

Evaluation de la valeur nutritionnelle des raquettes d'*Opuntia ficus indica* d'une région aride de l'Algérie par la technique de production de gaz

Chentli A., Bouazza L., Medjekal S., Gillmann L., Bousseboua H.

in

Chentouf M. (ed.), López-Francos A. (ed.), Bengoumi M. (ed.), Gabiña D. (ed.).
Technology creation and transfer in small ruminants: roles of research, development services and farmer associations

Zaragoza : CIHEAM / INRAM / FAO

Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 108

2014

pages 155-161

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=00007630>

To cite this article / Pour citer cet article

Chentli A., Bouazza L., Medjekal S., Gillmann L., Bousseboua H. **Evaluation de la valeur nutritionnelle des raquettes d'*Opuntia ficus indica* d'une région aride de l'Algérie par la technique de production de gaz.** In : Chentouf M. (ed.), López-Francos A. (ed.), Bengoumi M. (ed.), Gabiña D. (ed.). *Technology creation and transfer in small ruminants: roles of research, development services and farmer associations.* Zaragoza : CIHEAM / INRAM / FAO, 2014. p. 155-161 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 108)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

Evaluation de la valeur nutritionnelle des raquettes d'*Opuntia ficus indica* d'une région aride de l'Algérie par la technique de production de gaz

A. Chentli^{*1}, L. Bouazza¹, S. Medjekal¹, L. Gillmann² and H. Bousseboua¹

¹Ecole Nationale Supérieure de Biotechnologie, Ville Universitaire Ali Mendjeli Constantine (Algérie)

²Laboratoire SONAS. Antenne IUT (UPRES-EA 121), Université d'Angers, 49000 Angers (France)

*e-mail: amira.ch@windowslive.com

Résumé. Cette étude a pour but d'évaluer la valeur nutritionnelle et la fermentescibilité *in vitro* de raquettes de cactus inerme (*Opuntia ficus indica*) et de leurs mixtures avec un substrat conventionnel (le foin de vesce avoine). Les essais sont menés en systèmes batch (seringues de 60 ml de capacité), incorporant le cactus au foin de vesce avoine à différentes concentrations : 0, 25, 50, 75 et 100%. L'inoculum est constitué du microbiote total du jus de rumen d'ovins. L'analyse chimique révèle que les raquettes de cactus sont riches en eau (91,4%), en matières minérales (32,82% MS) et en sucres totaux (35,06% MS). L'incorporation des raquettes de cactus au foin de vesce avoine induit une augmentation dans la production de gaz total, probablement due à l'apport énergétique des raquettes aux mélanges. Le profil fermentaire des différentes mixtures s'oriente vers une production élevée de dioxyde de carbone, métaboliquement associé à la biosynthèse d'acide propionique (principale source énergétique dans le rumen). Ce qui peut être relié à la diminution observée dans la population de protozoaires, engendrée par l'apport des raquettes de cactus inerme au milieu ($P < 0.05$).

Most-clés. Cactus inerme – Fermentation *in vitro* – Microbiote ruminal – Mixture.

Gas production technique to evaluate the nutritive value of *Opuntia's* cladodes from Algerian arid-area

Abstract. The present study was undertaken to assess the nutritive value and the fermentability of spineless cactus cladodes (*Opuntia ficus indica*) and its mixtures with a conventional substrate (vetch-oat hay). The Evaluation of fermentability by the ruminal microbiota is carried out in a batch system. The mixtures were prepared with graded levels of cactus (0, 25, 50, 75 and 100%). Chemical analysis reveals that cactus is rich in moisture (91.4%), ash (32.82% DM) and soluble sugar (35.06% DM). Results of *in vitro* gas production show that the cactus and mixtures are effectively fermented by the ruminal microbiota of sheep. The fermentative profile of different mixtures show an increased carbon dioxide production, metabolically associated with the biosynthesis of propionic acid (main energy source in the rumen) coupled with significant decrease in the total rumen protozoa number, generated by spineless cactus supply to the media ($P < 0.05$).

