

Étude 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

W. ALRAHMOUN ⁽¹⁾, C. MASSON et J.L. TISSERAND

*E.N.S.S.A.A., Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zootechnie
26, boulevard D'-Petitjean, F 21100 Dijon*

Résumé

Dans le but d'étudier les effets comparés chez les caprins et les ovins, d'un régime carencé en azote sur l'activité microbienne du rumen, une expérimentation est réalisée sur trois boucs *Alpin* et trois béliers *Ile-de-France*, castrés, âgés en moyenne de 2 ans et demi et porteurs d'une fistule permanente du rumen. Les animaux pèsent en moyenne 52,5 kg et 47,5 kg pour les caprins et les ovins respectivement. Ils reçoivent *ad libitum* deux fois par jour : un aliment de base qui est la paille d'orge traitée par la soude (4 p. 100) seule, ou complémentée soit avec 120 g de tourteau de soja par kg de paille traitée, soit additionnée d'urée (12 g/kg de paille traitée).

La quantité de matière sèche ingérée, le taux de dégradation des glucides pariétaux et les concentrations en ammoniac et en acides gras volatils dans le rumen sont significativement plus élevés chez les caprins que chez les ovins avec les régimes paille traitée et paille traitée complémentée avec du tourteau.

Si l'activité microbienne est significativement stimulée aussi bien par l'addition d'urée que de tourteau de soja chez les ovins, seule la complémentation avec du tourteau semble efficace chez les caprins.

Mots clés : Activité microbienne, azote, ovins, caprins.

I. Introduction

Chez les ruminants, le niveau azoté et la teneur en glucides pariétaux de la ration sont parmi les facteurs les plus importants, susceptibles de modifier l'activité microbienne dans le rumen. Une première étude (ALRAHMOUN, MASSON & TISSERAND, 1985) n'a pas permis de mettre en évidence une différence significative entre l'activité microbienne ruminale des ovins et des caprins recevant des rations iso-azotées, mais variant par leurs teneurs en glucides pariétaux. Toutefois certains travaux bibliographiques concluent à une meilleure utilisation de l'azote chez les caprins par compa-

(1) Adresse actuelle : Université de Lattaquié, Faculté d'Agronomie Lattaquié, Syrie.

raison aux ovins ; ce phénomène pouvant s'expliquer soit par un recyclage de l'urée plus intense (LOUCA, ANTONIOU & HADJIPANAYIOTOU, 1982), BROWN & JOHNSON (1984), DOYLE *et al.* (1984), soit par une capacité de la population microbienne à utiliser une concentration faible en ammoniac pour sa synthèse protéique (ELHAG, 1976 ; DEVENDRA, 1978 ; HADJIPANAYIOTOU & ANTONIOU, 1983).

Pour vérifier si l'azote est mieux utilisé chez les caprins que chez les ovins, nous avons utilisé, comme aliment, la paille après traitement par la soude à 4 p. 100 (JOUANY *et al.*, 1981) pour améliorer l'apport énergétique de ce fourrage très carencé en azote. Ce dernier est distribué seul, ou additionné d'une source d'azote : urée ou tourteau de soja.

II. Matériel et méthodes

Trois béliers de race *Ile-de-France* de poids vif 45-50 kg et trois boucs de race *Alpine* pesant 50-55 kg, élevés dans les mêmes conditions, castrés, âgés d'environ deux ans et demi et porteurs d'une fistule permanente du rumen sont maintenus en cases individuelles.

Ils y reçoivent en distribution *ad libitum* (2 repas par jour, 8 et 16 h) au cours de trois périodes successives de six semaines (3 semaines d'accoutumance suivies de 3 semaines d'expérimentation) :

1. la paille de blé traitée à la soude (4 p. 100) sans complémentation azotée (P),
2. la paille de blé traitée à la soude additionnée d'urée (P + U) à raison de 12 g par kg de paille,
3. la paille de blé traitée à la soude complétée par 120 g de tourteau de soja par kg de paille distribuée (P + T).

