



32-630-253-6

32-630-253-6

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA

INSTITUT D'AGRONOMIE

THESE



En Vue de l'Obtention du Diplôme de **MAGISTER**
En Sciences Agronomiques

OPTION : PRODUCTIONS ANIMALES

UTILISATION DE L'ARGILE CHEZ LES OVINS
EFFETS SUR :

- L'ingestibilité et la digestibilité
- La valorisation de l'azote non protéique
- La croissance de jeunes agneaux

PRESENTE PAR : **OUACHEM DERRADJI**

Soutenue : 1997

Devant le jury :

- | | |
|-----------------------------|--|
| - Président : BERCHICHE. M | Maître de conférence à l'Université de Tizi- ouzou |
| - Rapporteur : GHAMRI. A. N | Chargé de cours à l'Université de Batna |
| - Examineur : BELLAL. M | Maître de conférence à L'INASA |
| - Examineur : DOGGAR. A.M | Maître de conférence à l'Université de Batna |
| - Examineur : ALLOUI. N | Chargé de cours à l'Université de Batna |
| - Invité : HOUMANI. M | Chargé de cours à l'Université de Blida |

32-630-253-6

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA

INSTITUT D'AGRONOMIE

THESE



En Vue de l'Obtention du Diplôme de MAGISTER
En Sciences Agronomiques

OPTION : PRODUCTIONS ANIMALES

UTILISATION DE L'ARGILE CHEZ LES OVINS
EFFETS SUR :

- L'ingestibilité et la digestibilité
- La valorisation de l'azote non protéique
- La croissance de jeunes agneaux

PRESENTE PAR : OUACHEM DERRADJI

Soutenu : 1997

Devant le jury :

- | | |
|-----------------------------|--|
| - Président : BERCHICHE. M | Maître de conférence à l'Université de Tizi-ouzu |
| - Rapporteur : GHAMRI. A. N | Chargé de cours à l'Université de Batna |
| - Examineur : BELLAL. M | Maître de conférence à L'INASA |
| - Examineur : DOGGAR. A.M | Maître de conférence à l'Université de Batna |
| - Examineur : ALLOUI. N | Chargé de cours à l'Université de Batna |
| - Invité : HOUMANI. M | Chargé de cours à l'Université de Blida |

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, qu'il me soit permis d'exprimer mes plus vifs remerciements à :

Monsieur : GHAMRI. A.N, Chargé de cours à l'institut d'agronomie de Batna, qui avec énormément de patience et de compétence, m'a permis, par ses conseils de mener ce travail à son terme. Ses orientations m'ont toujours aidée à affiner mes analyses.

Monsieur NOWAR. M.S, mon ex- promoteur pour m'avoir initié à la recherche et à l'intérêt qu'il a porté à mon travail. Ses orientations m'ont permis de progresser. Qu'il soit rassuré de ma profonde gratitude.

Monsieur BERCHICHE. M, Maître de conférence à l'institut d'agronomie de Tizi-ouzou pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury de thèse; qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Monsieur BELLAL. M, Maître de conférence à l'institut d'agronomie d'El Harrach, d'avoir bien voulu accepter de faire partie du jury; qu'il trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.

Monsieur DOGGAR. A.M, Maître de conférence à l'institut d'agronomie de Batna, pour avoir accepté de juger et de critiquer ce travail en faisant partie de mon jury de thèse; je lui exprime ma gratitude la plus vive.

Monsieur ALLOUI. N, Chargé de cours à l'institut des sciences vétérinaires de Batna, je lui suis particulièrement reconnaissant d'avoir accepté d'examiner et de juger ce travail , je lui exprime mes respectueux dévouements.

Monsieur HOUMANI. M, Chargé de cours à l'institut d'agronomie de Blida, de l'honneur qu'il me fait en acceptant de participer à ma soutenance de thèse. Qu'il soit rassuré de mes profonds respects.

Je ne pourrais oublier Madame RERAT. C, Monsieur TAHA. M, de l'unité centrale de documentation de l'INRA de JOUIS- en - JOSAS PARIS. Pour leurs aides, si précieuses, sans qui une bonne partie de ce travail n'aurait pu se réaliser. Je voudrais qu'ils sachent que je leur suis très reconnaissant.

Mes remerciements vont également à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents pour leurs amour, sacrifices, aides et soutien.

Ma femme pour son soutien moral, sa sympathie et sa gentillesse .

Mes adorables enfants.

Mes frères et soeurs.

