O'SHEA et al.(1981) ont enregistré une augmentation de la consommation de paille traitée entre 25 et 40 % par rapport à la paille témoin. La digestibilité de la M.S. a été augmentée entre 6 et 43 % selon GORDON et CHESSON(1983) et la digestibilité de la M.O. a été augmentée entre 3 à 35 % selon la paille BORHAMI et JOHNSEN (1981) . Le traitement à l'ammoniac a amélioré la digestibilité des M.A.T. de paille de 30 à 60 % CORDESSE (1982). La digestibilité de l'A.D.F. (acide detergent fibre) a été augmentée de 11 à 80 % HORTON (1981) , de même la digestibilité de la cellulose a été augmentée de 20 à 40 % selon HORTON (1981). La digestibilité de l' énergie brute a augmentée de 11 % pour HORTON(1978) et de 30 % pour CORDESSE (1982). En ce qui concerne l' influence du traitement sur la fermentation dans le rumen, OJI et MONAT (1979)

ont observé que le traitement à l'ammoniac augmente la vitesse de transit du digesta, par contre, ALRABBAT et HEANEY (1978) ont remarqué que le taux de passage est légèrement plus lent. La concentration des acides gras volatils (A.G.V.) totaux dans le rumen n'a pratiquement pas varié avec le traitement. L'azote ammoniacal a nettement augmenté, l'urée plasmatique a été supérieure chez les animaux recevant la paille traitée à l'ammoniac HORTON (1978).

- 4.2- Les traitements à la soude:

Le traitement des pailles à la soude est ancien, depuis 1919, BECKMAN en Allemagne a utilisé la soude en vue d'améliorer la valeur alimentaire des pailles. Il existe différents traitements à la soude:

- 4.2.1.- Par voie humide:

Mis au point par BECKMAN, il consiste en un trempage de la paille (longue ou hachée) dans une solution de 1,5 à 2 % de NaOH pendant 24 heures ensuite à éliminer l'excès de soude par les rinçages. Les inconvénients de cette méthode sont nombreux: une perte de matières solubles élevée, les coûts du traitement (main d'oeuvre, réactifs, eau) sont élevés; elle pose des problèmes sérieux au niveau de la conservation des pailles traitées et au niveau de la pollution.

- 4.2.2 - Par voie semi-humide:

Elle consiste à ensiler la paille hachée, la concentration de solution du traitement est de 1,6 à 5 %, la température du traitement entre 80 et 100° C pendant 15 à 30 minutes GAUDIN (1977). L'utilisation de cette méthode permet de limiter les pertes de matières solubles.

-4.2.3.-Par voie semi-sèche:

Le traitement est réalisé à l'aide d'une machine qui hache la paille et la mélange avec la solution de soude DULPHY (1978).

- 4.2.4 -Par voie sèche:

Procédé industriel mis au point par WILSON et FIGDEN (1964);il consiste à pulvériser une faible quantité de solution de soude sur la paille broyée ou hachée, ensuite à bien mélanger la paille avec la soude; le mélange subit une forte pression et une température élevée ce qui favorise la destruction des liaisons ligno-cellulosiques. Cette méthode offre plusieurs avantages pratiques au niveau traitement ,conservation et pollution.

- 4.2.5 - Quantités de soude à incorporer:

La quantité de soude à incorporer varie selon la paille. ORSKOV et al. (1980) ont indiqué que la valeur optimale de NaOH est de 3 à 3,5 % pour la paille d'orge, 4,5 à 5 % pour la paille d'avoine et de 2,5 à 3 % pour la paille de blé. DULPHY et al. (1982) ont noté que 40 à 50 grammes de soude par kilogramme de paille permet d'obtenir de meilleurs résultats chez les ovins.

- 4.2.6 - La température et la durée de réaction:

OLOLADE et al. (1970) ont étudié l'effet de la température et de la durée du traitement sur la digestibilité de M.S. IN VITRO , ils ont noté que la digestibilité de la M.S. de paille traitée à 100°C pendant 90 minutes augmente de 10 % par rapport à celle de paille traitée à 23°C pendant 24 heures.

- 4.2.7 - Effets des traitements à la soude sur la digestibilité et l'ingestibilité des pailles:

De nombreux travaux ont montré que la digestibilité de composés pariétaux a été nettement supérieure avec des pailles traitées. DEMARQUILLY

et PETIT (1976), ont conclu qu'avec une dose moyenne de 5,5 % de NaOH, la digestibilité de la M.O de la paille a augmenté d'environ de 60%. DULPHY et al. (1982) ont montré que la digestibilité a augmenté de 10,8 points (25 %) lorsque les pailles ont été traitées à la soude par la voie semi-humide.