Keywords. Spineless cactus – *In vitro* fermentation – Ruminal microbiota – Mixture.

I – Introduction

Les caractéristiques climatologiques de l'Afrique du Nord sont sources d'importantes limitations saisonnières de la disponibilité de fourrages verts. Dans de telles circonstances et compte tenu des prix des aliments du bétail, les pailles de céréales représentent le composant de base généralisé d'une alimentation de survie-entretien des ruminants. Dès lors, s'impose la prospection de la valorisation de nouveaux substrats alimentaires locaux, disponibles et de faible valeur marchande. Par ailleurs, l'Algérie dispose d'une gamme variée de sous produits agricoles et de végétaux des parcours pastoraux, disponibles en quantités considérable et qui sont totalement délaissés, car jugés peu ou pas digestibles. Parmi ces substrats, le cactus inerme ou figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica*), plante xérophYTE très abondante et dotée d'une grande aptitude d'adapt-

tation à des milieux hostiles à travers différents mécanismes morphologiques et physiologiques (BenSalem *et al.*, 1996). Ainsi leur grande efficacité d'utilisation de l'eau, leur abondance et leur tolérance à la salinité pourraient les promouvoir en espèces fourragères dans les régions arides et semi-arides où la plupart des cultures fourragères sont peu ou pas rentables et difficiles à mener. A l'échelle mondiale il a été estimé qu'environ 900.000 ha de cactus sont cultivés pour la production fourragère (FAO, 2001) dans le but d'assurer un stock d'aliments en cas de situations critiques de sécheresse. Cependant, les raquettes de cactus inerte doivent être combinées à d'autres fourrages pour compléter le régime alimentaire dans le cadre d'une formulation rationnelle bénéfique car malgré leur richesse en énergie digestible, en vitamines et en calcium, ils sont relativement pauvres en protéines et en fibres. Dans ce contexte, cette étude a pour objectifs d'évaluer le potentiel nutritif des raquettes de cactus, comparativement à un fourrage conventionnel et d'évaluer la contribution spécifique de leur incorporation, à différentes concentrations, à la fermentation ruminale chez l'ovine, déterminée en systèmes batch.

II – Matériel et méthodes

1. Matériel végétal

Les raquettes de cactus inerte (*Opuntia ficus indica*) sont récoltées d'une région semi-aride au sud de Constantine (Algérie). Elles sont ensuite hachées à l'aide d'une machette en petits cubes (50 mm x 30 mm). La fermentation de ces derniers est comparativement étudiée par rapport à un substrat standard, le foin de vesce avoine, principale ration de base des ovins élevés dans les régions steppiques en Algérie. Les deux substrats sont séchés à 50°C, puis broyés en particules calibrées de 1 mm et conservés pour des analyses ultérieures.

2. Analyses chimiques

Les plantes étudiées sont analysées pour leurs teneurs en matière sèche (MS), en cendres, en matières azotées totales (MAT) et en matières grasses (MG) au moyen des méthodes de l'AOAC (1990). Les teneurs en NDF (Neutral detergent fibre) et ADF (Acid detergent fibre) sont dosées selon la méthode de Van Soest *et al.* (1991). Les sucres totaux sont dosés selon la méthode de Dubois *et al.* (1956).

3. Inoculum

Les essais, au nombre de deux, sont réalisés chacun avec trois animaux. Des ovins appartenant à la race Ouled Djellel, choisis aléatoirement, d'âge et de sexe différents et ayant reçu un régime alimentaire libre et non défini. Le jus de rumen utilisé est constitué dans chaque essai par les contenus de la panse de trois ovins, afin de réduire la variation individuelle dans l'activité microbienne de l'inoculum. Après abattage, les contenus de la panse sont filtrés à travers quatre couches de gaze chirurgicale et transférés dans des enceintes de type Thermos, préalablement chauffées à 39°C et saturées en dioxyde de carbone dans le but d'assurer une atmosphère anaérobie. Au laboratoire, l'inoculum est préparé suivant la technique de Menke *et al.* (1979), en mélangeant le jus de rumen à une salive artificielle dans les proportions 1/2 (V/V).