DERRADJI

SOMMAIRE

Résumés	1
Introduction	4

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1: IMPORTANCE DE L'ECOSYSTEME MICROBIEN CHEZ LES RUMINANTS

I - Les micro-organismes du rumen - colonisation - localisation - adhesion	6
I - 1 Les micro-organismes du rumen et leurs fonctions	6
I - 1 - 1 Les bactéries	6
I - 1 - 2 Les protozoaires	7
I - 1 - 3 Les champignons	8
I - 2 Colonisation microbienne du rumen	9
I - 2 - 1 Colonisation par les Bactéries	9
I - 2 - 2 Colonisation par les protozoaires	10
I - 2 - 3 Colonisation par les champignons	10
I - 3 Localisation et adhesion des micro - organismes dans le rumen	10
II - Facteurs déterminant les équilibres microbiens dans le rumen	11
II - 1 Le pH	11
II - 1 - 1 Les valeurs normales du pH	12
II - 1 - 2 Les valeurs anormales du pH	12
a - L'acidose	12
b - L'alcalose	12
II - 1 - 3 Le pH, facteur d'orientation de l'activité microbienne	13
II - 2 La croissance microbienne	13
II - 3 Affinité pour le substrat	13
II - 4 Besoins énergétiques	15
II - 5 Régime alimentaire	15
II - 6 Manipulation au moyen d'additifs chimiques	16
II - 7 Les probiotiques	16
II - 8 Les minéraux	17
II - 8 - 1 Le cobalt	17
II - 8 - 2 Le magnésium	17
II - 8 - 3 Le phosphore	18
II - 8 - 4 Le soufre	18
III - Fonctions toxifiantes et détoxifiantes des micro - organismes du rumen	19
III - 1 Fonctions détoxifiantes	19
III - 2 Fonctions toxifiantes	19
IV - Comment optimiser le fonctionnement du rumen	20
IV - 1 Effets des ionophores	21
IV - 2 Facteurs de croissance des microbes du rumen	21
IV - 3 Les inhibiteurs de protéolyse ou de désamination	22
IV - 4 Ajout de substances tampon	22

IV - 5 La défaunation du rumen	23
IV - 5 - 1 Effet sur l'écosystème microbien	23
IV - 5 - 2 Effet sur la digestion de l'azote dans le rumen	23
IV - 5 - 3 Effets sur les produits terminaux des fermentations ruminales	23
IV - 5 - 4 Effets sur les performances animales	24

CHAPITRE II: L'ARGILE DANS L'ALIMENTATION DES ANIMAUX DOMESTIQUES

I - Généralités sur les argiles	25
I - 1 Leur origine	25
I - 2 Leur constitution	25
I - 3 Leurs propriétés	25
I - 3 - 1 Caractère hydrophile	25
I - 3 - 2 Propriétés physico - chimiques	25
a - Pouvoir absorbant et mécanismes d'échange d'ions	25
b - Les ions fixés à l'argile sont échangeables	26
c - Nature des cations fixés	26
d - La capacité totale d'échange	27
II - Utilisation des argiles dans l'alimentation des animaux domestiques	28
II - 1 Action de l'argile au niveau du rumen	28
II - 1 - 1 Action sur le pH	28
a - Protection contre les acidoses	28
b - Protection contre les alcaloses	30
II - 2 Action sur la population microbienne	31
II - 3 Action sur le mélange des acides gras volatils	32
II - 4 Effet de l'argile sur la digestibilité	33
II - 5 Effet de l'argile sur l'ingestibilité	35
II - 6 Effets de l'argile sur les performances animales	37
II - 6 - 1 Effet sur le gain de poids	37
II - 6 - 2 Effet sur la production laitière et le taux butyreux	39
II - 6 - 3 Effet sur les paramètres de reproduction	40
II - 6 - 4 Effet sur les performances aviaires	40
II - 7 Rôle protecteur contre certaines maladies métaboliques	41
II - 7 - 1 Protection contre la fièvre vitulaire	41
II - 7 - 2 Protection contre la tétanie d'herbage	42
II - 7 - 3 Protection contre la cétose	42
II - 8 Rôle protecteur contre les toxines	43
III - Autres utilisations	44
III - 1 Utilisation dans la préparation de produits pharmaceutiques	44
III - 2 Utilisation dans l'amélioration des sols	45

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

OBJECTIFS DE L'ETUDE	46
----------------------	----

ESSAI N° 1: Effet de l'argile sur l'igestibilité, la digestibilité et possibilités d'intoxications

I - 1 Dispositif expérimental	46
I - 2 Techniques analytiques	48
I - 2 - 1 La matière sèche	48
I - 2 - 2 Les matières azotées totales	48
I - 2 - 3 La matière grasse	48
I - 2 - 4 Les cendres brutes	48
I - 2 - 5 La cellulose brute	49
I - 2 - 6 Chimie des urines	49
a - Les corps cétoniques	49
b - La bilirubine	49
c - Le glucose	50
d - Le sang	50
e - Le pH	50
I - 2 - 7 Profil sérologique	50
a - La créatinine	50
b - Les transaminases	50
I - 2 - 8 La capacité d'échange cationique	51
I - 2 - 9 Identification de l'argile	51
I - 3 La digestibilité	51
4 Analyse statistique	51

ESSAI N° 2 : Effet de l'argile sur la valorisation de l'azote non protéique, l'ingestibilité et la digestibilité