TISSERAND et VANNESPEN (1981) ont noté que le traitement à la soude augmente la dégradation IN VITRO de l'A.D.F. et de la cellulose de 43 % et 30 % respectivement; OUDOT (1983) a enregistré que la digestibilité des M.S., A.D.F et la C.B. a été augmentée de 18,31 et 27 % avec le traitement par la soude, par contre, la digestibilité de M.A.T. a été diminuée d'environ 40 %. DULPHY et al. (1982) ont remarqué que la digestibilité de la M.O varie de 8 à 16 points et celle de la cellulose brute de 6,9 à 22,9 selon les pailles. Le traitement à la soude augmente le niveau d'ingestion des pailles. OUDOT (1983) a noté une augmentation de l'ingestibilité de 48 à 51 % chez les ovins recevant la paille traitée à la soude. TISSERAND et al. (1983) ont enregistré une augmentation jusque 150 % d'ingestibilité de la paille d'orge traitée à la soude chez les ovins. Les réponses des animaux au traitement varie entre espèces. GIHAD et al. (1981) ont noté que la réponse des caprins au traitement à la soude a été inférieure à celle des ovins, cela peut être expliqué par la digestibilité élevée des pailles non traitées chez les caprins. SEGHAL et PUNJ (1983) ont montré que le traitement des pailles à la soude (8 %) a augmenté la digestibilité des M.S., M.O. et de l'A.D.F. de 11,73 et 27,6 % chez les caprins. HIGGINS (1981) a noté que la quantité de M.S ingérée (g/ kg p^{0,75}) a été augmentée chez les ovins et que ce n'était pas le cas chez les caprins; la digestibilité des M.A.T diminue avec les traitements à la soude, HIGGINS (1981) a montré que le traitement décroît la digestibilité des M.A.T. chez les ovins et les caprins. Pour BERGER et al. (1980) le traitement augmente la vitesse de transit et réduit le temps de rétention dans le rumen. RAI et MUDGAL (1982) ont rapporté que le traitement a été défavorable pour les micro-organismes protéolytiques dans le rumen. L'addition de l'urée augmente la rétention azotée. OUDOT (1983) a noté que la présence de l'urée dans une ration à base de paille traitée à la soude augmente la rétention azotée.

- 4.2.8 - Orientation des fermentations dans le rumen:

- 4.2.8.1 - Le PH :

L'ingestion de paille traitée à la soude augmente le PH du rumen . BIEN-AIME (1979) a observé une augmentation de PH de $+ 0,5$ unités en moyenne par rapport à la paille non traitée. DULPHY et al. (1982) ont enregistré une augmentation du PH avec le traitement à la soude (de 6,36 à 6,61). ALRAHMOUN et al. (1985) ont signalé que le traitement de paille à la soude augmente le PH du rumen chez les caprins et les ovins.

- 4.2.8.2 - Les acides gras volatils (A.G.V):

La concentration du jus du rumen en A.G.V. totaux est en moyenne plus élevée avec la paille traitée. JOUANY et al. (1981) ont indiqué que le traitement des pailles à la soude a augmenté la production d'A.G.V. dans le rumen de 50 %. BIEN-AIME (1979) a noté que la concentration du jus du rumen en acides gras volatils totaux a varié de 77,8 à 104,8 pendant la journée pour la ration de paille non traitée et de 82,1 à 127,1 M.M / litre pour celle de paille traitée. ALRAHMOUN et al. (1986) ont montré que le traitement de la paille à la soude augmente la concentration en A.G.V. du contenu du rumen chez les caprins et les ovins.

- 4.2.8.3 - Le taux d'azote ammoniacal (N-NH₃) :

Le traitement de paille à la soude entraîne une diminution du taux d'azote ammoniacal dans le rumen. DULPHY et al. (1982) ont observé que le traitement à la soude diminue le taux de N-NH₃ du rumen (de 20,1 à 14,3). ALRAHMOUN et al. (1986) ont remarqué que le traitement à la soude a entraîné une diminution très importante du taux d'azote ammoniacal dans le rumen chez les caprins et les ovins. JOUANY et al. (1981) ont expliqué cette diminution par un accroissement de la synthèse microbienne dû à une meilleure disponibilité de l'énergie dans la ration. Pour d'autres auteurs, comme

VAZHAPILLY et BRETONI (1982) cette diminution est due à une augmentation de la vitesse de transit des aliments; ceci diminue le temps de rétention et fait échapper les aliments à la digestion microbienne. SEGAL et PUNJ (1983) ont enregistré que cette diminution peut être due à une augmentation de la synthèse de protéines microbiennes. En tout état de cause, la complémentation de paille traitée à la soude avec une source azotée est nécessaire pour assurer les besoins azotés des populations microbiennes du rumen.

CONCLUSION:

La valeur nutritive des pailles brutes est faible. Ceci est dû principalement à une digestibilité de matière sèche peu élevée et une digestibilité des matières azotées pratiquement nulle, ainsi qu'une valeur d'encombrement assez importante qui limite son ingestion.

