

VALORISATION NUTRITIONNELLE IN VITRO DE CERTAINES HALOPHYTES NATIVES DES ECOSYSTEMES SALINS ALGERIENS PAR LE MICROBIOTE RUMINAL DU DROMADAIRE

MEDILA I.^{1,2}, ADAMOU A.¹, ARHAB R.³, ALIA O.², BOUTERA M.²

1. Laboratoire protection des écosystèmes dans les zones arides et semi-aride, université Kasdi Merbah, Ouargla
2. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Echahid Hamma Lakhder El Oued
3. Laboratoire des Molécules Végétales et Amélioration des Plantes, Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Larbi Ben Mhidi, Oum El Bouaghi, Algérie.

Résumé: Trois halophytes d'El Oued (*Atriplex halimus* L., *Sueda mollis*, *Zygophyllum album*) qui sont préférentiellement broutées par les dromadaires, et en plus du foin de vesce-avoine (un substrat témoin de référence), ont été analysés afin de déterminer leurs valeurs nutritives pour les dromadaires. Notre étude est basée sur l'évaluation de leur potentiel nutritif par la mesure de leur fermentescibilité in vitro par le microbiote ruminal camelin. Les résultats de la fermentation in-vitro par le microbiote ruminal du dromadaire révèlent que, à l'exception du *Z. album*, la production de gaz totale, engendrée par la dégradation anaérobie de ces substrats, est relativement élevée par rapport à celui du substrat de référence, contrairement à la plupart des autres ruminants d'élevage, pour qui, la plus part des travaux mentionnent que la production de gaz in vitro est négativement influencée par le contenu fibreux des aliments et leur teneur en composés secondaires. Ces résultats pourraient s'expliquer soit par le fait que les substrats examinés renferment une fraction fibreuse hautement digestible, soit par la capacité d'utilisation digestive et métabolique du microbiote ruminal camelin de ce type de fourrage, soit par la combinaison de ces facteurs.

Mots clés : halophytes, zone aride, dromadaire, valeur nutritive, microbiote ruminal, fermentescibilité in vitro.

IN VITRO NUTRITIONAL VALUE OF SOME HALOPHYTES NATIVE FROM ALGERIANS SALT ECOSYSTEMS BY CAMEL RUMINAL MICROBIOTA

Abstract: Three halophytes from El Oued (*Atriplex halimus* L., *Sueda mollis*, *Zygophyllum album*) which are preferentially grazed by camels, and in addition to the hay of vetch-oats (a reference control substrate), have been analyzed in order to determine their nutritional value for camels. Our study is based on the evaluation of their nutritional potential by measuring the fermentability *in vitro* by ruminal microbiota of camels.

The results of the *in vitro* rumen fermentation by dromedary microbiota show that, with the exception of *Z. album*, the total gas production, generated by the anaerobic degradation of these substrates, is relatively high compared to that of the reference substrate, contrary to most other domestic ruminants, to which most of studies mention that *in vitro* gas production is negatively influenced by the fiber content of foods and their content of secondary compounds. These results could be explained either by the fact that our tested substrates contain a highly digestible fiber fraction, or by the digestive and metabolic use capacity of camelin ruminal microbiota of this type of feed, or by the combination of these factors.

Keywords: halophytes, arid zone, dromedary, nutritional value, ruminal microbiota, fermentability in vitro.

Introduction

En Algérie, deux millions de kilomètres carrés sont désertiques (arides) sur la superficie totale du pays (2.381.740 km²) [1] tandis que le reste (381.740 km²) est

semi-aride (semi désertique) et sub-humide (mi-humide, mi-sec) [2].

Malgré les conditions climatiques sévères des régions arides et semi-aride (faible pluviométrie, hautes températures,

salinité des sols...), certaines espèces acclimatées, dont les halophytes, survivent avec des formes d'adaptations extraordinaires [3]. Ces plantes, selon les chameliers de la région de Benguecha, sont très appréciées par le dromadaire ou «vaisseau du désert», qui présente le secours alimentaire, utilitaire et monétaire du nomade. L'un des problèmes majeurs qui limite le développement de l'élevage camelin est l'alimentation, qui est basée sur les ressources fourragères locales [4].