4. Production de gaz *in vitro*

Les raquettes de cactus sont mélangées au foin de vesce avoine à différentes concentrations (0%, 25%, 50%, 75% et 100%). Trois seringues en polypropylène, contenant 200 mg de chaque substrat individuel ou de mixture et 30 ml de l'inoculum sont incubées en même temps que trois seringues sans échantillon. L'incubation est effectuée dans une étuve à agitation rotatoire à 9 tours/min et à 39°C pendant 96 heures. Le suivi de la cinétique de fermentation est effectué par

la mesure volumétrique de la production de gaz, à différents intervalles de temps 2, 4, 6, 24, 48 et 96 heures. L'analyse qualitative des gaz produits [dioxyde de carbone(CO₂) et méthane(CH₄)] est réalisée par la technique décrite par Jouany (1994).

5. Dosage de l'ammoniaque

Après 24h d'incubation, un volume de 5 ml de chaque seringue est mélangé avec 0,5 ml d'acide orthophosphorique 5% et conservé à -20°C. Les échantillons sont centrifugés à 12,000 xg pendant 20minutes, et le surnageant est analysé pour la teneur en azote ammoniacal (N-NH₃), par une technique colorimétrique selon la méthode de Watherburn (1967).

6. Dénombrement des protozoaires

Après 24h d'incubation, le contenu de chaque seringue est mélangé avec une solution demethyl-green-formalin-saline (50-50, V/V) (Ogimoto et Imai, 1981).Les échantillons traités sont conservés 30 minutes à l'obscurité et les protozoaires sont ensuite directement comptés sous microscope.

7. Détermination de la digestibilité apparente de la matière sèche

Après 96 heures de fermentation, le contenu de chaque seringue est centrifugé à 12000 rpm pendant 20 minutes. Le culot récupéré est séché dans des creusets en porcelaine à 105°C jusqu'à poids constant afin de déterminer le coefficient de digestibilité (CD).

8. Traitement des résultats

La production nette de gaz, après chaque temps d'incubation, correspond au volume de gaz enregistré après 96 heures d'incubation duquel sont soustrait le volume de gaz initial et le volume de gaz moyen du témoin. Les moyennes de gaz produit à partir des différents substrats sont traitées par le modèle exponentiel proposé par Orskov et Mc Donald (1979) et modélisées à la production de gaz par Blümmel et Orskov (1993).Les données sont traitées par le logiciel Statitcf. Elles sont soumises à une analyse de la variance ANOVA à un seul facteur. Les différences sont considérées significatives au seuil de 5%.

III – Résultats et discussion

1. Composition chimique

Il apparaît que les raquettes de cactus renferment des teneurs élevées en eau, en matière minérale (MM) et en sucres totaux (ST), au contraire du foin de vesce avoine qui a des teneurs plus faibles (Tableau 1).Concernant les teneurs en parois végétales, les raquettes de cactus inermes sont pauvres en NDF et en ADF,par rapport au foin de vesce avoine. Le faible taux en matière sèche (MS) du cactus constaté dans cette étude pourrait s'expliquer en grande partie par le mucilage des les raquettes, c'est un type de mucus hydrophile qui posséderait une forte capacité de rétention d'eau à l'intérieur du cactus, particulièrement durant les longues périodes de sécheresse (Sáenz *et al.*, 2004). Le contenu hydrique élevé des cladodes est comparable à celui noté par d'autres auteurs et suggère leur potentiel d'incorporation dans les rations du cheptel local, durant les périodes sèches où la disponibilité de l'eau devient très rare. La teneur en MM du cactus enregistrée est comparable à celle mentionnée dans la littérature. Des valeurs qui varient de 23,11% à 33,70% sont rapportées par Nefzaoui et Ben Salem (2002).Ces mêmes auteurs assimilent cette richesse en éléments minéraux des raquettes à leur teneur élevée en calcium. Les valeurs obtenues pour la concentration en ST sont proches de celles rapportées par la littérature, faisant du cactus une source d'énergie pour les ruminants.