II - 1 Dispositif expérimental	52
II - 2 Le bilan azoté	53
II - 3 Calcul des PDIE - PDIN	53
II - 4 Analyse statistique	53

III -ESSAI N° 3 : Effet de l'argile sur la croissance de jeunes agneaux

III - 1 Dispositif expérimental	53
---------------------------------	----

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

I - ESSAI N° 1

I - 1 Résultats	55
I - 2 Discussions	56
I - 3 Conclusion	58

II - ESSAI N° 2

II - 1 Résultats	59
II - 2 Discussions	60
a - Ingestibilité	60
b - Le bilan azoté	61
c - La digestibilité	62
d - Chimie des urines et profils sérologiques	63
- Les corps cétoniques	63
- La bilirubine	63
- Le pH	64
- La créatinine	64
- Les transaminases	65
II - 3 Conclusion	66

III - ESSAI N° 3

III - 1 Résultats	67
III - 2 Discussions	68
III - 3 Conclusion	69

CONCLUSION GENERALE	70
---------------------	----

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	71
-----------------------------	----

ANNEXES	78
---------	----

LISTE DES ABREVIATIONS

AGV	: Acides gras volatils.
Al	: Aluminium.
B	: Bentonite
Ca	: Calcium
CB	: Cellulose brute.
CEC	: Capacité d'échange cationique.
CUD	: Coefficient d'utilisation digestive.
Fe	: Fer.
Fig.	: Figure.
g	: Gramme.
GMQ	: Gain moyen quotidien.
h	: Heure.
IC	: Indice de consommation.
ITEBO	: Institut technique de l'élevage bovin et ovin.
ITPE	: Institut technique des petits élevages.
J	: Jour
kg	: Kilogramme.
l	: litre.
MAT	: Matières azotées totales.
mg	: Milligrammes.
MG	: Matière grasse.
Mg	: Magnésium.
ml	: Millilitre.
MM	: Matière minérale.
mn	: Minute.
MO	: Matière organique.
MS	: Matière sèche.
N	: Azote.
nm	: nanomètre (10^{-9} m).
Na	: Sodium.
NaB	: Bentonite sodique.
ONAB	: Office national des aliments de bétail.
P	: Phosphore.
PDIE	: Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie.
PDIM	: Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne.
PDIN	: Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote.
Pds.	: Poids.
ppm	: Particule par million.
t	: tour.
t°	: Température.
Tab.	: Tableau.
TB	: Taux Butyreux.
TGO	: Transaminases glutamiques oxaloacétique.
TGP	: Transaminases glutamiques puryviqve.
λ	: Longueur d'onde.

Résumé :

Trois expériences ont été effectuées pour déterminer l'effet de l'addition de l'argile chez les ovins, en vue d'améliorer le rendement de la digestion de la ration distribuée, d'accroître l'ingestion de matière sèche, de voir le devenir d'un excès d'ammoniac apporté par l'urée et le comportement des animaux vis à vis de cet excès. Et enfin, d'étudier l'effet de l'argile sur la croissance de jeunes agneaux.

Dans le premier essai, l'aliment se composait de foin de triticale distribué ad libitum et de concentré ovin complété de 0 - 5 ou 10 % d'argile dans un dispositif expérimental faisant appel à 12 béliers de poids vif moyen, égal à 60 kg répartis en trois lots de 4 et à une période d'essai de 15 jours. Incorporée à raison de 10 % dans le régime, l'argile n'améliore ni l'ingestion de la matière sèche ni le rendement de la digestion et on assiste à une réduction significative de ces paramètres.

En revanche, la dose de 5 %, améliore d'une manière significative la digestibilité des matières azotées totales de 6,8 points par rapport au témoin ($P=0,007$), l'ingestibilité a été également améliorée de 3,5 points. La chimie des urines et le dosage des transaminases ont exclus les possibilités d'intoxication par l'argile. Quoique, la dose de 10% a affectée le métabolisme sans pour cela qu'elle engendre des conséquences pathologiques sur les fonctions rénales et hépatiques.

Dans le second essai, la même quantité de concentré ovin a été distribuée aux 3 lots, supplémentée par une même quantité d'urée et complétée de 0 - 2,5 et 5% d'argile, avec un déséquilibre volontaire entre PDIE et PDIN. Le foin étant distribué à volonté.

Par rapport aux témoins et 2,5 %, l'argile à raison de 5% améliore significativement le bilan azoté par une meilleure efficacité d'utilisation de l'urée confirmée par la chimie des urines et le dosage des transaminases

($P < 0,00001$). Elle a amélioré également d'une manière significative la digestibilité de la cellulose brute ($P = 0,002$), des matières minérales ($P = 0,04$), et celle de la matière grasse ($P = 0,02$). L'ingestion du foin a été amélioré de 13,3 points. En revanche , aucune des proportions d'argile n'améliore la digestibilité de la matière sèche ($P = 0,007$) ou celle de la matière organique ($P = 0,12$). Les dosages sérologiques et la chimie des urines ont montré que l'urée n'a pas été valorisée au maximum en l'absence d'argile et que les risques de toxicité ont été écartés chez les lots recevant l'argile.