En dépit de l'importance que possèdent les ressources qui peuplent les écosystèmes des zones arides, dans l'alimentation des animaux et la protection de l'environnement, elles n'ont cependant pas bénéficié de l'attention qu'elles méritent.

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à évaluer la valeur nutritive de plantes halophytes collectées dans des parcours camelins des régions arides d'Algérie, par l'étude de leurs fermentescibilités *in vitro* par le microbiote ruminal camelin.

L'objectif de notre travail est d'évaluer la possibilité de leur utilisation comme constituant des rations alimentaires dans l'élevage camelin et de sélectionner les plantes fourragères les plus intéressantes sur le plan nutritionnel.

1. Matériel et méthodes

1.1 Matériel végétal

Benguecha (commune de Taleb El-arbi-Wilaya d'El Oued). Le choix des plantes étudiées qui constituent la strate herbacée de ces parcours camelins a été fait selon leur abondance pendant la saison hivernale de l'année 2013. L'identification de ces plantes a été faite à l'aide des travaux de QUEZEL et SANTA [5], CHEHMA [6], OZENDA [7].

Selon la méthodologie de “*hand plucking method*”, seules ont été collectées les parties de plante (rameaux tendres, feuilles, fleurs, fruits) réellement broutées par le dromadaire. Après l'identification, Les plantes testées sont : *Atriplex halimus*, *Sueda mollis*, et *Zygophyllum album*, comparativement à un substrat témoin, le foin de vesce avoine, qui est considéré comme une plante de référence.

1.2. Inoculum

Le jus de rumen est collecté de 3 dromadaires, abattus le matin à l'abattoir. Ces animaux sont choisis aléatoirement, d'âge et de sexe différents et ont reçu un régime alimentaire libre et non défini. Après l'abattage, le contenu de rumens est directement transféré dans des Thermos préchauffés à 39 C° et saturés en CO₂. Au

laboratoire, le contenu ruminal est filtré à travers 04 couches de mousline (porosité de 500 µm) et barboté de CO₂. Toute la manipulation est réalisée sous un flux constant de CO₂.

L'inoculum est préparé selon les procédures décrites par MENKE et STEINGASS [8]. Elles consistent à mélanger un ratio de (1:2 v/v) jus de rumen avec une solution de salive artificielle.

1.2. Fermentation in vitro

La technique adoptée a été celle décrite par MENKE et STEINGASS [8]. 200±10mg de matière sèche préalablement broyée de chaque substrat est pesée dans une seringue en polypropylène de 60ml, préchauffée à 39C°. Les seringues sont inoculées par 30ml d'inoculum sous un flux de CO₂ puis incubées dans une étuve à agitation d'une vitesse de 9 tour/min réglée à 39 C° pendant 96 heures. La lecture des gaz produits est effectuée en cinétique après, 3, 6, 9, 24, 48, 72 et 96 heures et une cinétique de production de gaz est ainsi réalisée. Pour chaque fourrage, trois répétitions ont été faite Dans les mêmes conditions, trois fermenteurs témoins, sans substrat (blanc : jus de rumen plus salive artificielle) et le substrat standard sont incubés.

La production de gaz (PG) de l'échantillon est calculée comme suit:

$$PG = (Vt - V0 - G0) * 200 / P)$$

Où:

V0 = Position du piston au début de l'incubation de l'échantillon.

Vt = Position du piston après temps d'incubation.

G0 = Volume moyen de gaz produit dans les témoins (jus sans substrat).

P = Prise de l'échantillon en mg de MS.

L'évolution du pH est mesuré à l'aide d'un pH mètre portable à électrode en verre préalablement étalonnée.