Les prélèvements de jus de rumen et les mesures effectuées sur animaux (poids, quantité ingérée de matière sèche, consommation d'eau, volume du rumen, études *in sacco*) et sur le liquide ruminal (pH, azote, acides gras volatils) sont réalisés dans les conditions expérimentales décrites dans l'article précédent (ALRAHMOUN, MASSON & TISSERAND, 1985).

Les résultats ont été traités statistiquement par une analyse de variance à 2 facteurs (effet espèces et effet régimes) avec interactions.

III. Résultats

A. Quantité ingérée, consommation d'eau et volume du contenu du rumen (tabl. 1, 2 et 3)

La faible teneur en matières azotées (3,7 p. 100) de la paille (P) est fortement accrue (tabl. 1) par l'apport d'urée (7,5 p. 100) ou de tourteau de soja (8,3 p. 100). La teneur en glucides pariétaux est plus faible pour le régime complétement avec le tourteau de soja.

TABLEAU 1

*Composition chimique des régimes.**Chemical composition of the diets.*

Aliments <i>Feeds</i>	Matière sèche % <i>Dry matter</i> %	Matière minérale % MS <i>Ashes % DM</i>	Matières azotées totales % MS <i>Crude protein</i> % DM	Cellulose brute % MS <i>Crude fibre</i> % DM	ADF % MS % DM
Paille traitée <i>Treated straw</i>	92,7	8,6	3,7	46,1	51,0
Paille traitée + urée .. <i>Treated straw + urea</i>	94,8	7,8	7,5	47,9	51,7
Paille traitée + tour- teau de soja <i>Treated straw + soya-</i> <i>bean meal</i>	92,1	8,5	8,3	41,9	46,5

La quantité de matière sèche ingérée varie entre 1 060 et 1 317 g/j (53,7 et 66,4 g/kg P^{0,75}) chez les caprins, et de 600 à 1 260 g/j (35 à 65,6 g/kg P^{0,75}) chez les ovins. Si les valeurs sont voisines chez les deux espèces avec le régime paille traitée + tourteau de soja, il apparaît une différence significative en faveur des caprins avec la paille traitée seule. L'addition d'urée à la paille traitée augmente de façon très importante la quantité de M.S. ingérée (187 p. 100) chez les ovins et de façon plus faible, quoique significative chez les caprins (111 p. 100).

La complémentation en tourteau accroît significativement la quantité de M.S. ingérée (124 p. 100) chez les caprins et surtout (183 p. 100) chez les ovins. La consommation d'eau en l/jour est peu différente entre les deux espèces. Exprimée en ml/kg P^{0,75}, elle apparaît supérieure chez les ovins avec les régimes paille traitée seule et complétement avec du tourteau de soja ; par contre, elle est significativement plus élevée chez les caprins avec le régime paille traitée et additionnée d'urée. Exprimée en ml/g de M.S. ingérée, elle est significativement supérieure chez les ovins avec le régime de paille traitée seule, mais cela est imputable à une ingestion de M.S. très faible.

Il n'existe pas de différences significatives entre les volumes du contenu de rumen des ovins (8,6 à 10,9 l) et des caprins (10 à 10,5 l) quel que soit le régime ; toutefois le volume du contenu de rumen des ovins semble plus faible avec le régime paille traitée + urée.

TABLEAU 2

Quantité ingérée, consommation d'eau et volume du contenu du rumen.

Voluntary intake, water consumption and rumen fluid volume.