Tableau 1. Composition chimique des substrats étudiés (%MS)

Substrat	MS	MO	MM	MAT	NDF	ADF	ST	MG
Cactus inerme	8,6	74,72	32,82	7,78	32,525	11,960	35,06	1,859
Foin de vesce avoine	87,28	98,58	1,42	5,38	58,519	31,682	25,8	1,753

MS : Matière sèche ; MO : Matière organique ; MM : Matière minérales MAT : Matière azotée totale ; NDF : Neutraldetergentfiber ; ADF : Aciddetergentfiber ; ST : Sucres totaux ; MG : Matières grasse.

2. Fermentation *in vitro*

Il apparaît qu'au cours des premières 24h d'incubation, les raquettes de cactus sont nettement plus fermentescibles par le microbiote ruminal d'ovins que le foin de vesce avoine ($P < 0,05$) (Tableau 2). En revanche, au terme des 96 h de fermentation, les volumes de gaz enregistrés sont comparables et sont respectivement de 30,5 ml et 28 ml pour les raquettes et le foin. Cette légère supériorité pour le cactus, peut résulter de son contenu cellulaire riche en sucres rapidement fermentescibles. On constate que l'addition du cactus, à différentes concentrations au foin, influence positivement la production de gaz en induisant une augmentation significativement distincte entre le foin et les mélanges. Mais elle reste négligeable entre les différentes mixtures. Ainsi et après 96 h d'incubation, cet accroissement est de l'ordre de 15,15, 4,27 et 6,66% pour les doses de 25, 50 et 75% de raquettes de cactus ajoutées, respectivement. Il apparaît donc que l'association de ces deux substrats engendre un bon profil de production de gaz.

Tableau 2. Production de gaz *in vitro* (ml/200 mg MS) et paramètres cinétiques modélisés des substrats singuliers et des mélanges

% d'inclusion des raquettes de cactus	Production de gaz (ml/200 mg MS)						Paramètres cinétiques		
	2h	4h	6h	24h	48h	96h	a (ml)	b (ml)	c (%.h ⁻¹)
100%	15,5 ^a	19,5 ^a	20,5 ^a	26,5 ^a	28,5	30,5	12,5 ^b	17,03 ^d	0,13 ^a
75%	14,5 ^a	18 ^a	18 ^a	24 ^a	27	30	14,47 ^a	15,60 ^e	0,04 ^b
50%	12,5 ^a	16,5 ^a	18,5 ^a	24 ^a	28,5	29,25	11,43 ^d	17,53 ^c	0,07 ^b
25%	13 ^a	16,5 ^a	19,5 ^a	26 ^a	30	33	12,05 ^c	20,49 ^b	0,06 ^b
0%	5,5 ^b	8 ^b	11 ^b	17 ^b	27	28	4,59 ^e	24,86 ^a	0,04 ^b
S.E.M.	1,14	1,05	0,84	1,52	2,24	1,77	0,01	0,01	0,01
Pr.	0,0028	0,0013	0,0011	0,0084	0,6634	0,2057	0,0000	0,0000	0,008

Ma : gaz produit à partir de la fraction soluble (ml) ; b : gaz produit à partir de la fraction insoluble mais potentiellement fermentescible (ml) ; c : vitesse de production de gaz (%.h⁻¹).

Les moyennes dans la même colonne affectées de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$). S.E.M. : erreur standard des moyennes; Pr : Probabilité.