Dans le 3^{ème} essai, 24 jeunes agneaux, âgés de 5 mois \pm 1 semaine, de poids vif moyen égal à 25,4 kg ont été mis sur parcours. Dès leur retour le soir, un concentré ovin leur est offert, additionné de 0 - 2,5 et 5 % d'argile, durant une période de 8 semaines. Par rapport aux témoins, les proportions d'argiles améliorent d'une manière significative les gains moyens quotidiens de 2,5 et 1,5 kg respectivement pour les lots 5% et 2,5 % ($P < 0,00001$).

SUMMARY :

Three experiments were carried to determine the effectiveness of clay added to ovine to improve diet digestion yield, to increase dry-matter intake, to see ammoniac excess carried by urea and animals behavior in relation to excess and finally to study clay effect on young lambs growth.

In the first trial, the feed consisting of triticale hay distributed ad libitum and ovine concentrate, supplemented with 0 - 5 or 10 % clay in experiment utilizing 12 sheep (live weigh 60 Kg distributed in 3 groups of 4 and 15 day test periods incorporated in 10 % diet clay in proves neither dry matter intake nor digestion yield.

However, 5 % improves significantly the total nitrogen digestibility 6.8 points compared to controls ($P = 0.001$). In take was also improved 3.5 points chemical urine and transaminases levels excluded the possibility of intoxication by clay.

But; the level of 10 % affected the metabolism without pathological consequences on liver and kidney functions.

In the second trial, the same amount of ovine concentrate was distributed to 3 groups with the same amount of urea and supplemented with 0 - 2.5 and 5 % clay with no balance between PDIE and PDIN - hay distributed ad libitum.

Compared to controls and (2.5 %), clay (5%) improved nitrogen results with a good use of urea. Clay improved cellulose digestibility ($P = 0.002$) minerals ($P = 0.04$), fat (0.02), hay intake 13.3 points. However, neither dry matter digestibility ($P = 0.007$) or organic matter ($P = 0.12$) was improved by clay levels.

In the third trial, 24 young lambs (5 months \pm 1 week old, average of live weigh = 25.4 kg) were put in grazing grounds, when returning with evening they were given on ovine concentrate supplemented with 0 - 2.5 and 5 % of clay in a period of 8 weeks. Compared to controls, clay levels improved daily average gains of 2.5 and 1.5 kg respectively for the lots of 5% and 2.5 % ($P < 0.00001$).

INTRODUCTION:

L'alimentation des ruminants en Algérie, est caractérisée par une ration de base composée essentiellement de pailles de céréales et de foin de vesce avoine. Malheureusement le plus souvent récoltés et stockés dans de mauvaises conditions, ce qui leur confert une valeur fourragère médiocre; les rendant peu ou mal appréciés par les animaux.

L'aspect quasi-endémique qui marque l'alimentation animale en Algérie, risque de s'aggraver d'avantage car des signes certains commencent à montrer que la production animale ne peut suivre le rythme de l'expansion démographique et rattraper le niveau de la demande.

Pour remédier à cette situation, beaucoup de travaux ont été entrepris durant les dernières décennies et ont portés sur :

- La valorisation des sous produits locaux (gland, pulpes d'agrumes, grignons d'olives, amandes d'abricots, pulpe de tomate, farine de volailles, etc...)
- Les traitements chimiques des pailles à l'ammoniac et à l'urée.
- Les traitements physiques .(broyage, compostage...) .

Cette étude vient s'ajouter en complément à ce qui a été fait jusqu'à l'heure actuelle, dans l'espoir d'apporter un plus appréciable en vue d'augmenter la productivité des ressources animales en agissant sur des facteurs purement intrinsèques à l'animal. En effet, alimenter un ruminant c'est d'abord nourrir une microflore. La microflore travaille pour elle même, laissant à l'hôte une part du substrat alimentaire qui a échappé à son attaque. Il s'agit des déchets de son métabolisme (comme les acides gras volatils, qui seront un très bon carburant énergétique pour le ruminant et des gaz), ainsi que ses propres constituants tels que les protéines microbiennes (sources de PDIM) et l'ensemble des vitamines du complexe B.

En contre partie, cette microflore, qui est un associé obligatoire et prioritaire, exige le meilleur équilibre nutritionnel pour elle même ainsi que des conditions de milieu stable. (pH, besoins en minéraux, adhésion etc...), à défaut, surviennent des troubles par changement brutal de régime, par manque

de lest, excès de glucides fermentescibles, abus de protéines dégradables à l'origine de problèmes digestifs.

On conçoit donc tout l'intérêt de tirer parti au mieux de l'originalité digestive des ruminants en stimulant l'activité microbienne et en l'orientant pour qu'elle profite le plus possible à la productivité, à la santé et à la qualité des productions .

