

# Régimes de brebis à l'entretien, à base de cactus: digestibilité, niveau d'alimentation, glycémie et urémie

Louacini, B.K.<sup>1</sup>; Dellal, A.<sup>2</sup>; Halbouche, M.<sup>3</sup> et Bourahla, S.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut des Sciences Vétérinaires. Université Ibn-Khaldoun. Tiaret. Algérie.

<sup>2</sup>Laboratoire de Biotechnologie et de Nutrition des Zones Arides. Université Ibn-Khaldoun. Tiaret. Algérie.

<sup>3</sup>Faculté des Sciences Agronomiques. Université Abdelhamid Ibn Badis. Mostaganem. Algérie.

## RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude est de déterminer le régime le plus adéquat à base d'*Opuntia* capable de couvrir les besoins d'entretien en condition d'extrême sécheresse, avec le moindre coût économique et son impact sur la digestibilité, le niveau d'alimentation, le taux de glycémie et d'urémie. L'incorporation de l'*Opuntia* inerme a été menée sur 16 brebis, à l'entretien, en cross over: (régime 1 versus régime 4) et (régime 2 versus régime 3); réparties en 4 lots: régime 1 témoin (paille d'orge + orge en grains), régime 2 (paille + *Opuntia*), régime 3 (paille + *Opuntia* + féverole), régime 4 (*Opuntia*); en les comparant entre eux. Les résultats de la digestibilité ont montré que l'*Opuntia* améliore la digestibilité de la matière organique des régimes à base de paille, elle est de l'ordre de 0,72; 0,63; 0,67; 0,74 respectivement. L'analyse de la variance des niveaux d'alimentation et des taux de glycémie et d'urémie a montré qu'il existe une différence significative à  $p < 0,01$ . Le régime 2 a couvert les besoins d'entretien en énergie, un GMQ de 26 g et un coût de la ration évaluée à 12,5DA soit 0,11 €. Les résultats de la glycémie en (g/l) ont demeuré aux normes de l'espèce ovine. L'urémie du régime 3 a sensiblement augmenté. L'incorporation de l'*Opuntia* a pu satisfaire les besoins énergétiques des animaux et que la cladode d'*Opuntia* peut remplacer l'orge en grains.

## Maintenance sheep diets based on cactus: digestibility, feeding level, glycemia and blood urea

### SUMMARY

The objective of this study is to determine the diet of the most appropriate *Opuntia* able to cover maintenance requirements in extreme drought with the least economic cost of the ration and its impact on digestibility, feeding level and blood glycemia and uremia. The incorporation of spineless *Opuntia* was conducted on 16 dry ewes, maintenance, in cross breed: (diet 1 versus diet 4) and (diet 2 versus diet 3), divided into 4 lots: diet 1 control (barley straw + barley grain), diet 2 (*Opuntia* + straw), diet 3 (straw + *Opuntia* + faba bean), diet 4 (*Opuntia*) only, by comparing them. The results showed that the digestibility of *Opuntia* improves the digestibility of organic matter in straw-based diets; it is in the range of 0.72, 0.63, 0.67, and 0.74, respectively. Analysis of variance of feeding levels showed that there is a significant difference at  $p < 0.01$ . The regime 2 recorded a mean weight gain of 26 g. He covered the maintenance requirements and the cost of the ration evaluated 12.5DA is 0.11 €. The results of blood glycemia (g/l) has remained the standards of the sheep. Uremia the regime 3 has increased significantly. The incorporation of *Opuntia* has been able to meet the energy needs of animals and that the cladode *Opuntia* can substitute at barley grains.

### MOTS CLÉ SUPPLÉMENTAIRES

Aridité.  
Digestibilité.  
*Opuntia*.  
Poids moyen.  
Régime.  
Mini-profil biochimique.

### ADDITIONAL KEYWORDS

Aridity.  
Digestibility.  
*Opuntia*.  
Average daily weight.  
Diet.  
Mini-biochemical profile.

### INFORMACIÓN

Cronología del artículo.  
Recibido/Received: 15.4.2015  
Aceptado/Accepted: 28.10.2015  
On-line: 10.12.2015  
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:  
louacini\_bk@yahoo.fr

## INTRODUCTION

*Opuntia ficus indica* inerme, communément dénommé figuier de Barbarie, plante CAM (Crassulacean Acid Metabolism) (Nobel, 1995), c'est l'espèce la plus propice pour le développement agricole dans les zones touchées par les deux plus grands problèmes environ-

nementaux dans le monde à savoir: la désertification et le changement climatique (Nefzaoui et El Mourid, 2007). Son adaptation au climat de ces régions génère des produits commerciaux importants (Nobel, 1998). Il fournit un fruit de haute valeur énergétique, pouvant faire l'objet d'exportation, des raquettes ou cladodes qui servent de fourrages particulièrement en période

de disette (Mulas, 2004). L'*Opuntia* est aussi une source de minéraux, en particulier potassium et calcium et d'eau (Ayadi *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2007). Ces plantes CAM ont une efficacité de conversion en biomasse par unité d'eau, supérieur aux plantes C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> (Nobel, 1995). Les régions arides connaissent actuellement de nombreuses difficultés pour les élevages, dues essentiellement à des ressources fourragères insuffisantes, au coût excessif des concentrés, pouvant même compromettre l'alimentation humaine, à la dégradation souvent irréversible des ressources pastorales et à la sécheresse (Niar, 2001). C'est dans ce contexte d'aridité qu'une étude d'alimentation a été réalisée par rapport aux besoins d'entretien de la brebis. Notre démarche expérimentale a porté sur la digestibilité des rations, les niveaux d'alimentation, le gain moyen quotidien (GMQ) de chaque régime, le taux de glycémie et d'urémie avant et après incorporation de la cladode d'*Opuntia*. L'intérêt de cette étude réside sur la possibilité d'entretenir le cheptel lors d'une période d'extrême sécheresse et ainsi maintenir des processus vitaux, avec un faible coût économique de la ration. Il convient de rappeler les chocs climatiques que connaît l'Algérie et qui ont provoqué des mortalités élevées dans les troupeaux ovins contribuant ainsi à une modification radicale de la répartition sociale des troupeaux et un exode rural très important qui a remis en cause les formes de productions traditionnelles.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### ANIMAUX

Seize brebis de race Rumbi, d'âge entre 4 et 6 ans, de poids moyen de 40 kg ± 2, indemne de parasites, d'état corporel de 2, placées en cages de digestibilité réparties en lots.