Régimes <i>Diets</i>	Espèces <i>Species</i>	Quantité de M.S. ingérée (g/jour) <i>D.M. intake</i> (g/day)	Quantité de M.S. ingérée (g/kg P ^{0.75}) <i>D.M. intake</i> (g/kg W ^{0.75})	Consommation d'eau (ml/kg P ^{0.75}) <i>Water consumption</i> (ml/kg W ^{0.75})	Consommation d'eau (ml/g de M.S.I.) <i>Water consumption</i> (ml/g de D.M.I.)	Volume de contenu du rumen (l) <i>Rumen fluid</i> <i>volume (l)</i>
Paille traitée <i>Treated straw</i>	Caprins <i>Goats</i>	1 060 ^a ± 168	53,7 ^a ± 7,0	285 ^a ± 44	5,5 ^a ± 0,8	10,2 ^a ± 0,6
	Ovins <i>Sheep</i>	600 ^b ± 87	35,0 ^b ± 3,7	292 ^a ± 25	7,2 ^b ± 0,4	10,2 ^a ± 0,3
Paille traitée + urée <i>Treated straw + urea</i>	Caprins <i>Goats</i>	1 245 ^a ± 121	59,9 ^a ± 6,0	350 ^b ± 121	4,7 ^a ± 0,8	10,0 ^a ± 2,1
	Ovins <i>Sheep</i>	1 260 ^a ± 62	65,6 ^c ± 2,6	290 ^a ± 26	4,0 ^{ac} ± 0,3	8,6 ^a ± 0,9
Paille traitée + tour- teau de soja <i>Treated straw + soya-</i> <i>bean meal</i>	Caprins <i>Goats</i>	1 317 ^a ± 144	66,4 ^c ± 3,3	340 ^b ± 64	4,9 ^a ± 1,2	10,5 ^a ± 1,0
	Ovins <i>Sheep</i>	1 153 ^a ± 91	64,2 ^{ac} ± 5,2	380 ^b ± 21	5,5 ^a ± 0,7	10,9 ^a ± 0,4

Pour un même critère, les valeurs suivies d'un indice comportant au moins une lettre commune ne sont pas significativement différentes.

For the same criterion, values followed by at least one common letter are not significantly different.

TABLEAU 3

*Résultats de l'analyse de la variance des paramètres mesurés.**Results of the analysis of variance of different parameters.*

Paramètres <i>Parameters</i>	Effet espèces <i>Species effect</i>	Effet régime <i>Diet effect</i>	Interaction <i>Interaction</i>
Quantité de M.S. ingérée (g/jour) <i>D.M. intake (g/day)</i>	**	**	**
Quantité de M.S. ingérée (g/kg $P^{0.75}$) <i>D.M. intake (g/kg $W^{0.75}$)</i>	**	**	**
Consommation d'eau (ml/kg $P^{0.75}$) <i>Water consumption (ml/kg $W^{0.75}$)</i>	N.S.	**	**
Consommation d'eau (ml/g de M.S.) <i>Water consumption (ml/g D.M.)</i>	N.S.	**	**
pH	**	**	**
A.G.V. totaux (m . mole/l) .. <i>Total V.F.A. (m . mole/l)</i>	**	**	**
A.G.V. totaux (m . mole/ 100 g de M.O.I.) <i>Total V.F.A. (m . mole/100 g O.M.I)</i>	**	*	**
% molaire - Molar % :			
C2	**	**	N.S.
C3	**	**	*
C4	**	**	**
N-NH ₃ (mg/100 ml)	**	**	**
N-NH ₃ (g/100 g de MAT. I) (g/100 C.P.)	**	**	**
A.D.F.	**	**	**
A.D.F. - A.D.L.	**	**	**

N.S.: Non significatif - *Non significant*. * : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$.

B. Fermentation dans le rumen (tabl. 3 et 4)

1. Le pH

Pour les 3 régimes, le pH du contenu de rumen est significativement plus faible chez les caprins (6,4 à 6,6) que chez les ovins (6,6 à 7,1). Les variations de pH dans les heures qui suivent le repas sont peu importantes (fig. 1). La différence entre les caprins et les ovins est surtout importante pour le régime paille traitée seule, carencée en matière azotée. Elle diminue avec l'addition d'urée et surtout la complémentation avec le tourteau de soja.

2. Acides gras volatils

La concentration en AGV varie entre 60,8 et 96,8 m. moles/l chez les caprins et de 27 à 73,2 m. moles/l chez les ovins. Pour les trois régimes, elle est significativement plus élevée chez les caprins que chez les ovins.