Une réponse à cette préoccupation est offerte par l'utilisation de l'argile, qui grâce à son pouvoir tampon, et sa capacité d'échange cationique et d'adsorption serait capable de modifier le milieu ruminal en faveur des micro-organismes. Il en résulte ainsi, un meilleur rendement digestif et des améliorations dans les productions.

Dans la première partie de ce travail, on se propose de montrer en premier lieu, la plus grande importance de la population microbienne dans les processus de fermentations chez les ruminants, et en second lieu montrer les principales caractéristiques des argiles et les différents intérêts de leurs utilisations dans l'alimentation des animaux domestiques.

La seconde partie est réservée :

- D'une part, à l'étude de l'effet de l'argile sur l'ingestibilité, la digestibilité et la valorisation d'une source d'azote non protéique. (à travers le bilan azoté, la chimie des urine et le profil sérologique)

- D'autre part, tester l'efficacité de l'argile sur la performance de croissance de jeunes ovins .

PREMIERE PARTIE

ETUDE

BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

IMPORTANCE DE L'ECOSYSTEME MICROBIEN CHEZ LES RUMINANTS

Grâce à la présence d'une population microbienne dense et variée dans le rumen, la digestion chez les ruminants présente deux avantages par rapport aux autres animaux :

- Ils peuvent dégrader la paroi cellulaire des plantes.
- Ils sont capables d'utiliser l'azote non protéique pour synthétiser des protéines.

De ce fait, les ruminants sont particulièrement bien adaptés à l'utilisation des fourrages grossiers à faible teneur protéique.

Le développement de la recherche au cours des 20 dernières années a permis de maîtriser l'activité microbienne dans le rumen et d'orienter les fermentations vers la formation de produits terminaux permettant à l'animal de tirer un meilleur profit.

Ce chapitre décrit le comportement de la population du rumen vis à vis des conditions physico-chimiques du milieu, les conditions de son développement et sa croissance en décrivant le rôle respectif des bactéries, des protozoaires et des champignons.

I - LES MICRO - ORGANISMES - COLONISATION - LOCALISATION ET ADHESION:

I-1 - LES MICRO-ORGANISMES DU RUMEN ET LEURS FONCTIONS:

Le rumen est un écosystème spécifique anaérobie où les composants des aliments linguo-cellulosiques sont dégradés et fermentés par une microflore abondante et diversifiée.

I-1-1 - LES BACTERIES :

Les bactéries sont les micro-organismes les plus nombreux (la moitié de la biomasse microbienne), leur concentration peut atteindre 10^{11} cellules vivantes / ml. Elles sont essentielles pour les ruminants qui ne peuvent survivre sans elles. Actuellement on compte environ 200 espèces dont soixante ont été décrites.

Selon JOUANY (1978), la biomasse microbienne représente environ 1 kg de matière sèche chez la vache. Les 2/3 de cette biomasse sont associés à des particules solides alors que seulement 1/3 est présent dans la phase liquide des digesta.

Elles ont été classées selon leur capacité à dégrader certains substrats et à les utiliser pour se développer ou pour produire certains métabolites. HUNGATE (1966), a proposé de les répartir en bactéries :

- Cellulolytiques (*Ruminococcus flavefaciens* et *Ruminococcus albus*) qui seraient plus actives dans la dégradation des parois végétales. La plupart des bactéries cellulolytiques ont aussi des activités hémicellulolytiques;

- Amylolytiques (*Streptococcus bovis*, *Succinomonas amylolytica*) possédant la faculté d'utiliser l'amidon. La chute du pH stimule le développement de cette espèce et inhibe la plupart des autres;

- Hémicellulolytiques (*Fibrobacter succinogenes*) ayant une activité hydrolytique élevée à l'égard de la cellulose;

- Lipolytiques (*Anaérovibrio lipolytica*) contribuant à l'hydrogénation des lipides et à la protéolyse;

- Protéolytiques (*Megasphaera elsdenii*); qui croit à partir d'acides aminés quand les glucides sont absents;

- Méthanogènes (*Méthanobactérium ruminantium*) fermentant les glucides en méthane, diminuant ainsi le rendement énergétique.

I - 1 - 2- LES PROTOZOAIRES :

Les ciliés sont les protozoaires les plus importants en nombre (10^6 / ml) et par leur influence sur la digestion. On distingue deux groupes:

- Les holotriches

- Les entodiniomorphes.

Les ciliés sont 20 à 100 fois plus grands en taille que les bactéries mais ils sont 10^4 fois moins nombreux. Leur biomasse (40 % de la population totale) est distribuée entre les particules solides et la phase liquide (JOUANY, 1994).

Les protozoaires entodiniomorphes ont une grande capacité à ingérer des particules solides de petite taille comme les grains d'amidon et les fibres cellulosiques. Ils ingèrent aussi continuellement les bactéries (HUNGATE, 1966).