### ALIMENTS ET RÉGIMES DISTRIBUÉS (tableau I)

Les cladodes d'*Opuntia ficus indica*, inerme proviennent de Ksar-Chellala (wilaya de Tiaret), région de parcours steppique. Les prélèvements des cladodes ont été réalisés durant le mois d'avril 2009, au stade début floraison, d'âge 1 an et stockées en chambre froide à -5°C. L'orge en grain, la paille d'orge et la féverole sont des produits locaux de la région. Quatre régimes ont été étudiés sur 2 périodes de 28 jours chacune, en cross over dont 8 jours de collecte de données pour chaque période. Les quantités d'aliments ont été distribuées en quantité limitée au niveau de l'entretien car si nous avions proposé des quantités distribuées à volonté ou avec des niveaux d'incorporation, il est certain que nous obtenions des valeurs des digestibilités proches de celles des animaux en production et non à l'entretien. Régime 1: (témoin) 0,650 kg de MS de paille d'orge associée à 0,300 kg de MS d'orge en grains. Régime 2: 0,661 kg de MS de paille d'orge associée à 0,425 kg de MS d'*Opuntia*. Régime 3: 0,661 kg de MS de Paille d'orge + 0,195 kg de MS d'*Opuntia* + 0,125 kg de MS de féverole. Régime 4: 0,825 kg de MS *Opuntia*, avec changement de régime durant la seconde période R1 vs R4 et R2 vs R3. Le régime 1 est considéré comme une ration classique de l'espèce ovine. Nous avons volontairement incorporé la féverole dans le régime 3, pour évaluer le taux de matière azotée que peut apporter

**Tableau I. Composition chimique des aliments en % de MS et valeur nutritive en kg de MS (Chemical composition of food % DM and nutritional value kg DM).**

	<i>Opuntia</i>	Paille d'orge	Orge en grains	Féverole
MS	9,45±1,3	94,5±0,3	93,68±1,24	90,13±1,51
MO	86,88±1,26	93,05±0,8	96,07±0,27	97,2±2,72
CB	11,7±1,93	42,01± 2,4	5,9±0,6	9,1±1,9
MAT	6,03±1,2	3,4±0,61	9,8±1,18	25,3±1,17
NDF	29,42±2,5	65,4±4,9	18,5±0,9	14,7±1,21
ADF	17,1±2,2	46,7±2,1	6,9±0,69	9,1±0,83
PR	52±4,2	—	—	—
HCSE	32±2,7	18,7±1,8	12,5±1,23	5,2±1,34
PEC	34±1,87	—	—	—
UFL	0,63±0,03	0,4±0,04	1,09±0,04	1,07±0,02
PDIN	38±7,5	27±8	64±8	148±8
PDIE	64±2	49±6	96±2,5	100±4
Retenue	38±7,5	27±8	64±8	100±4

MS= matière sèche; MO= matière organique; CB= cellulose brute; MAT= matière azotée totale; NDF= neutral detergent fiber; ADF= acid detergent fiber; PR= paroi cellulaire; HCSE= hémicelluloses; PEC= pectines; UFL= unité fourragère lait; PDIN= protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote; PDIE= protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie. Chaque valeur est la moyenne de 4 observations ± écart type.

cette légumineuse et ce à défaut d'une source azotée moins onéreuse de type espèce steppique du genre *Atriplex*, ou par un apport d'urée. Quant au régime 4, nous avons voulu confirmer l'hypothèse que l'*Opuntia* est susceptible de causer des troubles digestifs (Gebremariam, 2006).

### MESURES ET PARAMÈTRES ÉTUDIÉS

La quantité distribuée a été effectuée en quantité limitée pour correspondre aux besoins d'entretien des brebis. Elle a tenu compte des caractéristiques de la brebis à savoir son poids vif 40 kg ± 2, ses UFL= 0,033 p<sup>(0,75)</sup>, de ses PDI (g)= 2,5 p<sup>(0,75)</sup>, de la capacité d'ingestion 1,4 UEM et de l'encombrement de la paille d'orge 2,33 UEM/kg de MS (INRA, 1988). Les UFL, elles ont été prédites à partir de la composition chimique et par l'utilisation des équations d'INRA (1988), spécifiques à chaque groupe d'aliments. Pour l'*Opuntia* nous n'avons pas trouvé d'équations spécifiques, mais selon Benthlidja (1987) qui a comparé l'*Opuntia* à la luzerne en vert, compte tenu de sa teneur en cellulose brute (CB) < à 20%, et d'après Araba *et al.* (2009) qui ont noté que sa valeur énergétique est comparable à celle de la luzerne. Notre choix s'est porté aux équations de la luzerne en vert 1<sup>er</sup> cycle. Quant aux valeurs PDI, elles ont été obtenues à partir de 4 caractéristiques: la teneur en matière azotée totale (MAT); la dégradabilité théorique des MAT; la teneur en matière organique fermentescible MOF; et la digestibilité réelle (dr) des acides aminés d'origine alimentaire. L'ingéré frais d'*Opuntia* est de l'ordre de 9 à 11 kg par brebis et par jour (Mulas, 2004), compte tenu de sa palatabilité élevée et de son faible taux d'encombrement. L'ingéré des régimes a été déterminé par pesée quotidienne du distribué et du refusé. Seulement les matières fécales ont été récoltées chaque matin, à la même heure, pesées et conservées à (-18°C). La digestibilité a été évaluée par le coefficient

**Tableau II. Quantité distribuée et ingérée de MS g/animal jour, composition chimique, par régime, et coût de la ration** (Quantity distributed and ingested DM g/animal day, chemical composition, diet, and cost of the ration).