Les paramètres cinétiques de la fermentation in vitro des substrats sont déduits du modèle exponentiel proposé par ORSKOV and MC DONALD [9] et modélisé à la production de gaz par BLÜMMEL and ORSKOV [10]. Ils sont calculés par le programme informatique Neway Exel proposé par CHEN [11]:

$$Y = a + b(1 - e^{-c*t})$$

Où : y (ml/200 mg MS ou mmole/g MS) est la production de gaz après chaque temps d'incubation, a (ml/200mg MS ou mmole/g MS) est la production de gaz à partir de la fraction soluble, b (ml/200 mg MS ou mmole/g MS) est la production de

gaz à partir de la fraction insoluble mais potentiellement fermentescible et c (%h-1) est la vitesse de production de gaz à partir de b .

1.3. Analyses statistiques

L'analyse statistique des résultats obtenus a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS version 20.0. Pour mettre en évidence l'existence de différences significatives entre les écotypes pour les paramètres étudiés, la méthode d'analyse de variance a été utilisée, complétée par un test "Duncan" permettant de comparer les moyennes entre les groupes.

2. Résultats et discussion

2.1. Cinétique de production de gaz

La cinétique de production de gaz des substrats étudiés est illustrée dans la figure 1. Généralement, la cinétique de dégradation est caractérisée par 2 ou 3 phases distinctes.

La première phase correspond à une phase d'adaptation, elle présente une faible

production de gaz et un temps de latence courte, situé entre 0 et 2 heures pour *S. mollis*. Cependant, cette phase est presque absente dans le cas d'*A. halimus*, *Z. album*, et du foin de vesce avoine.

La deuxième phase est dite phase exponentielle ou phase de croissance rapide, elle est caractérisée par une production élevée de gaz, environ 75% du gaz total est produit durant cette période qui dure de 2 à 24 heures pour *Z. album*, et le foin de vesce avoine, et entre 2 à 72 heures pour l'*A. halimus*, et *S. mollis*.

La troisième phase se situe entre 24 et 96 heures pour *Z. album*, et le foin de vesce avoine, entre 72 h et 96 h pour l'*A. halimus*, et *S. mollis*. Peu de gaz est alors produit et la fermentation diminue jusqu'à se stabiliser totalement par l'épuisement du milieu de fermentation (dégradation complète du substrat) et des conditions défavorables engendrées dans le milieu par l'acidité résultante de l'accumulation des acides gras volatils (AGV).

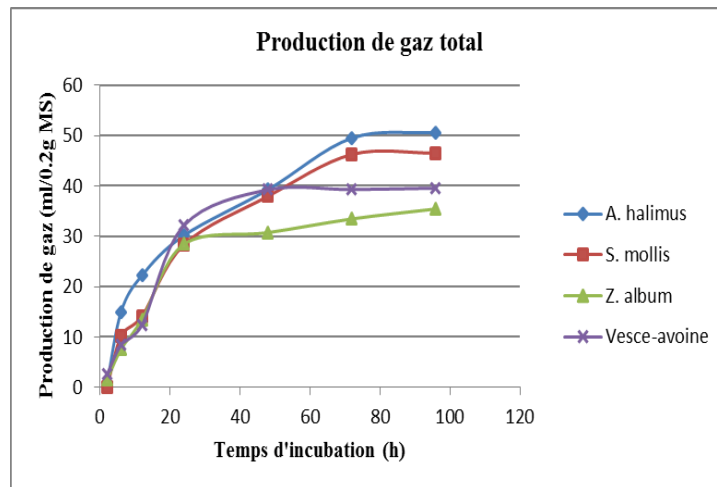


Figure 1 : Cinétique de la production de gaz due à la fermentation *in vitro* des plantes halophytes collectées de la région d'El-Oued.

2.2. Evolution du pH

Le pH est un paramètre très important dans la régulation et l'optimisation des fermentations ruminales. Le pH du jus de rumen fraîchement collecté est de 6,23. Cette valeur indique des conditions physico-chimiques favorables à une bonne activité fermentaire du microbiote ruminal (tableau 1).