La complémentation de la paille traitée par du tourteau augmente la concentration en AGV du jus de rumen de 59 p. 100 chez les caprins et 170 p. 100 chez les ovins, et l'addition de l'urée l'augmente de 30 p. 100 chez les caprins et de 120 p. 100 chez les ovins. La quantité d'AGV en m. mole/100 g de M.O. ingérée est plus élevée chez les caprins avec les régimes paille traitée seule et paille traitée + urée ; elle est assez voisine chez les deux espèces avec le régime de la paille traitée complétement avec du tourteau. L'évolution de la teneur en AGV du jus de rumen au cours de la journée varie peu (fig. 1).

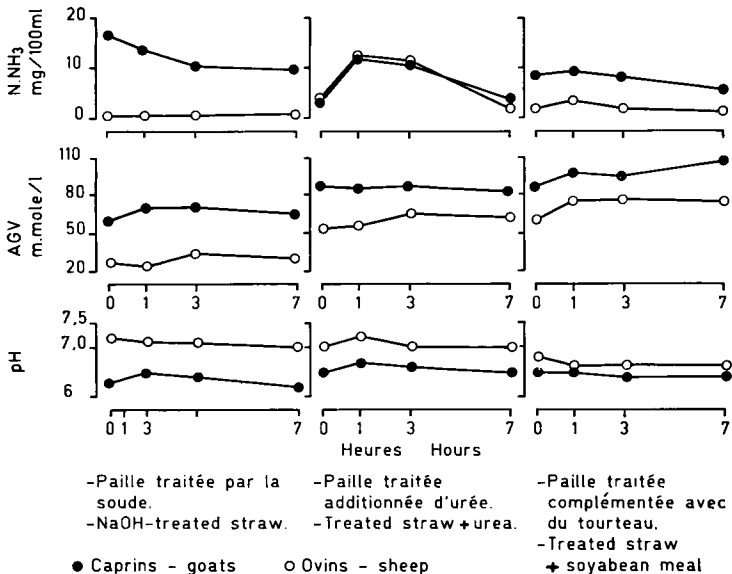


FIG. 1

*Cinétique des pH, AGV, N-NH₃, dans le jus de rumen en fonction du régime.
pH, VFA, N-NH₃ variations in the rumen juice according to the diet.*

TABLEAU 4

Caractéristiques biochimiques du jus de rumen.
(Valeurs moyennes de 4 prélèvements obtenus à jeun et 1, 3 et 7 h après le repas).

Rumen juice characteristics.
(Means of 4 samples collected in fasting animals 1, 3 and 7 h after the meal).

Régimes Diets	Espèces Species	pH	A.G.V. totaux Total V.F.A.		% molaire Molar %			NH ₃ Ammonia	
			m. mole/l m. mole/l	m. mole/100 g M.O.I. (l) m. mole/100 g O.M.I. (l)	C2	C3	C4	mg/100 ml mg/100ml	g/100 g MAT g/100 g CP
Paille traitée Treated straw	Caprins Goats	6,4 ^a ± 0,2	60,8 ^a ± 4,2	79,6 ^a ± 4,9	72,2 ^a	22,0 ^a	4,9 ^{ab}	12,6 ^a ± 4,0	2,8 ± 0,6
	Ovins Sheep	7,1 ^b ± 0,1	27,1 ^b ± 4,0	51,8 ^b ± 7,3	67,3 ^b	28,1 ^b	4,9 ^{ab}	0,8 ^b ± 0,2	0,3 ± 0,1
Paille traitée + urée . Treated straw + urea	Caprins Goats	6,6 ^c ± 0,2	84,6 ^c ± 4,6	77,8 ^{ac} ± 8,8	74,9 ^a	19,1 ^a	4,4 ^a	8,1 ^c ± 1,1	0,9 ± 0,1
	Ovins Sheep	7,0 ^b ± 0,1	59,4 ^a ± 4,1	46,0 ^b ± 2,5	72,6 ^a	20,3 ^a	6,3 ^c	7,6 ^c ± 1,5	0,7 ± 0,1
Paille traitée + tour- teau de soja Treated straw + soya- bean meal	Caprins Goats	6,4 ^a ± 0,2	96,8 ^d ± 6,6	73,4 ^{ac} ± 9,1	72,9 ^a	18,4 ^a	5,2 ^{ab}	7,0 ^c ± 1,6	0,5 ± 0,1
	Ovins Sheep	6,6 ^c ± 0,1	73,2 ^e ± 6,7	71,3 ^c ± 2,6	72,0 ^a	19,5 ^a	5,8 ^{bc}	2,3 ^d ± 0,8	0,3 ± 0,1