ALIMENT DISTRIBUÉ	R1	R2	R3	R4
Paille	650 (68%)	661,5 (60%)	661,5 (67%)	—
Orge	300 (32%)	—	—	—
Féverole	—	—	125 (13%)	—
<i>Opuntia</i>	0	425,2 (40%)	195 (20%)	825 (100%)
Total distribuée	950	1086,7	981,5	825
Total UFL	0,52	0,52	0,52	0,52
Total PDI	37	34	38	31
ALIMENT INGÉRÉ	R1	R2	R3	R4
Paille	511	393	490	—
Orge	300	—	—	—
Féverole	—	—	125	—
<i>Opuntia</i>	—	425	189	460
Total ingéré MS	811,5±50,7 <sup>a</sup>	818±46,2 <sup>a</sup>	804±50,9 <sup>a</sup>	460±46,2 <sup>b</sup>
MSVI/kg p <sup>0,75</sup>	52,32±3,27	50,49±2,5	50,56±3,2	28,39±2,85
MO	764,2±47,5	731±34	735±51,7	403±46,7
CB	235,6±17,8	212±16,4	234,4±26,8	53±6,8
MAT	47±02	39±2	59±2,1	30,6±3,5
Ingéré <i>Opuntia</i>	0	52	23	55
Coût en DA et €	15,8/0,14	12,5/0,11	23,3/0,21	7,5/0,07

Régime 1: Paille d'orge + orge en grains.; Régime 2: Paille d'orge + *Opuntia*; Régime 3: Paille d'orge + *Opuntia* + Féverole; Régime 4: *Opuntia*. Le prix en DA/kg MS *Opuntia*: 23 DA/kg, MS; Paille orge: 12,7 DA/kg de MS; Orge en grains: 31 DA; Féverole: 110 DA/kg de MS. (DA= dinar algérien. €= Euro, 1€= 105 DA). UFL= Unité fourragère lait; PDI= Protéines digestibles dans l'intestin; CB= cellulose brute; MAT= matières azotées totales.

**Tableau III. Digestibilité comparée des régimes et paille en % de MS, n= 8** (Digestibility compared diets and straw % DM, n= 8).

	R1	R2	R3	R4
DMS régime	69,55±2,28 <sup>a</sup>	58,48±5,3 <sup>b</sup>	62,56±3,5 <sup>c</sup>	70,5±1,65
DMS paille	45±11	45±11	45±11	45±11
DMO régime	72,44±2,21 <sup>a</sup>	63±4,75 <sup>b</sup>	67,88±3,7 <sup>c</sup>	74,6±1,06 <sup>a</sup>
DMO paille	51±9	51±9	51±9	51±9
DCB régime	64,55±2,65 <sup>a</sup>	46,86±5,12 <sup>b</sup>	61,52±3,31 <sup>a</sup>	84,75±1,3 <sup>c</sup>
DCB paille	35±6	35±6	35±6	35±6
DMAT régime	80,33±2,23 <sup>a</sup>	71,66±6,2 <sup>b</sup>	86,11±1,38 <sup>c</sup>	89,7±1,05 <sup>c</sup>
DMAT paille	36±16	36±16	36±16	36±16

Régime 1: Paille d'orge + orge en grains.; Régime 2: Paille d'orge + *Opuntia*; Régime 3: Paille d'orge + *Opuntia* + Féverole; Régime 4: *Opuntia*. DMS= Digestibilité matière sèche; DMO= Digestibilité matière organique; DCB= Digestibilité cellulose brute; DMAT= digestibilité matières azotées totales. <sup>a,b,c</sup> dans une même ligne, lorsque les lettres sont différentes, les différences sont significatives à p < 0,01 pour les régimes.

d'utilisation digestive apparent (CUD a) dénommé usuellement par le terme digestibilité. De plus une digestibilité différentielle de la paille d'orge a été évaluée car les données du régime 4 (*Opuntia*) et du régime 2 (paille + *Opuntia*) permettent de la calculer: c'est une méthode qui permet d'obtenir une approximation de la digestibilité des aliments qui ne peuvent constituer une ration à eux seuls (**tableau II et tableau III**). DMS régime= IMS-EMS/IMS×100; IMS: ingéré matière sèche; EMS: excréte matière sèche; DMS en %: digestibilité in vivo; DMO régime: digestibilité matière régime; DCB régime: digestibilité cellulose brute, etc.; DMS paille: digestibilité différentielle: soit une ration A + B;

A: paille, B: *Opuntia*= Régime 2, dont les proportions sont connues; DMO paille: digestibilité différentielle matière organique paille; DCB paille: digestibilité différentielle cellulose brute paille... B: *Opuntia*= Régime 4. A partir des résultats du régime 2 et en utilisant les données de B et par différence nous obtenons les coefficients de A en %. Elle préciserait l'effet de l'apport des cladodes. Les niveaux d'alimentation (NA) ont tenu compte de la quantité de MO digestible (MODI) pour l'énergie et de la quantité de PDI pour l'azote (INRA, 1988). Le NA pour l'énergie= Quantité de MODI g / kg p(0,75)/23 g; 23= Quantité de MODI en g nécessaire par kg p(0,75) pour couvrir les besoins d'entretien; NA pour l'azote= Quantité de PDI g (kg p(0,75))/2,5 g; 2,5= quantité de PDI en g nécessaire par kg p(0,75) pour couvrir les besoins d'entretien. Quant au GMQ et/ou perte de poids, les brebis ont été pesées à jeun, une fois par semaine tout au long de l'essai. Les prélèvements sanguins ont été effectués à la veine jugulaire à jeun, avec venojects dans des tubes héparinés, après centrifugation et conservation dans des microtubes à -30°C, avant introduction de la cladode et en fin de chaque période expérimentale. Soit 16 prélèvements, pour chaque constante biologique.