Ils sont plus exigeants que les bactéries en besoins nutritionnels et sont plus sensibles aux conditions physico-chimiques du milieu. Leur activité est influencée par le pH du milieu; elle est optimum à pH = 6,0 et minimum à pH = 5,0 (JOUANY,1994).

Selon le même auteur, la concentration des protozoaires dépend en grande partie de l'aliment utilisé, ainsi les entodiniomorphes se développent bien avec des régimes mixtes mais peuvent disparaître quand la part du concentré dépasse 75 % de la ration.

Les ciliés sont capables de fermenter les glucides, de stocker l'énergie après ingestion et d'ingérer les particules végétales colonisées par les bactéries. Ils sont aussi protéolytiques comme les bactéries, leurs fonctions se résume en :

- Une action d'utilisation des protéines présentes dans les particules solides ou insolubles. Cependant, cette action reste faible à celle des bactéries (6 à 10 fois moins);
- Une action d'ingestion des protéines alimentaires et bactériennes représentant les principales sources d'acides aminés.

D'autres part, JOUANY (1978) a montré que :

- La présence de ciliés avait un effet bénéfique sur l'augmentation de la digestion de la matière organique;
- Les protozoaires sont particulièrement affectés par le rendement énergétique des régimes peu digestibles;
- La défaunation contribue à élever d'une manière significative le bilan des acides aminés dans le duodénum avec les régime pauvres en protéines.

I - 1 - 3 - LES CHAMPIGNONS :

C'est la dernière population microbienne découverte au niveau du rumen. Leur présence a été également signalée au niveau du caecum, le colon et les fèces. Ils sont abondants avec les régimes riches en fourrages grossiers où leur concentration peut atteindre 10^3 / ml.

La colonisation des tissus végétaux débute peu après l'ingestion des aliments par les animaux (15 à 30 minutes). Les champignons produisent de grandes quantités d'enzymes impliquées dans la digestion des glucides de la paroi végétale (exocellulases, endocellulases, cellodextrinases) pour former du cellobiose qui est ensuite fermenté. Ils peuvent aussi solubiliser les formes les plus résistantes de cellulose, telles que les fibres de coton (HILLAIRE et al, 1990 cités par JOUANY, 1994).

In vitro, les champignons fragilisent les tissus végétaux et réduisent la taille des particules végétales placées en incubation (JOBLIN, 1989). Leur efficacité peut-être égale ou même supérieure à celle des bactéries cellulolytiques ou de la population microbienne totale du rumen. (WINDHAM et AKIN 1984, AKIN et al 1989), probablement à cause de leurs rhizoïdes capables de pénétrer les tissus végétaux (BERNALIER et al 1992 , ROGER et al 1992 et 1993 rapportés par FONTY et al, 1995).

In vivo, la contribution des champignons à la dégradation des parois végétales ainsi qu'aux processus fermentaires est loin d'être connue. Leur élimination réduirait sensiblement la digestibilité in situ de la matière sèche de la paille et contribuerait à augmenter la proportion d'acide propionique (FORD et al, 1987).

I - 2 - COLONISATION MICROBIENNE DU RUMEN :

1 - 2 - 1 COLONISATION PAR LES BACTERIES :

Dés la naissance, le rumen du jeune veau, aussi bien que celui de l'agneau, est rapidement colonisé. A l'âge de deux jours la population atteint 10^9 bactéries / ml de contenu et se situe dès la première semaine à un niveau comparable à celui rencontré chez les ruminants adultes.

L'installation de ces espèces bactériennes précède donc la consommation d'aliments solides et la présence de fibres végétales n'est pas non plus nécessaire à leur maintien dans le rumen puisqu'on les retrouve à un niveau relativement élevé chez des animaux nourris exclusivement au lait (FONTY et al, 1995).

I - 2 - 2 COLONISATION PAR LES PROTOZOAIRE :

La transmission de ciliés d'un animal à l'autre s'effectue par transfert direct de salive contenant ces micro - organismes.

Les protozoaires sont les derniers micro - organismes à apparaître dans le rumen du jeune animal. FONTY et al (1995), estiment le temps de colonisation entre 14 et 21 jours. La totalité des ciliés disparaît temporairement pour des raisons encore non expliquées, au cours du troisième mois. Une période de défaunation naturelle, entre 2 et 4 mois après la naissance, a également été observée chez des agneaux recevant une alimentation mixte (PETKOVet ENEV,1979).

L'allaitement maternel, qui contribue à maintenir un pH proche de la neutralité, favorise l'implantation des ciliés, tandis que la distribution de concentré conduit à la disparition de la plupart d'entre eux et leur nombre s'abaisse lorsque le pH est inférieur à 6 (EADIE, 1962).

I - 2 - 3- COLONISATION PAR LES CHAMPIGNONS :

La colonisation est très précoce puisque ceux ci apparaissent 8 à 10 jours après la naissance (FONTY et al, 1987).

Selon les mêmes auteurs, il semble que leur développement ultérieur soit conditionné par la composition de la ration, puisque ces micro - organismes disparaissent vers l'âge de trois semaines chez la plupart des agneaux recevant du concentré, alors qu'elle reste stable chez des agneaux nourris avec de la luzerne déshydratée.