Après l'addition de la salive artificielle, une légère augmentation du pH a été constatée. Le pH du mélange jus du rumen/salive artificielle a atteint une valeur moyenne de 6.96. Cette augmentation de pH peut être expliquée par l'effet tampon de la salive artificielle qui contribue à la

neutralisation de l'acidité du milieu [12] ; [13].

Il est à noter, que le pH tend à baisser et une variation significative est notée entre le pH initial et le pH final avec certains substrats. Cependant, une baisse des valeurs de pH est constatée, ainsi le pH passe de 6.96 à 6.32, 6.75, 6.92 et 6.44 respectivement pour *A. halimus*, *S. mollis*, *Z. album*, et la foin de vesce avoine. Pour tous les substrats, les valeurs de pH enregistrées sont au-dessus du seuil critique d'inhibition de la croissance et de l'activité cellulolytique du microbiote ruminal [14] ($\text{pH} \geq 6$).

Tableau 2 : Liste des espèces spontanées médicinales rencontrées dans les zones humides de la région de Oued Righ

| Substrats | Jus du remun | Innoculum | Blanc | <i>A. halimus</i> | <i>S. mollis</i> | <i>Z. album</i> | Vesce-avoine |
|-----------|--------------|-----------|------------|-------------------|------------------|-----------------|--------------|
| Ph | 6.23 | 6.96 | après 96 h | | | | |
| | | | 8.16 | 6.32 | 6.75 | 6.92 | 6.44 |

Il faut signaler que l'acidification du pH après 96 h de fermentation serait due à l'accumulation des AGV et de l'acide lactique comme produit final de fermentation dans le milieu [15] ; [16]. Elle peut être engendrée aussi par une augmentation de la concentration en H₂ [17].

2.3. Les paramètres cinétiques de la fermentation *in vitro*

Les paramètres cinétiques de la fermentation *in vitro* des différents substrats, déduits à partir du modèle d'ORSKOV et MC DONALD [9], sont mentionnés dans le tableau 2. Généralement, on constate que les valeurs du facteur (a) sont aussi bien négatives que positives. D'après plusieurs auteurs, la valeur négative de (a) serait la conséquence d'une phase de latence durant laquelle les microorganismes s'attachent et colonisent les particules alimentaires avant leur éventuelle dégradation [15]. Cette

constatation est également signalée par plusieurs auteurs travaillant *in vitro* et *in sacco* [18]; [19]; [20].

Le volume de gaz produit à partir de la fraction insoluble mais potentiellement fermentescible (b) est statistiquement différent ($p < 0,05$). Le plus grand volume est noté pour *S. Mollis*. La différence observée entre les trois substrats, résulte de leur composition chimique différente. En effet, la faible production de gaz à partir de la fraction (b) observée chez *Z. album*, peut être due à leur composition chimique et leur teneur en facteurs antinutritionnels qui peuvent, selon Mc SWEENEY et al. [21], réduire la dégradation des fibres par la formation de complexes avec la fraction lignocellulosique, empêchant ainsi l'adhésion des microorganismes. Selon HERVAS et al. [22], ces facteurs antinutritionnels inhiberaient également les cellulases impliquées dans leur dégradation ou directement les bactéries cellulolytiques

en formant des complexes avec les minéraux indispensables à leur croissance.

L'estimation de la production de gaz à partir de la fraction insoluble montre clairement que *A. halimus* et *S. mollis* se caractérisent par une très bonne fermentescibilité des constituants de leurs parois cellulaires par le microbiote ruminal camelin.