#### DÉROULEMENT DE L'ESSAI

L'expérimentation s'est déroulée à la bergerie de l'institut vétérinaire, sur deux périodes de 28 jours chacune, soit une période d'adaptation aux régimes de 20 jours, suivie d'une période de collecte de données d'une durée de 8 jours chacune, avec un changement de régimes pour les animaux en cross over: (régime 1 *versus* régime 4) et (régime 2 *versus* régime 3 nos résultats sont en conformité avec les auteurs suscités).

**Tableau IV. Niveau d'alimentation et poids moyen quotidien par régime et par lot n= 8** (Food level and average daily weight by diet and per lot n= 8).

	R1	R2	R3	R4
p <sup>(0,75)</sup>	15,5±1,1	16,25±0,68	15,9±0,8	16,5±0,8
MODI g/p <sup>(0,75)</sup>	35,63±2,5	28,4±2,2	31,3±1,8	18,5±4,15
NA énergie	1,54±0,05 <sup>a</sup>	1,23±0,11 <sup>b</sup>	1,36±0,13 <sup>b</sup>	0,80±0,08 <sup>d</sup>
GMQ énergie mesuré en g	75±22 <sup>a</sup>	26±7,2 <sup>b</sup>	93±19 <sup>c</sup>	-83±13,2 <sup>d</sup>
BE en PDI	39	41	40	41
PDI totales ingérées	33	27	38	17
PDI/p <sup>(0,75)</sup>	2,12	1,6	2,38	1,03
NA azote	0,84 <sup>a</sup>	0,64 <sup>b</sup>	0,95 <sup>c</sup>	0,41 <sup>d</sup>

Régime 1: Paille d'orge + orge en grains.; Régime 2: Paille d'orge + *Opuntia*; Régime 3: Paille d'orge + *Opuntia* + Féverole; Régime 4: *Opuntia*. MODI= MO digestible. NA= Niveau de puissance. p<sup>(0,75)</sup>= poids métabolisable; GMQ= gain moyen quotidien; BE en PDI= besoins d'entretien en protéines digestibles dans l'intestin. <sup>a-d</sup>dans une même ligne, lorsque les lettres sont différentes, les différences sont significatives à p<0,01.

**Tableau V. Paramètres biochimiques avant et après incorporation d'*Opuntia* par régime et par lot n= 8** (Biochemical parameters before and after incorporation of *Opuntia* by diet and per lot n= 8).

	R1	R2	R3	R4
Glycémie avant	0,77±0,009 <sup>A</sup>	0,59±0,04 <sup>B</sup>	0,73±0,05 <sup>A</sup>	0,67±0,04 <sup>C</sup>
Glycémie après	0,52±0,059 <sup>a</sup>	0,48±0,06 <sup>a</sup>	0,398±0,09 <sup>a</sup>	0,6±0,05 <sup>b</sup>
Urémie avant	0,24±0,035 <sup>a</sup>	0,35±0,1 <sup>a</sup>	0,31±0,03 <sup>a</sup>	0,33±0,02 <sup>a</sup>
Urémie après	0,23±0,035 <sup>a</sup>	0,14±0,04 <sup>a</sup>	0,338±0,02 <sup>a</sup>	0,04±0,059 <sup>b</sup>

Régime 1: Paille d'orge + orge en grains.; Régime 2: Paille d'orge + *Opuntia*; Régime 3: Paille d'orge + *Opuntia* + Féverole; Régime 4: *Opuntia*. <sup>A,B,C</sup>dans une même ligne, lorsque les lettres sont différentes, les différences sont significatives à (p<0,01). <sup>a,b</sup>dans une même ligne, lorsque les lettres sont différentes, les différences sont significatives à (p<0,05).

Deux repas/jour ont été distribués: l'aliment grossier paille, le matin et à la même heure pour les régimes 1, 2, 3. La distribution des concentrés, s'est effectuée 5 heures après la prise de la paille, à l'exception du régime 4.

Les analyses des constituants de chaque aliment et des fèces ont été faites selon les méthodes conventionnelles: la teneur en eau a été déterminée par étuvage à 103°C±2, le taux de CB par la méthode de Weende, la MAT par Kjeldhal, les matières grasses par extraction à l'hexane selon le dispositif de Soxhlet. Les régimes ayant reçu la paille, les teneurs ont été effectuées sur des échantillons représentatifs sur l'offert et sur le refusé. NDF et ADF selon la méthode décrite par Van Soest *et al.* (1991). Le résidu pariétal de la cladode a été obtenu selon la méthode de Harche *et al.* (1991), l'extraction des hémicelluloses selon le protocole de Chanda *et al.* (1950). L'extraction des pectines totales a été conduite selon le protocole de Thibault (1980), les pectines hautement méthylées par l'eau chaude et les pectines faiblement méthylées par EDTA (Éthylène diamine tétra-acetic-acid). L'analyse biochimique a

été effectuée au laboratoire d'analyses biomédicales, à l'aide d'un autoanalyseur le COBAS C111 produit par (ROCHE diagnostics à Rotkreuz en Suisse).