Pour un même critère, les valeurs suivies d'un indice comportant au moins une lettre commune ne sont pas significativement différentes.
For the same criterion, values followed by at least one common letter are not significantly different.

La proportion molaire d'acide acétique est significativement plus élevée chez les caprins que chez les ovins avec les régimes : paille traitée seule et paille traitée + urée. La complémentation en tourteau ne modifie pas la proportion molaire d'acide acétique chez les caprins, mais chez les ovins cette proportion augmente de 7 p. 100 ; l'addition d'urée l'accroît chez les deux espèces. La proportion molaire d'acide propionique se situe entre 18,4 et 22 p. 100 chez les caprins et de 19,5 à 28,1 p. 100 chez les ovins. Avec le régime paille traitée seule, elle est significativement plus élevée chez les ovins : c'est avec ce régime que sont obtenues les valeurs les plus élevées chez les deux espèces. L'augmentation du niveau azoté entraîne la diminution de la proportion molaire d'acide propionique chez les boucs et les béliers. La proportion molaire d'acide butyrique faible varie entre 4,4 et 5,2 p. 100 chez les caprins et de 4,9 à 6,3 chez les ovins. Elle est significativement plus élevée chez les ovins pour le régime paille traitée + urée (42 p. 100). La complémentation en tourteau l'augmente de 7 p. 100 chez les caprins et de 19 p. 100 chez les ovins ; à l'inverse, l'addition de l'urée la diminue de 10 p. 100 chez les caprins et l'augmente de 28 p. 100 chez les ovins.

Notons que, avec le régime de paille traitée seule, les acides isobutyrique, valérique et isovalérique chez les ovins et valérique chez les caprins disparaissent.

3. Le taux d'azote ammoniacal

Le taux d'azote ammoniacal du jus de rumen varie entre 7 et 12,6 mg/100 ml chez les caprins et de 0,8 à 7,6 mg/100 ml chez les ovins. Il est 15 fois plus élevé chez les caprins avec les régimes de paille traitée seule et 3 fois plus élevé avec le

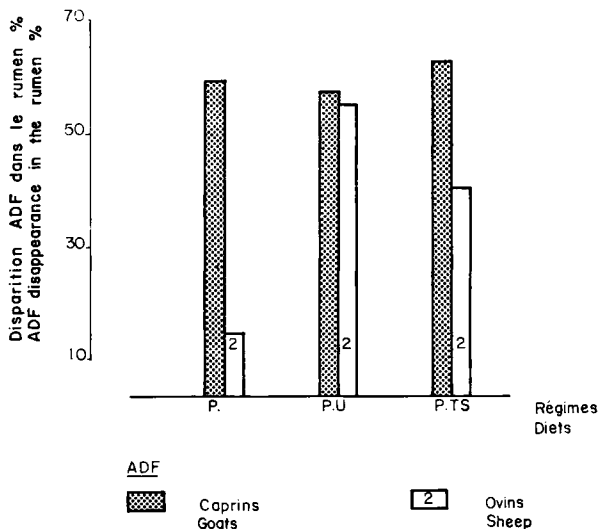


FIG. 2

Comparaison de la disparition de l'ADF en sachets de nylon chez les caprins et les ovins en fonction du régime.