La vitesse de production de gaz (c) à partir de la fraction (b) est significativement différente entre les fourrages ($P < 0,05$). *Z. album* est la plus

rapidement fermentée par le microbiote ruminal (5.85 h^{-1}), alors que les faibles vitesses sont enregistrées pour l'*A. halimus*, et *S. mollis* ($3,87$ et $3,65 \text{ h}^{-1}$ respectivement). La fermentation, bien plus rapide du *Z. album*, et plus faible de l'*A. halimus*, et *S. mollis*, comparativement au foin de vesce avoine, peut s'expliquer par leur fraction insoluble peu lignifiée et facilement accessible au microbiote ruminal [23]. La vitesse de fermentation agit sur l'ingestion des aliments car elle affecte la vitesse de passage des particules alimentaires dans le rumen [24].

Tableau 2 : Production de gaz (GP) en (ml/0.2g MS) et paramètres cinétiques modélisés des plantes halophytes collectées de la région d'El-Oued.

| Substrats | GP | Paramètres cinétiques | | |
|-------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| | | a | B | c (h^{-1}) |
| <i>A. halimus</i> | ^d 50.62 | 1.13 ^d | 49.74 ^c | 3.87 ^a |
| <i>mollis S</i> | ^c 46.52 | -2.23 ^c | 50.67 ^d | 3.65 ^a |
| <i>Z. album</i> | ^a 35.44 | -3.40 ^b | 38.04 ^a | 5.85 ^c |
| Vesce-avoine | ^b 39.56 | -3.63 ^a | 44.68 ^b | 5.35 ^b |

Conclusion

L'évaluation de la fermentescibilité in vitro des substrats par le microbiote ruminal montre que les plantes testées, à l'exception de *Z. album*, sont dégradées à un niveau très élevé à celui du substrat de référence. Ce qui révèle que le *Z. album* est de mauvaise valeur alimentaire. Cela

pourrait être attribué à leur composition chimique.

Les résultats de ce travail permettent de classer les plantes étudiées en deux groupes: un groupe de qualité inférieure, comprenant le *Z. album* et un deuxième groupe, de valeur nutritionnelle

intéressante, comprenant l'*A. halimus* et *S. mollis*. Ils sont, par conséquent et à ce titre, recommandables pour l'alimentation des dromadaires, avec production de gaz supérieures par rapport aux plante le foin de vesce avoine, considérés comme des fourrages de bonne qualité nutritive. Il reste à compléter cette étude par l'analyse quantitative et qualitative des autres produits fermentaires: acides gras volatils et éventuellement d'autres métabolites.

L'essai de modélisation (modèle d'Orskov) fait à partir de la base de données constituée par la production de gaz à plusieurs points cinétiques simule modérément les processus fermentaires de nos substrats. D'où, la pertinence d'employer d'autres modèles.

Références bibliographiques

- [1] NEDJRAOUI D., 2001 : Algérie Country pasture / Forage Resource Profiles.URBT, Alger.
- [2] ABDELGUERFI A., SI ZIANI T., KIES N. AND OUADA M., 1996 : From autoecology to variability of media in Algeria: synthesis trial of works realised at the National Agronomic Institute El Harrach. Cahiers Options méditerranéennes, 18, 39-52.
- [3] LE HOUÉROU H., N., 2001 : Biogeography of the arid steppel and north

of the Sahara. Journal of Arid Environments, 48, 103-128.

[4] CHEHMA A., 2002 : Le développement de l'élevage camelin en Algérie. Problème et perspectives. Revue « Synthèse ». n°11. Université Badji Mokhtar - Annaba. pp. 94-99.

[5] QUEZEL P ET SANTA S., 1962 : Nouvelles flores de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS, Paris, 2 vol., 1170 p.

[6] CHEHMA, A., 2006 : *Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien*. Ed. Dar El-Houda, Ain M'lila, Algérie.

[7] OZENDA P., 1991 : Flore du Sahara. 3ème édition, complétée. CNRS, Paris, 662 p.

[8] MENKE K.H., STEINGASS H., 1988 : Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Anim. Research and Develop. vol. 28: 7-55.

[9] ORSKOV E.R., MC DONALD I., 1979 : The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science Cambridge, 92: 499-503.