I-3 -LOCALISATION ET ADHESION DES MICRO-ORGANISMES DANS LE RUMEN :

Selon FONTY et al (1995), les populations microbiennes du rumen sont localisées au niveau de trois niches écologiques bien distinctes. De ce fait, les micro-organismes sont :

- Soit libres dans le milieu liquide;
- Soit adhérents à la muqueuse du rumen;
- Soit fixés aux particules alimentaires.

D'après les mêmes auteurs, les fragments végétaux qui entrent dans le rumen sont rapidement colonisés par les bactéries, les champignons et les protozoaires.

JOUANY (1994), rapporte que certains protozoaires peuvent se fixer sur les particules solides mais cela ne constitue pas la principale caractéristique de leur comportement, ils ingèrent de petites particules qu'il digèrent ensuite. La capacité d'adhésion permet aux micro - organismes d'augmenter leur temps de rétention dans le rumen et de rendre leur action plus efficace en concentrant les enzymes hydrolytiques sur leur tissu cible. L'adhésion apparaît donc comme la première étape essentielle dans le processus de la cellulolyse.

Selon GRENET et BARRY, (1988) cités par JOUANY (1994), le parenchyme est colonisé par un grand nombre de bactéries, alors que les parois épaisses des tissus vasculaires ou du sclérenchyme, qui sont lignifiées, sont surtout colonisées par les champignons .

Toujours, d'après les mêmes auteurs, les champignons peuvent avoir accès aux tissus celluloseux au moyen de leur rhizoïdes qui pénètrent en profondeur les fragments végétaux. Bien qu'ils se fixent principalement sur les tissus lignifiés, il n'existe aucune preuve qu'ils utilisent la lignine comme source d'énergie (FONTY et al, 1995).

La proportion de la population bactérienne fixée aux parois végétales varie de 50 à 70 % de la population totale.

Les bactéries cellulolytiques adhèrent de préférence aux parois endommagées mécaniquement par la mastication ou par traitement chimique. (LATHAM et al, 1979).

II - FACTEURS DETERMINANT LES EQUILIBRES MICROBIENS DANS LE RUMEN :

II -1 - LE pH :

Une des priorités dans les processus vitaux chez les animaux supérieurs, est le souci permanent d'assurer une stabilité du milieu intérieur; cela concerne aussi bien l'homéothermie (stabilité de la température corporelle) que l'équilibre acido-basique c'est à dire la constance du pH (concentration en ions H^+).

II - 1 - 1 LES VALEURS NORMALES DU pH :

Le pH du rumen peut apparaître comme très fluctuant, l'étendue de ces variations indique un déficit des moyens régulateurs face aux causes de perturbation.

La définition d'une gamme normale ne peut donc se faire que vis à vis d'un rumen sain et en fonctionnement. La principale source de variation du pH est la fermentation des aliments. Les substrats glucidiques (cellulose, amidon) sont une source d'acides, alors que les substrats azotés peuvent imposer un déplacement dans le sens de l'alcalinité, surtout s'ils peuvent libérer, rapidement de l'ammoniac. La finesse de la granulométrie accroît la fermentescibilité de la ration et tend à abaisser le pH (FONTY et al, 1995).

II - 1 - 2 LES VALEURS ANORMALES DU pH :

Des déviations excessives du pH du rumen sont la conséquence de déséquilibres des fermentations induites par l'apport d'aliments dont les caractéristiques chimiques, physiques ou quantitatives étaient inadaptées.

a - L'ACIDOSE :

L'apport excessif et brutal de substrats amylacés générateurs d'acide lactique est la cause d'une baisse marquée du pH du rumen. Les valeurs de pH les plus basses trouvées lors de la mort des animaux sont généralement égales ou inférieures à 5,0 (FONTY et al, 1995).

b - L'ALCALOSE :

La situation dite d'alcalose du rumen a été étroitement associée à la distribution excessive ou mal ajustée d'azote non protéique, et désignée sous l'appellation courante `` d'intoxication par l'urée ``.

L'observation d'une valeur élevée de pH, dans la gamme de 8 à 8,5 ne signifie pas obligatoirement qu'il y -ait un état d'alcalose par libération excessive d'ammoniac. En effet, FONTY et al, (1995) soulignent qu'une mise à jeun de 24 heures chez le mouton, entraîne une augmentation du pH ruminal à la valeur de 8,0 , suite au remplacement progressif du contenu du rumen par la sécrétion salivaire.

II -1- 3 - LE pH, FACTEUR D'ORIENTATION DE L'ACTIVITE MICROBIENNE :

Le maintien du pH du rumen au voisinage de la neutralité par addition de substances tampons à la ration, ou par substitution de glucides lentement fermentescibles aux céréales, permet de limiter l'augmentation de la proportion du lactate et de conserver à la ration une efficacité satisfaisante.