Au cours de cette revue bibliographique, nous avons abordé de nombreux traitements utilisés pour améliorer la valeur alimentaire des pailles, mais nous insistons sur les traitements aux alcalins.

Le traitement à la soude permet une augmentation sensible des quantités ingérées et de la digestibilité des glucides pariétaux ; toutefois, l'utilisation digestive apparente des protéines brutes diminue; cette diminution rend nécessaire une complémentation azotée de la paille traitée à la soude.

Le traitement à l'ammoniac accroît la digestibilité de la matière sèche et permet donc d'augmenter la valeur énergétique ; aussi il présente l'avantage d'apporter en plus des matières azotées à la paille traitée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

- ALABEAT M.F., HEANEY D.P., 1978. The effects of anhydrous ammonia treatment of wheat straw and steam cooking of aspen wood on their feeding value and on ruminal microbial activity. 2. Fermentable energy and microbial growth derived from ammonia nitrogen in the ovine rumen. *Canad. J. of Animal Sci.*, 58, 453-463.
- ALRAHMOUN W., MASSON C., TISSERAND J.L., 1985. Etude comparée de l'activité microbienne dans le rumen chez les caprins et les ovins. I. Effet de la nature du régime. *Ann. Zootech.* 34 (4), 417-428.
- ALRAHMOUN W., MASSON C., TISSERAND J.L., 1986. Etude comparée de l'activité microbienne dans le rumen chez les caprins et les ovins. II. Effet du niveau azoté et de la nature de la source azotée. *Ann. Zootech.* 35(2), 109-120.
- BERGER I.L., KLOPFENSTEIN I.J., BRITON R.A., 1980. Effects of sodium hydroxide treatment of passage and rate of ruminal fiber digestion. *J. Anim. Sci.*, 50(4), 745-749.
- BIEN-AÏME S., 1979. Facteurs de variations de la digestibilité des pailles de céréales. Thèse de doctorat de 3ème cycle. E.N.S.I. Montpellier, 189 P.
- BORHAMI B.E.A., JOHNSON F., 1981. Digestion and duodenal flow of ammonia treated straw and sodium hydroxide treated straw supplemented with urea, soybean meal, or fish viscera silage. *Acta agriculturae scandinavia* 35, 245-250.

- CORDESSE R., 1982. Une solution pratique pour le traitement de vos pailles à l'ammoniac.
L'élevage bovin,ovin, caprin, II4, 36- 40.
- DEMARQUILLY C., PETIT M., 1976. Consultation technique de la F.A.O. sur les nouvelles sources d'aliments du bétail.
F.A.O. Rome chap.6.6I-86.
- DULPHY J.P., 1978. Les pailles : une source d'unités fourragères à valoriser.
L'élevage bovin,ovin, caprin n° hors série, 70 - 75 .
- DULPHY J.P., 1979. Valeur alimentaire des pailles traitées ou non.
Bull; techn.d'information n° 34I-342, 3I9-336.
- DULPHY J.P., BRETON J., LOUYOT J.M., 1982. Etude de la valeur alimentaire des pailles traitées à la soude.
I. Influence du traitement à la soude. Ann. Zootech. 31(3),
195-213.
- GAUDIN J.C., 1977. Les différentes possibilités d'amélioration de la valeur alimentaire des pailles de céréales.
Les dossiers de l'élevage vol. n°5, 2-22.
- GIHAD E.A., ELBEDAWY T.M., ALLAM S.M., 1981. Comparative efficiency utilization of untreated and NaOH treated poor quality roughages through IN SITU digestion by sheep, goats, and buffaloes.
In symposium international .
Nutrition et systèmes d'alimentation de la chèvre. vol. I, p. 327-337. Ed ; ITOVIC. INRA Tours-FRANCE.
- GORDON A.H., CHESSON A., 1983. The effect of prolonged storage on the digestibility and nitrogen content of ammonia-treated barley straw.
Animal Feed Sci. Technol. 8, 147-153.