#### ANALYSES STATISTIQUES

Les résultats des différentes analyses chimiques ont été traités à l'aide de l'Excel en vue du calcul de la moyenne et de l'écart type et par le logiciel Statistica version 6 pour l'analyse de la variance à 1 facteur, coefficient de variation et complété, par le test de Newman et Keuls pour la classification des différents régimes à p<0,05 et à p<0,01.

#### RÉSULTATS

Les résultats de la composition chimique de chaque aliment et de leurs valeurs nutritives sont indiqués dans le **tableau I**. La valeur UFL / kg de MS de l'*Opuntia* est de 0,63±0,03, Nefzaoui et Ben Salem (1989) indique une valeur comprise entre 0,6 et 0,7. Les PDI en g/kg de MS sont de l'ordre de 38±7,5 pour les PDIN et 64±2 pour les PDIE. Les valeurs UFL de la paille, de l'orge en grains et de la féverole se rapprochent des normes d'INRA (1988). La composition des composés pariétaux (PR) montre que la cladode est riche en pectines totales (PEC) soit 34% du résidu pariétal.

La composition des rations et les quantités distribuées et ingérées sont rapportées dans le **tableau II**. Le taux de refus des régimes ayant reçu la paille est de l'ordre de 21%, 40% et 25% respectivement. Les teneurs en UFL et PDI des régimes ont été calculées à partir de la composition chimique de chaque aliment et par les équations de prédictions d'INRA (1988); (se référer à matériels et méthodes sous titre: Mesures et paramètres étudiés).

Les résultats de la digestibilité des différents constituants de chaque régime sont donnés dans le **tableau III** et comparés à la digestibilité différentielle MS, MO, CB, et MAT de la paille, ceux des niveaux d'alimentation dans le **tableau IV**).

Les résultats de la glycémie en (g/l) après incorporation de la cladode d'*Opuntia* sont respectivement 0,52±0,059; 0,48±0,06; 0,398±0,09; 0,6±0,05, et demeurent aux normes de l'espèce quelque soit le régime. Les résultats de l'urémie sont pour les régimes R1 et R3, 0,23±0,035, et 0,33±0,02, respectivement, tandis que les régimes R2 et R4, le taux d'urémie est nettement en baisse, 0,14±0,04 et 0,04±0,01 respectivement (**tableau V**).

#### DISCUSSION

La composition chimique de chaque aliment, nous a permis de prédire la valeur nutritive de chaque aliment à partir d'équations propre à chaque groupes d'aliments et ce pour le calcul du distribué à l'entretien (**tableau VI**). Ces résultats montrent la richesse de l'*Opuntia* en glucides hydrosolubles et le facteur limitant est l'azote. Les aliments dont le facteur limitant est l'azote dégradable sont l'*Opuntia*, l'orge en grains et la paille d'orge. Dans ce cas le recyclage de l'urée contribue à la fourniture d'azote aux microorganismes.

**Tableau VI.** Equations de prédictions (INRA, 1978 et 1988) (Prediction equations (INRA, 1978 et 1988)).

<i>Opuntia</i>	$UFL/kg(MO) = 0,632 + 191 \cdot 10^{-5} MATg/kg(MO) - 188 \cdot 10^{-8} CBg/kg(MO)^2$
Paille	UFL paille à partir de EB= $4531 + 1,735MAT + \Delta$ , ED= $EB \times dE$ , $dE = 1,0087dMO - 0,0377$ EM= $ED \times EM/ED$ et $EM/ED = 0,8417 - 9,9 \times 10^{-5} CB(MO) - 1,96 \times 10^{-4} MAT(MO) + 0,0221NA$ EN= EM-Q et Q= EM/EB
Orge + féverole	UFL/100 kg de MO= $121,8 + 0,11MAT - 1,81 CB + 1,26MG$ (MAT, CB et MG en % MO)

EB= énergie brute;  $\Delta$ = erreur relative; ED= énergie digestible; dE=digestibilité de l'énergie; dMO= digestibilité de la matière organique; EM= énergie métabolisable; EN= énergie nette; Q= extra chaleur. UFL= Unité fourragère lait; MAT= matières azotées totales; CB= Cellulose brute; MG= Matière grasse.

La richesse de l'*Opuntia* en pectines totales montre que la cladode est dotée de fibres d'un intérêt biotechnologique certain. Bien que la paille soit riche en NDF 65% de MS, elle n'a pas de signification concernant les pectines. D'une manière générale les graines de céréales et de légumineuses sont faibles en pectines totales.

L'ingéré des régimes 1, 2 et 3 sont pratiquement égaux et semblent indépendant de leur digestibilité (**tableau II et III**). Le régime 1 ration classique de l'espèce a connu un ingéré de la paille le plus important par rapport aux régimes 2 et 3, elle de l'ordre de 33 g/kg  $p^{(0,75)}$ , car l'introduction des concentrés dans la ration accroît la vitesse d'ingestion de l'aliment grossier par conséquent son ingestion. L'ingéré de la paille du régime 2 est le plus faible par rapport aux régimes 1 et 3, or Nefzaoui et Bensalem (1998) indique que l'association *Opuntia* à volonté-paille augmente l'ingéré de la paille or dans notre étude nous n'avons pas trouvé de liaison positive, entre l'ingéré de l'*Opuntia* et l'augmentation de la paille mais l'observation constatée: l'animal délaisse la paille riche en paroi et oriente son ingéré vers l'*Opuntia* appétible. L'adaptation des animaux à l'ingestion de l'*Opuntia* seule a été difficile car les faibles niveaux d'ingestion des premiers jours nous ont conduits à mélanger à la paille une petite quantité de foin de vesce avoine pour stimuler l'appétit. Les animaux des régimes à base de paille et de concentré n'ont pas connu cette difficulté.