Comparativement au foin de vesce avoine, le cactus exprime la valeur la plus élevée pour le paramètre (a), mais la plus faible pour le facteur (b) (Tableau 2). Il est également dégradé par le microbiote ruminal à une vitesse bien plus rapide que celle du foin. Concernant les mélanges, l'addition d'*Opuntia* au foin entraîne un accroissement significatif dans les valeurs de la fraction soluble (a). Celle-ci est plus prononcée pour la mixture (25% foin + 75% cactus) où une augmentation de 68,27% est enregistrée. Une tendance inverse est observée pour la fraction (b) où l'on constate que l'incorporation du cactus induit une diminution dans les valeurs de la fraction insoluble mais potentiellement fermentescible ($P < 0,05$). Celle-ci est plus prononcée pour la mixture (75% foin + 25% cactus) où une chute de 17,57% est notée. Ces constats, pourraient être

expliqués ; dans le premier cas, par l'accroissement du contenu énergétique qu'apportent les raquettes aux mixtures, et dans le second cas, par une éventuelle inhibition sélective de la flore qui dégrade la fraction pariétale du foin de vesce-avoine.

3. Analyse qualitative des gaz produits

On constate que le volume de CO_2 est dans tous les cas supérieur à celui du CH_4 (Fig. 1), Toutefois, cette production est nettement plus élevée lors de la dégradation des raquettes de cactus (79,8%) par le microbiote ruminal d'ovins, comparativement au foin de vesce avoine (54,18%) ($P < 0,001$). Les résultats indiquent également que l'incorporation du cactus dans les mélanges engendre une diminution relative de CH_4 dans le pool gazeux. Cette diminution est dose dépendante. La faible production de méthane enregistrée pour les raquettes de cactus est probablement liée à leur richesse en sucres solubles fermentescibles (35,8%), dont la dégradation conduit théoriquement selon l'équation stœchiométrique de Wolin à une fermentation propionique et butyrique productrice de CO_2 . En effet, la production des gaz fermentaires est un facteur corrélé à celle de la production quantitative et qualitative des acides gras volatiles (Blumel et Beker, 1997). Selon de nombreux auteurs, la dégradation des substrats riches en amidon et en sucres solubles est favorable aux fermentations propionique et butyrique. Par ailleurs, la dégradation des substrats riches en fibres favorise la production d'acide acétique, elle-même étant associée à une production importante d' H_2 dont l'élimination engendre alors une production accrue de gaz sous forme de CH_4 (Orskov et Ryle, 1990).

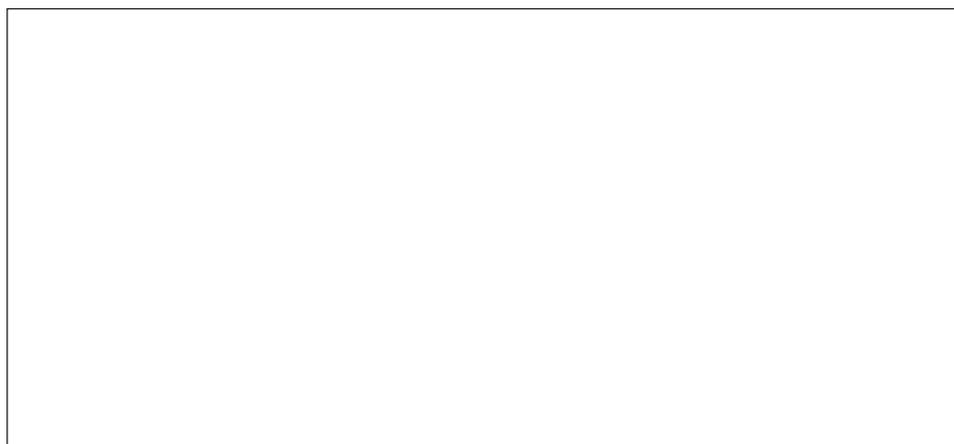


Fig. 1. Caractérisation qualitative de la production de gaz due à la fermentation des substrats individuels et leur mixtures.