ADF disappearance from nylon bags in goats and sheep according to the diet.

régime de paille soude + urée. L'augmentation du niveau azoté de la paille traitée (tourteau ou urée) se traduit par une diminution du taux d'azote ammoniacal chez les caprins alors qu'il augmente de près de 10 fois chez les ovins. Ce taux exprimé en g/100 g de MAT ingérée est significativement plus élevé chez les caprins pour les trois régimes. L'évolution du taux d'azote ammoniacal pendant la journée (augmentation 1 heure après le repas et diminution ensuite) n'est observée pour les deux espèces qu'avec le régime paille traitée + urée (fig. 1) ; avec les deux autres régimes, les variations sont peu accusées.

C. *Activité cellulolytique* (fig. 2)

L'activité cellulolytique évaluée par la disparition de l'ADF de l'aliment séjournant 48 h dans des sachets de nylon est significativement plus élevée chez les caprins pour les régimes : paille traitée seule et paille traitée complétement avec du tourteau de soja. La complémentation de la paille traitée avec du tourteau ou l'addition de l'urée modifie peu la disparition de l'ADF chez les caprins ; par contre, chez les ovins elle entraîne une nette augmentation (312 p. 100 et 200 p. 100 pour l'ADF respectivement avec la paille traitée additionnée d'urée, et la paille traitée complétement en tourteau de soja).

IV. Discussion

L'activité microbienne dans le rumen évolue différemment chez les ovins et les caprins en fonction du niveau azoté et de la nature des matières azotées du régime.

En effet les valeurs observées pour le taux d'azote ammoniacal dans le contenu de rumen rapporté à 100 g de matière azotée totale (MAT) avec la ration paille seule carencée en matière azotée indiquent clairement que le recyclage de l'azote sanguin est plus important dans le rumen des caprins que dans celui des ovins.

Les différences de pH du contenu de rumen ne permettent pas à elles seules d'expliquer un taux 15 fois supérieur chez les caprins par rapport aux ovins. D'ailleurs, les cinétiques de l'azote ammoniacal du rumen dans les heures qui suivent le repas (fig. 1) montrent qu'avec la complémentation urée, il n'y a pas de différence entre les taux d'ammoniac ruminal, bien que la différence de pH subsiste en grande partie entre les caprins et les ovins. Le fait que la complémentation azotée avec de l'urée ait un effet dépressif sur le taux d'azote ammoniacal dans le rumen des caprins, alors que ce dernier augmente fortement chez les ovins, constitue une autre preuve d'un recyclage de l'azote sanguin plus intense chez les caprins recevant une ration carencée en matières azotées.

La complémentation de la paille par de l'urée augmente de façon beaucoup plus importante l'ingestion et l'activité cellulolytique chez les ovins que chez les caprins ; les effets sont moins marqués sur la production d'acides gras volatils rapportés à 100 g de matière organique ingérée. Cette augmentation de l'ingestion chez les ovins est vraisemblablement rendue possible par une augmentation de l'activité microbienne dans le rumen de cette espèce. Le fait que l'azote ammoniacal constitue un facteur de croissance prépondérant pour les bactéries cellulolytiques confirme notre hypothèse d'un

apport plus important d'azote ammoniacal endogène dans le rumen des caprins recevant une ration carencée en matière azotée que chez les ovins.

La complémentation avec du tourteau de soja augmente l'activité des microbes du rumen chez les deux espèces et estompe pratiquement les différences entre espèces.

V. Conclusion

En définitive, les résultats obtenus nous permettent d'énoncer que les ovins supportent moins bien que les caprins une carence azotée de la ration, laquelle affecte beaucoup plus l'activité des bactéries du rumen chez les ovins. Cette hypothèse semble être vérifiée, d'une part par les quantités de microorganismes dans le rumen, plus importantes chez les caprins que chez les ovins nourris avec de la paille seule (GIHAD, EL BEDAWY & MEHREZ, 1980 ; BELLET, 1984), et d'autre part par l'activité cellulolytique plus intense chez les ovins lorsque le niveau azoté de la ration est augmenté. Par ailleurs les différences importantes de la teneur en azote ammoniacal du jus de rumen observées entre les deux espèces nourries avec de la paille seule confirment les résultats rapportés par WATSON & NORTON (1982), CABRERA *et al.* (1983), HADJIPANAYIOTOU & ANTONIOU (1983) et DOYLE *et al.* (1984) et laissent supposer que le recyclage de l'urée est plus intense chez les caprins que chez les ovins lorsque le régime est carencé en azote.