Le lot témoin R1 a reçu une ration classique pour l'espèce ovine montre des digestibilités de la MS, MO et CB supérieures à celle des lots 2 et 3. Comparativement à des régimes à base de paille, la DMS de R1, R2, et R3 a augmenté de 24, 13, et 17 points respectivement (**tableau III**). Les travaux de Bensalem *et al.* (1996) en Tunisie ont retrouvé une digestibilité *in vivo* d'un régime à base d'*Opuntia* et de paille de céréales de l'ordre de 60 à 65%. Cela peut être dû aux conditions édaphoclimatiques similaires où se développe l'*Opuntia* et les céréales et la même approche expérimentale (digestibilité *in vivo*). Les digestibilités des constituants du régime 4 présentent les taux de digestibilité les plus élevés comparativement aux autres régimes. Ce régime bien qu'il soit très digestible, compte tenu de sa faible teneur en fibre de l'ordre de 11%, et de sa richesse en glucides hydrosolubles, et une DMO de 74%, ne peut constituer une ration entière. Il a montré ses limites: perte de poids et effet laxatif en fin de l'essai, compte tenu de sa teneur en eau >à 90% et en potassium de l'ordre de 1,92% de MS (résultats non encore publiés de l'auteur). En revanche aux taux de 50% de MS et un ingéré exclusif de 490 g d'*Opuntia*, le transit intestinal a tendance à redevenir normal suivi d'une perte de poids

de 25 g. Au taux de 88% de MS et un ingéré de 520 g d'*Opuntia*, le transit intestinal redevient normal et une perte de poids insignifiante a été notée ou pas de perte donc un ingéré d'*Opuntia* exclusif à 88% de MS peut faire sortir le cheptel d'une situation alimentaire critique sans effets majeurs sur la physiologie de l'animal.

La DMO du R2 s'est nettement améliorée 63%, contre DMO de 40% INRA (1988) pour un régime à paille d'orge, soit une augmentation de 23 points et de 12 points par rapport à digestibilité différentielle calculée D (paille), et il est bien connu que les niveaux élevés de la lignocellulose et de la lignine sont responsables de la diminution de la digestibilité. De même les travaux de Degu et Solomon (2010) en Ethiopie ont retrouvé une digestibilité *in vivo* de l'ordre de 60 à 70%, nos résultats sont dans l'intervalle des auteurs suscités Le faible taux de D (CB) de R2 peut s'expliquer par l'augmentation du niveau d'ingestion de l'*Opuntia* qui peut avoir un effet dépressif sur les bactéries cellulolytiques du rumen, compte tenu de la forte teneur en glucides solubles selon Abidi *et al.* (2009). Aussi ces résultats mettent en évidence l'effet de la protection de la fraction lignocellulosique qui se trouve protégé de l'action des enzymes bactériennes. L'augmentation de la D (MAT) des régimes 1, 2, et 3 peut s'expliquer par une meilleure disponibilité de l'énergie apportée par l'orge en grains, l'apport d'*Opuntia* riche en glucides et l'interaction (féverole-*Opuntia*) respectivement. Nous pouvons affirmer que la digestibilité *in vivo* des régimes s'est améliorée par rapport à un régime à base de paille et que les résultats présentés dans le **tableau III**; attribue une digestibilité appréciable du R2, le situant au niveau d'un fourrage de bonne qualité.

Le niveau d'alimentation NA du témoin (R1) indique une MODI/ $p^{(0,75)}$  de 35,63 g  $\pm 1,1$ , et un NA de 1,54  $\pm 0,05$ , pour l'énergie et 0,84 pour l'azote, or pour un animal à l'entretien, MODI est de 23 g/ $p^{(0,75)}$ , PDI, de 2,5 g/ $p^{(0,75)}$  et NA de 1, ces augmentations: de la matière organique et du niveau énergétique s'explique par la richesse de la ration en glucides fermentescibles qu'apporte l'orge en grains. A la couverture des besoins d'entretien le NA est égal à 1, or cette situation d'entretien est difficile à réaliser, car il n'existe pas sur le plan nutritionnel, des dépenses d'entretien et des dépenses de production séparées: puisque ces dépenses ne correspondent pas à des métabolismes distincts (Jarrige, 1980). Nous constatons que les PDI/ $p^{(0,75)}$  sont légèrement en baisse 2,12 g par rapport aux besoins d'entretien qui sont de l'ordre de 2,5 g/kg.  $p^{(0,75)}$  soit une couverture de 84% des besoins en azote, dans ce cas le recyclage de l'urée contribue à la fourniture d'azote aux microorganismes. Ce régime a enregistré

un GMQ mesuré de 75 g  $\pm$  22 g, (R1 versus R4) sur deux périodes de 28 jours chacune soit 56 jours. Certes il couvre les besoins d'entretien des animaux. Compte tenu de non disponibilité de l'orge en condition de sécheresse ce régime ne peut être un régime alternatif. Le R2, révèle une MODI/p<sup>(0,75)</sup> de 28,4 $\pm$ 2,2 et un niveau d'alimentation de 1,23 $\pm$ 0,11 pour l'énergie, cela s'explique par l'élévation de la proportion de glucides hydrosolubles apportée par l'*Opuntia* en revanche le niveau azoté est de l'ordre de 1,6 g/kg p<sup>(0,75)</sup>, soit un faible taux de couverture des besoins en azote de l'ordre de 64 %. Cela suppose que la concentration énergétique de l'orge en grain de R1 est supérieure à la concentration énergétique de l'*Opuntia*. Les travaux de Nefzaoui et Bensalem (1998) ont affirmé qu'il est possible de couvrir les besoins d'entretien pour l'énergie en utilisant des régimes à base d'*Opuntia* inerte avec 300 g de MS de paille. Nos résultats sont en adéquation avec ceux de Nefzaoui et Bensalem (1998). Bien que le R2 n'ait enregistré un gain de poids conséquent, (26 $\pm$ 7 g); il est en mesure de couvrir ses besoins énergétiques d'entretien, avec 393 g de MS de paille et 425 g de MS d'*Opuntia*. L'association paille-*Opuntia* s'est révélé très peu différente de l'association paille-orge sur la couverture des besoins énergétiques d'entretien et les 300 g d'orge peuvent être remplacées par les 425 g d'*Opuntia* face à une situation d'extrême disette (**tableau IV**).