4. Profil fermentaire

Les paramètres fermentaires, mesurés après 24h d'incubation pour les substrats singuliers et les mélanges sont représentés dans le tableau 3. Les valeurs de pH, mesurées après 24h d'incubation, sont statistiquement distinctes ($P < 0,05$) mais elles restent au dessus du seuil critique d'inhibition de la croissance et de l'activité cellulolytique du microbiote ruminal ($\text{pH} \geq 6$). Le nombre des protozoaires détecté après 24h de fermentation est de 2×10^4 et $3,2 \times 10^4$ cellules/ml, respectivement pour les raquettes de cactus et le foin de vesce avoine. Il faut également signaler que l'incorporation des raquettes de cactus influence significativement la croissance des protozoaires, marquée par une diminution de leur nombre total. Ce résultat est parfaitement corroboré

ré à la faible production de méthane observée dans cette étude. En effet, selon la littérature, 9 à 25% des archaebactéries méthanogènes sont associées aux protozoaires ciliés qui leurs fournissent de l'hydrogène moléculaire comme substrat énergétique (Newbold, 1995). Il s'avère que les raquettes de cactus sont pauvres en ammoniacque comparativement au foin ($P < 0,05$). L'incorporation des raquettes de cactus à 50 et à 75% dans les mélanges, induit une diminution significative dans la production d'ammoniacque. Ces faibles teneurs sont probablement dues au déséquilibre observé dans le nombre total des protozoaires. En effet, ces derniers jouent un rôle primordial dans la protéolyse où leur activité spécifique de désamination des acides aminés est trois fois supérieure à celle des bactéries (Eugene, 2002).

Tableau 3. Paramètres fermentaires des substrats singuliers et de leurs mixtures

% d'inclusion des raquettes de cactus	100%	75%	50%	25%	0%	S.E.M	Pr.
pH	6,95 ^b	6,86 ^c	6,85 ^c	7,2 ^a	6,89 ^c	0,01	0,0000
N-NH ₃ (10 ² mg/l)	10,76 ^b	13,33 ^{ab}	13,06 ^{ab}	14,25 ^a	14,41 ^a	0,89	0,0472
Protozoaires (10 ⁴ cellule/ml)	2 ^e	2,5 ^d	2,8 ^c	3,1 ^b	3,2 ^a	0,01	0,0000

Les moyennes dans la même colonne affectées de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$). S.E.M. : erreur standard des moyennes ; Pr : Probabilité.

5. Digestibilité apparente de la matière sèche

Avec une moyenne de 70,04%, le cactus inerme a un coefficient de digestibilité significativement supérieur à celui du foin (67,04%). Les valeurs obtenues pour le cactus sont fortement corrélées à celles de la production de gaz *in vitro*. En revanche, on note que l'inclusion du cactus au foin à différentes concentrations, entraîne une diminution dans la dégradabilité de la MS. Cette situation pourrait résulter de la faible activité microbienne, engendrée par la diminution de l'N-NH₃ruminal, présenté comme une probable entrave à l'utilisation des fibres pariétales des mélanges par le microbiote ruminal (Ben Salem *et al.*, 1996). Certaines études menées *in vivo* ont également rapportées que la digestibilité de la matière sèche a tendance à diminuer avec l'incorporation du cactus épineux dans les régimes chez le mouton recevant du foin de *Cenchrus ciliaris* (Misra *et al.*, 2006). Néanmoins, Ben Salem *et al.* (1996) ont observés une amélioration de la digestion des régimes à base de paille de blé et de cactus inerme. Il semblerait alors que la réponse de l'animal au cactus dépend de la nature du fourrage grossier auquel il est associé et de l'espèce du cactus.

VI – Conclusion

A travers l'ensemble des résultats obtenus, il apparaît que le cactus inerme possède un potentiel nutritionnel avéré. Il peut constituer un fourrage pour les ruminants riche en énergie et une source importante d'eau durant les périodes de sécheresse. En outre, son incorporation en mélange avec un substrat conventionnel, influence positivement la production cumulative de gaz et engendre un profil fermentaire modéré. En revanche, l'association du cactus inerme au foin de vesce avoine induit une faible dégradabilité de la matière sèche. Ces effets sont doses-dépendantes. L'addition d'une source protéique pourrait probablement améliorer la digestion des régimes à base de raquettes de cactus inerme. Il semble important de conduire un complément d'études *in vivo* pour déterminer les teneurs optimales de leur incorporation dans les blocs nutritionnels.