[10] BLÜMMEL M., ORSKOV E.R., 1993 : Comparison of in vitro gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in

cattle. Anim. Feed Sci. Technol. vol. 40: 109-119.

[11] **CHEN X.B., 1997 - Neway Excel** : A utility for processing data of feed degradability and *in vitro* gas production. Rowett Research Institute. Aberdeen. UK. [http://www.macaulay.ac.uk/IFRU/resrc_fc](http://www.macaulay.ac.uk/IFRU/resrc_fcurve.html)
[urve.html](http://www.macaulay.ac.uk/IFRU/resrc_fcurve.html)

[12] **HUNTINGTON J.A., GIVENS D.I., 1997** : The effect of inoculum concentration and method of inoculation on the gas production profile high temperature dried grass. Proceed. Brit. Societ. Anim Sci. vol. 5 :192-200.

[13] **KHAZAL K., DEINHO M.T., RIBERO J.M., ORSKOV E.R., 1995** : Prediction of apparent digestibility and voluntary intake of hays feed to sheep: comparison between using fiber components *in vitro* digestibility or characteristics of gas production or nylon bag degradation. J. Anim. Sci. vol. 61: 527-1709.

[14] **HOOVER W.H., 1986** : Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. J. Dai. Sci. vol. 69: 2755-2766.

[15] **BERNARD J.K., MARTIN S.A., WEDEGAERTNER T.C., 2001** : *In vitro* mixed ruminal microorganism fermentation of whole cottonseed coated with gelatinized corn starch and urea. PubMed. vol. 84 (1):154-8.

[16] **MADRID J., MEGIAS M.D., HERNANDEZ F., 2002** : *In vitro* determination of dry matter and cell wall degradation, and production of fermentation end products of various by-products. Ani. Feed. Sci. Tech. vol. 51: 189-199.

[17] **AHMED M., EL-HAG F.M., 2004** : Degradation characteristics of some Sudanese forages and tree pods in sacco and gas production techniques. Sml. Rum. Res. vol. 54: 147 -159.

[18] **APORI S.O., CASTRO F.B., SHAND W.J., ORSKOV E.R., 1998** : Chemical composition, *in situ* degradation and *in vitro* gas production of some ghanian brose plants. Anim. Feed. Sci. and Tech. vol. 76: 129-137.

[19] **ABDULRAZAK S.A., FUJIHARA T., ONDIEK J.K., ORSKOV E.R., 2000**: Nutritive evaluation of some acacia leaves from kenya. Anim. Feed. Sci. and Tech.vol. 85: 89-98.

[20] **EL HASSAN S.M., LAHLOU KASSI A., NEWBOLD C.J., WALLACE R.J., 2000** : Chemical composition and degradation characteristics of foliage of some African multipurpose trees. Anim. Feed. Sci and Tech. vol. 86: 27-37.

[21].- **Mc SWEENEY C.S., PALMER B., Mc NEIL M., KRAUSE D.O., 2001** : Microbial interactions with tannins:

Nutritional consequences for ruminants.

Anim. Feed Sci. Technol. vol. 91: 83-93.

[22] HERVAS G., FRUTOS P., GRALDEZ F.J., MANTECON A.R., ALVAREZ DEL PINO M.C., 2003 : Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. Anim. Feed Scie and Tech, 109: 65-78.

[23] GIHAD E.A., EL GALLAD T.T., SOOUD A.E., ABOU EL –NASR H.M., FARID M.F.A., 1989 : Feed and water intake, digestibility and nitrogen utilisation by camels compared to sheep and goat fed low protein desert by-products. Série séminaires. Options méditerranéennes. vol. 2: 75-80.

[24] JOUANY J.P., DARDILLAT C., KAYOULI C., 1995 : Microbial cell wall digestion in Camelids. Elevage et Alimentation du Dromadaire. Options Méditerranéennes Série B. (13): 33-42.