Le R3, est le plus équilibré tant sur le plan énergétique qu'azoté comme le montre ses MODI/p<sup>(0,75)</sup> de 31,3 g  $\pm$  3,15; PDI/p<sup>(0,75)</sup> de 2,38, soit NA de 0,95. Soit 95 % des besoins azotés sont assurés. L'augmentation du niveau azoté explique par l'élévation de la proportion d'azote dégradable apportée par la féverole dans la ration et l'effet d'un supplément azoté augmente les performances de l'animal soit un GMQ mesuré de l'ordre de 93 g  $\pm$  17,59. Ce régime couvre largement ses besoins d'entretien, néanmoins le coût de la ration est élevé, et la féverole ne peut être incorporée dans une ration d'entretien, par contre son remplacement par source azotée moins onéreuse s'avère un choix judicieux et les 125 g de féverole peuvent être remplacées par 27 g d'urée (PDIN= 1470 g/kg de MS), tout en réduisant les coûts de la ration.

Le R4, a indiqué une MODI g/p<sup>(0,75)</sup> de 18,5 $\pm$ 5,73, et PDI g/p<sup>(0,75)</sup> de 1,03; un NA faible de l'ordre de 0,80 $\pm$ 0,03 pour l'énergie et 0,41 pour l'azote, suivi d'une perte de poids de 83 g/jour (**tableau IV**). Les auteurs (Terblanche, 1971) ont étudié l'influence d'un régime basé exclusivement d'*Opuntia* sur la perte de poids d'ovins Mérinos, ces auteurs ont enregistré une chute de poids de 620 g/animal/semaine, avec un taux de 10 % de MS. Nos résultats ont montré la plus forte baisse de poids avec 9,45 % de MS d'*Opuntia*, cette chute de poids et l'effet laxatif sont dues probablement à un rapport énergie/protéines inadéquat (Santana, 1992). En revanche sa teneur en eau peut être considérée comme un facteur positif, car il peut contribuer à résoudre le problème d'abreuvement dans les zones arides. Une ration qui contient 300 g de MS d'*Opuntia* sa consommation d'eau est nulle d'après Nefzaoui et Bensalem (1998). Au taux d'ingestion 23 % et 52 %, l'*Opuntia* ne compromet pas le métabolisme de la brebis.

La glycémie est normalement comprise entre 0,4 et 0,7 g/l chez l'espèce ovine. Et d'après Nobel (1995), elle est de l'ordre de 0,4 $\pm$ 0,007 pour les régimes à base de foin. Nous constatons que la glycémie avant incorporation de l'*Opuntia* est en hausse (**tableau V**) mais reste aux normes, ceci peut s'expliquer par l'apport de concentré ingéré avant introduction de l'*Opuntia*, elle s'est abaissée sensiblement après incorporation de l'*Opuntia*, cette réduction de la glycémie chez le ruminant à faible production ou nulle peut être maintenue sans aucun problèmes, d'après Steel et Leng (1973) c'est l'exemple de (R4) où l'animal a ingéré seulement l'*Opuntia* arrive à entretenir sa glycémie, voir même supérieure à celle de R1 ceci confirme que l'*Opuntia* est riche en glucides hydrosolubles (Nefzaoui et Bensalem, 1998). Les travaux de Mathews *et al.* (2002) et de Hernandez *et al.* (2002) ont montré que la cladode d'*Opuntia* a un effet régulateur chez les rats Wistar suivi d'une perte de poids, il est fort probable que les pectines de la cladode d'*Opuntia* ont un effet régulateur de la glycémie (Frati, 1992).

Les valeurs usuelles de l'urémie sont de l'ordre de 0,28 $\pm$ 0,04 et de 0,43 $\pm$ 0,08 g/l (Nobel, 1995) pour un régime à base de foin. L'urémie augmente avec le taux protéique (Kirk et Walker, 1976), il peut constituer un critère valable de l'état de nutrition azotée des animaux. En conséquence R2 et R4 doivent être complétés par une source azotée.

## CONCLUSION

L'incorporation de la cladode d'*Opuntia*, dans un régime à base de paille améliore les digestibilités des constituants étudiés. Le régime 2: paille + *Opuntia* couvre les besoins énergétiques d'entretien; même s'il n'a pas enregistré un gain de poids significatif, il est en mesure de faire sortir les troupeaux ovins d'une situation alimentaire critique avec un faible coût de la ration et que l'orge en grains d'une ration classique de l'ovine peut être remplacée par la cladode d'*Opuntia*. Son faible taux d'azote peut être résolu par l'introduction d'une espèce steppique du genre *Atriplex* dans une ration. Au taux d'ingestion de matière fraîche d'*Opuntia* allant jusqu'à 52 % la physiologie de l'animal n'est pas perturbée. Quant à la glycémie, elle reste aux normes de l'espèce. L'*Opuntia ficus indica* est recommandé dans l'alimentation des troupeaux ovins en zones arides.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a pu être réalisé grâce à l'assistance tant technique que morale de l'ensemble du personnel de l'INRA de Rabat (Maroc) particulièrement, son directeur et du laboratoire d'analyses biomédicales, docteur Maachi Mohamed de Tiaret (Algérie), au professeur Bamouh Ahmed, de l'IAV Hassan II, de Rabat (Maroc). Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude. Cette étude a été financée par le laboratoire de biotechnologie des zones arides de l'université de Tiaret (Algérie).