Références

- AOAC, 1990.** S. Williams (Ed.), *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist International*, 15th AOAC International Arlington. Virginia (USA).
- Ben Salem H., Nefzaoui A., Abdouli H. and Orskov E.R., 1996.** Effect of increasing level of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* var. *inermis*) on intake and digestion by sheep given straw-based diets. In: *Anim. Sci.*, 62, pp. 293-299.
- Ben Salem H., Nefzaoui A. and Ben Salem L., 2002.** Nitrogen supplementation improves the nutritive value of *Opuntia ficus-indica* F. *inermis* –based diets and sheep growth–. Eds. Nefzaoui, A. & Inglesse, P., Proc. 4th Int.Congress on Cactus Pear and Cochineal. In: *Acta Hort.*, 581, pp. 317-321.
- Blümel M. and Beker K., 1997.** The degradability characteristics of fifty four roughages and roughages neutral detergent fibers as described by in vitro gas production and their relationship to voluntary feed intake. In: *Brit. J. J. of Nutri.*, 77, pp. 757-768.
- Blümel M. and Ørskov E.R., 1993.** Comparison of gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. In: *Anim. Feed Sci. Tech.*, 40, pp. 109-119.
- Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K, Rebers P.A. and Smith F., 1956.** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. In: *Anal Chem.*, 28, pp. 350-356.
- Eugene M., 2002.** Effets de la défaunation de ruminants sur les performances de production, en fonction de la ration ingérée. Etude des variations de la protéosynthèse et de la cellulolyse microbienne ruminale. Thèse de doctorat de l'Institut National Agronomique. Paris-Grignon. 122 p.
- FAO, 2001.** *Opuntia as Forage*. FAO Plant Production and Protection Paper169, Rome, pp. 1-4.
- Jouany J.P., 1994.** Les fermentations dans le rumen et leur optimisation. In: *INRA Prod. Anim.*, 7, pp. 207-225.
- Menke K.H., Raab L., Salewski A., Steingass H., Fritz D. and Schneider W., 1979.** The estimation of digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from gas production when they are incubated with rumen liquor. In: *Journal of Agric. Sci.*, 93, pp. 217-222.
- Misra A.K., Mishra A.S., Tripathi M.K., Chaturvedi O.H., Vaithiyanathan S., Prasad R. and Jakhmola R.C., 2006.** Intake, digestion and microbial protein synthesis in sheep on hay supplemented with prickly pear cactus [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] with or without groundnut meal. In: *Small Rum. Res.*, 63, pp. 125-134.
- Nefzaoui A. and Ben Salem H. 2002.** Forage, fodder, and animal nutrition. Chapter 12. In: *Cacti, biology and uses*. Ed. P.S. Nobel. University of California Press, 280 pp.
- Newbold C.J., Lassalas B. and Jouany J.P., 1995.** The importance of methanogens associated with ciliate protozoa in ruminal methane production in vitro. In: *Lett. Appl. Microbiol.*, 21, pp. 230-234.
- Ogimoto K. and Imai S., 1981.** *Atlas of Rumen Microbiology*. Japan Scientific Society Press, Tokyo, Japan.
- Orskov E.R. and Ryle M., 1990.** Manipulation of rumen microorganisms. In: *Energy nutrition in ruminants*. Elsevier Science.
- Ørskov E.R., Mc Donald P., 1979.** The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. In: *Journal of Agric. Sci.*, 92, pp. 499-503.
- Sáenz C., Sepúlveda E. and Matsuhiro B., 2004.** *Opuntia* spp mucilage's: A functional component with industrial perspectives. In: *J. Arid Environ.*, 57, pp. 275-290.
- Van Soest P.J., Robertson J.B. and Lewis B.A., 1991.** Methods of dietary fibre, neutral detergent fibre and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. In: *J. Dairy Sci.*, 74, pp. 3583-3597.
- Weatherburn M.W., 1967.** Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammoniac. In: *Annals of Chemistry*, 39, pp. 971-974.