- HAN L.H., GEANT G.A., ANDERSON Y.U., 1976. Fermented straw for animal feed.
Feedstuff n°26, 17-24.
- HARTLEY R.D., JONES E.C., KING N.J., SMITH G.A., 1974. Modified wood wastes
and straw as potential components of animal feeds.
J.Sci.food Agric; 25, 433-437.
- HARTLEY R.D., JONES E.C., 1976. Effect of aqueous ammonia and the alkalis
on the in vitro digestibility of barley straw.
J.Sci.Food.Agric. 29, 92-98.
- HIGGINS A.J., 1981. The effect of sodium hydroxide spray treatment on di-
gestibility of barley straw in sheep and goats.
Agricultural Wastes, 3, 145-155.
- HORTON G.M.J., 1976. The intake and digestibility of ammoniated cereal
straw by cattle.
Can.J.Anim.Sci. 58, 471-478.
- HORTON G.M.J., 1979. Feeding value of rations containing non protein nitro-
gen or natural protein and of ammoniated straw for beef cat-
tle.
J.Anim.Sci. 48, 33-44.
- HORTON G.M.J., 1981. Composition and digestibility of cell wall components
in cereal straws after treatment with anhydrous ammonia.
Can.J.Anim.Sci., 61, 105-1062.
- JACKSON L.G., 1977. Review article: the alkali treatment of straw.
Anin.Feed.Technol., 2, 105-130.
- JOUANY J.P., 1975. Etude des traitements permettant d'améliorer la va-
leur alimentaire des fourrages " pauvres " (pailles).
Bull.Techn.C.R.Z.V. Theix, 21, 5-15.

- JOUANY J.P., SEMAUD J., GROLIER C.A., THIVEND P., GRAIN J., 1981. Influence du traitement par la soude et de l'inoculation du cilié polyplastro multi vésiculatum dans le rumen sur la digestion d'un régime riche en glucides pariétaux.
Repro.Nutr.Dévelop. 21,866.
- KNIPFEL J.E., KERNAN J.A., COXWORTH E., 1981. Digestibility and voluntary intake by wethers of diets containing ammoniated or high pressure steam treated deepawa wheat straw from fields fertilized with manure or chemical fertilizer.
Can.J.Anim.Sci. ,61,657-662.
- OJI U.I., MOWAT D.E., 1979. Nutritive value of thermo ammoniated and steam treated maize stover. I. Intake digestibility and nitrogen retention.
Anim.Feed.Sci.Technol. ,4,177-186.
- OLOLADE B.G., MOWAT D.N., WINCH J.E., 1970. Effect of processing methods on the IN VITRO digestibility of sodium hydroxide treated roughages.
Can.J. Anim.Sci.,50,657-662.
- ORSKOV E.R., BARNES B.J., LUKINS B.A., 1980. A note on the effect of different amounts of NaOH application on digestibility by cattle of barley ,oats,wheat and maize.
J.Agric.Sci. Camb.,94,271-273.
- O'SHEA J., LAMLOR L.J., HOPKINS J.P., 1961. A note on the ammoniation of large cylindrical straw bales.
Irish J.of Agric.Research,20,101-103.
- OUDOT J., 1983. Valorisation de la paille par divers traitements chimiques. Effets sur la valeur alimentaire.
Thèse de 3ème cycle.I.N.R.A.Dijon ,90 P;

- RAI S.N ,MUGDAL U.D,1982. Effect of chemical and biochemical treatments of wheat straw on nutrient utilization in goats.
In: Third International Conference of goat.Production and disease.
p.365,Ed. TUCSON-ARIZONA-U.S.A..
- SEHGAL J.P ,PUNJ M.L.,1983.Utilization of alkali treated and neutralized wheat straw based ration for growing goat kids.
Animal Feed Sci.Technol.,9, 155-168.
- SUNDSTØL F.,COXWORTH E.,NOWAT D.N.,1978. Amélioration de la valeur nutritive de la paille par le traitement à l'ammoniac.
Revue Mondiale de Zootechn.,26,13-21.
- SUNDSTØL F.,SAIDA A.N.,ANARSON J.,1979.Factors influencing the effect of chemical treatment on the nutritive value of straw.
Acta Agri.Scand.,29,179-190.
- TISSERAND J.L.,VANESPEN L.,1981.Effet d'un traitement par la soude sur l'utilisation digestive d'une paille d'escourgeon.
Reprod.Nutr. Develop.,21,865.
- TISSERAND J.L.,YESCHY F.,OLDOT J.,1983. Effets comparés du traitement à la soude et à l'ammoniac sur la valeur alimentaire de la paille.
34ème réunion annuelle de la F.E.S. MADRID.
- VAZHAPILLY P.,BERTONI G.,1982.Use of straw treated with sodium hydroxide for ruminants.Effects on nitrogen metabolism.
Zoot.Nutr.Anim.,8,52-51.
- WILSON,PIGDEN,1964.Effect of sodium hydroxide treatment on wheat straw and poplar wood by rumen microorganisms.
Can.J.Anim.Sci.,44,122-123.
- XANDELA.,1978.Valeur alimentaire des pailles de céréales chez le mouton.
I. Influence de la complémentation azotée et énergétique sur l'ingestion et l'utilisation digestive d'une paille d'orge.

Ann;Zootech.,27,583-599.

XANLE A. ,DEMARQUILLY C.,1983.Influence du traitement mécanique et chimique à la soude (NaOH) sur la valeur alimentaire des pailles de céréales mesurées sur mouton.

Ann;Zootech. 32,341-356.