Reçu en novembre 1985.

Accepté en mars 1986.

Summary

Comparative study of the microbial activity in the rumen of goats and sheep

II. Effect of the level and type of protein used

A comparative experiment was made in three castrated *Alpine* male goats and three castrated *Ile-de-France* rams to study the effect of a protein poor diet on the microbial activity of the rumen. The animals were 2.5 years old on an average ; they were fitted with a rumen fistula. Their mean live weight was 52.5 and 47.5 kg in goats and sheep, respectively. They were fed *ad libitum* twice daily a basal diet composed of soda treated barley straw (4 p. 100 NaOH) alone or supplemented either with 120 g soyabean meal/kg treated straw or with 12 g urea/kg treated straw.

Dry matter intake, break-down rate of cell-wall carbohydrates and ammonia and volatile fatty acid concentration in the rumen were significantly higher in goats than in sheep with treated alone and treated straw supplemented with soyabean meal.

In sheep, the microbial activity was significantly stimulated as well by urea addition as by soyabean meal supplementation, whereas in goats only soyabean supplementation was efficient.

Key words : Microbial activity, protein, sheep, goats.

Références bibliographiques

- ALRAHMOUN W., MASSON C., TISSERAND J.L., 1985. Etude comparée de l'activité microbienne dans le rumen chez les caprins et les ovins. 1. Effet de la nature du régime. *Ann. Zootech.*, **34**, 417-428.
- BELLET B., 1984. *Etude des variations de la microflore des ovins et caprins en fonction de différents régimes*. Thèse de doctorat de 3^e cycle. 99 pages. E.N.S.S.A.A. Université de Dijon, France.
- BROWN L.E., JOHNSON W.L., 1984. Comparative intake and digestibility of forages and by-products by goats and sheep : a review. *Int. Goat and sheep Res.*, **2**, 212-226.
- CABRERA R., VILLARROEL P., VIAL E., CASTILLO A., 1983. Rumen fermentative activity in the goat and sheep. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, **13**, 213-216.
- DEVENDRA C., 1978. The digestive efficiency of goats. *World Rev. Anim. Prod.*, **14**, 9-12.
- DOYLE P.T., EGAN J.K., THALEN A.J., 1984. Intake, digestion and nitrogen and sulfur retention in Angora goats and merino sheep fed herbage diets. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, **24**, 165-169.
- ELHAG G.A., 1976. A comparative study between desert goat and sheep efficiency of feed utilization. *World. Rev. Anim. Prod.*, **12**, 43-48.
- GIHAD E.A., EL-BEDAWY T.M., MEHREZ A.Z., 1980. Fiber, digestibility by goats and sheep. *J. Dairy Sci.*, **63**, 1701-1706.
- HADJIPANAYIOTOU M., ANTONIOU T., 1983. A comparison of rumen fermentation patterns in sheep and goats given a variety of diets. *J. Sci. Agric.*, **34**, 1319-1322.
- JOUANY J.P., SENAUD J., GROLLER C.A., THIVEND P., GRAIN J., 1981. Influence du traitement par la soude et de l'inoculation du cilié polyplastron multivesiculatum dans le rumen sur la digestion d'un régime riche en glucides pariétaux. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **21**, 866.
- LOUCA A., ANTONIOU T., HADJIPANAYIOTOU M., 1982. Comparative digestibility of feedstuffs by various ruminants, specifically goats. In : *Third international conference on goat. Production and disease*, 122-132, éd. Tucson-Arizona, U.S.A.
- WATSON C., NORTON B.W., 1982. The utilization of pangola grass hay by sheep and angora goats. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.*, **14**, 467-470.