## BIBLIOGRAPHIE

- Abidi, S.; Ben Salema, H.; Vastab, V. and Priolob, A. 2009. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. *Small Ruminant Res*, 87: 9-16.
- Araba, A.; Collado, M.; Boutouba, A. et Sahnoun, A. 2009. Nouveau aliment pour les ruminants à base de fruit de cactus. Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture. Maroc. Bulletin mensuel N° 176.
- Ayadi, M.A.; Abdelmaksoud, W.; Ennouri, M. and Attia, H. 2009. Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: Effect of dough characteristics and cake making. *Ind Crops Prod*, 30: 40-47.
- Ben Salem, H.; Nefzaoui H. and Abdouli Orskov, E.R. 1996. Effet de l'augmentation du niveau de cactus (*Opuntia ficus indica* var. *inermis*) sur l'ingestion et la digestion par les moutons les régimes à base de paille. *Anim Sci*, 62: 293-299.
- Benthlija, A. 1987. Valeur nutritive de quelques *Opuntia* espèces. M.sc. Thesis. Oregon State University. USA. 84 pp.
- Degu, A. and Solomon, M.B. 2010. Supplementation of isonitrogenous oil seed cakes in cactus (*Opuntia ficus indica*) tef straw *Eragrostis tef* based feeding of Tigray highland sheep cactus. 7<sup>th</sup> International Congress on Cactus Pear and Cochineal. 17-22 October 2010. Agadir. Morocco.
- Frati, A.C. 1992. Medical implication of prickly pear cactus. In: Felker, P. and Moss, J.R. (Eds.). Proc. 3<sup>rd</sup> Annual Texas Prickly Pear Council. 24-25 July. Kingsville. Texas. pp. 29-34.
- Haddad, O. 1981. Contribution à l'étude des profils biochimiques chez les ovins: influence de l'alimentation. Mémoire de Maître ès Sciences Vétérinaires. Ecole Nationale de Toulouse. France.
- Harche, M.; Tollier, M.T.; Monties, B. et Catesson, A.M. 1991. Caractérisation comparée des constituants (polyosides, lignines et acides phénoliques) des parois cellulaires de 3 graminées subdésertiques pérennes: *Stipa tenacissima* L., *Lygeum spartum* L. et *Aristida pungens* L. *Cell Chem Technol*, 25: 11-17.
- Hernández-Ávila, M. and Olaíz-Fernández, G. 2002. Diabetes and Mexico: a public health challenge. *Ciencia*, 53: 8-17.
- INRA. 1978. Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Ouvrage collectif coordonné par C. Demarquilly. INRA publications. Versailles. France. pp. 237-258.
- INRA. 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ouvrage collectif dirigé par R. Jarrige. INRA publications. Versailles. France. pp. 420-431.
- Jarrige, R.; Guéguen, L. et Vermorel, M. 1980. Principes de la nutrition et de l'alimentation des ruminants. INRA publications. Versailles. France. pp. 207-215.
- Kirk, R.D. and Walker, D.M. 1976. Plasma urea nitrogen as an indicator of protein quality. *Austr J Agric Res*, 27: 109-116.
- Mathews, K.C.; Van Holde, K.E. y Ahern, K.G. 2002. Bioquímica. 3<sup>o</sup> ed. Addison Wesley. Madrid. 1335 pp.
- Mulas, M. et Mulas, G. 2004. Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification. Université des études de Sassari. Italia. <http://www.desa.uniss.it/mulas/desertFR.pdf> (10/03/2015).
- Nefzaoui, A. et Ben Salem, H. 1998. Spineless cacti: a strategic fodder for West Asia and North Africa arid zones. Proc. Int. Symp. Cactus Pear and Napolitos. Processing and use. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales/FAO. Santiago. Chile. pp. 58-78.
- Nefzaoui, A. and Ben Salem, H. 2005. *Opuntia*: A strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the Wana region. Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie. Tunisia. <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/PUBLICAT/Cactusnt/Cactus2.htm>. (02/04/2015).
- Nefzaoui, A. and El Mourid, M. 2007. Cash from cactus. *ICARDA Caravan*, 24: 7-9.
- Niar, A. 2001. Maîtrise de la reproduction chez les ovins en Algérie. Thèse de doctorat d'état. Université d'Oran. Algérie.
- Nobel, S.P. 1995. Environnement biology. In: Barbera G., P. Inglese and E. Pimenta-Barrios (Eds.). Agroecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO. Rome (Italy). 36 pp.
- Nobel, S.P. 1998. Las incomparables agaves y cactus. Editorial Trillas. México city. 17 pp.
- Santana, P. 1992. Tunas forrajeras (*Opuntia ficus indica* y *Nopalea cochinifera*) en el nordeste brasileño. Actas del II. Congreso Internacional de Tunay y Cochinilla. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago. Chile.
- Rodríguez, G.; De Lira, C.; Hernández, B.; Cornejo, V.; Palacios, F. and Rojas, M. 2007. Physicochemical characterization of nopal pads (*Opuntia ficus indica*) and dry vacuum nopal powders as a function of the maturation. *Plant Food Hum Nutr*, 62: 107-112.
- Steel, J.W. and Leng, R.A. 1973. Effects of plane of nutrition and pregnancy on gluconeogenesis in sheep. *Brit J Nutr*, 30: 451-473.
- Terblanche, I; Mulder, A M. and Rossow, J.W. 1971. The influence of moisture content on the dry matter intake and digestibility of spineless cactus. *Agro-animalia*, 3: 73-77.