La baisse du pH étant un facteur de réduction de l'attachement microbien, c'est ainsi qu'in vitro, la transition du pH de la gamme 6,2 - 7 à 5,8 entraîne une baisse de l'attachement de 43% et une baisse de la digestibilité de la cellulose de 32,5 % à 8,1 % (SHRIVER,1991 rapporté par FONTY et al, 1995).

Le pH exerce une pression de sélection sur les bactéries, surtout lorsqu'il diminue assez pour que l'acidité détruise la plupart d'entre - elles. Il en résulte une inhibition de la production d' A .G.V alors que, parallèlement, les bactéries lactiques sont favorisées. L'influence du pH sur la prolifération des bactéries a fait l'objet de nombreuses études qui ont permis de montrer la diminution de la croissance de la plupart des bactéries entre pH = 6,0 et pH = 5,0 , et la résistance de certaines espèces " Streptococcus bovis par exemple à des pH plus bas: 4,5 à 4,0 " (RUSSELL et al, 1979).

II - 2 - LA CROISSANCE MICROBIENNE :

Les différentes espèces microbiennes du rumen se sont progressivement adaptées à coexister dans un écosystème en développant entre elles des interactions multiples et complexes qui lui confèrent une stabilité remarquable.

Le taux maximum de croissance est différent d'une espèce à l'autre et dépend à la fois de la source d'énergie, du pH et de la concentration d'ammoniaque (FONTY et al, 1995).

II - 3 - AFFINITE POUR LE SUBSTRAT :

L'utilisation préférentielle d'un substrat par une espèce bactérienne lui permet de sélectionner celui qui assurera la croissance la plus efficace. Ce phénomène explique pourquoi plusieurs espèces capables d'utiliser les mêmes

substrats, et par conséquent d'occuper les mêmes niches écologiques, peuvent coexister sans être nécessairement en compétition.

Lorsque les substrats solubles sont en faibles concentration, ce qui est le cas avec certains régimes alimentaires, les bactéries ne peuvent croître à leur taux maximum de croissance et l'affinité pour le substrat devient alors un déterminant majeur de la croissance et des compétitions bactériennes (tab. I). Ainsi le xylose, qui peut être utilisé par trois espèces, ne subit pas de répression chez Selenomonas ruminantium qui sera vraisemblablement une meilleure consommatrice de ce glucide que les deux autres.

De même, Megasphaera elsdenii et Selenomonas ruminantium peuvent métaboliser le lactate mais, dans le rumen, Selenomonas ruminantium n'en sera parait-il qu'une faible utilisatrice puisque l'utilisation de ce substrat sera réprimée en présence de glucose, maltose, saccharose et xylose.

Tableau I : Substrats préférentiels de quelques espèces bactériennes du rumen (RUSSEL et BALDWIN, 1978).

ESPECE	SUBSTRATS					
	Glucose	Maltose	Saccharose	Cellobiose	Xylose	lactate
<i>Selenomonas ruminantium</i>	P	P	P	R	P	R
<i>Provetella ruminicola</i>	P	P	P	R	-	-
<i>Megasphaera elsdenii</i>	P	P	R	-	-	P
<i>Streptococcus bovis</i>	P	R	P	R	R	-
<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	R	P	P	R	R	-

P: Substrat préférentiel, utilisation non inhibée par les autres substrats.

R: Utilisation inhibée par les autres substrats.

- : substrats non utilisés.

II - 4 - BESOINS ENERGETIQUES :

Les bactéries ont besoin d'énergie pour leur croissance et cette dernière ne peut avoir lieu que lorsque les exigences en énergie d'entretien sont satisfaites . L'énergie d'entretien est très variable entre les espèces. A cet effet, une espèce dont le besoin en énergie d'entretien est moindre, va croître plus rapidement et devenir dominante. Ainsi, Butyrivibrio fibrisolvens , dont le besoin en énergie d'entretien est modéré , se trouve en nombre élevé chez les animaux recevant des fourrages pauvres alors que Streptococcus bovis, dont les besoins en énergie sont au contraire importants, n'est dominante que dans le cas de régimes riches en céréales (FONTY et al, 1995).

II - 5 - REGIME ALIMENTAIRE :

Compte tenu de la présence d'espèces microbiennes spécialisées dans la dégradation de différents substrats, toute modification du régime entraîne celles de la flore et de la faune du rumen. Les plus évidentes apparaissent dans la transition d'un régime fourrage vers un régime riche en concentré qui abaisse le pH.

Quantitativement, la micro flore augmente avec prolifération de streptocoques (S.bovis), de lactobacilles du genre Megasphaera qui utilise le lactate alors que Butyrivibrio et les espèces Cellulolytiques sensibles aux pH faibles régressent, entraînant une diminution de la cellulolyse (FONTY et al, 1995).

La population fongique est d'autant plus abondante avec des rations riches en lingo-cellulose. Les foin de luzerne ou de prairie naturelle sont particulièrement favorables au développement des champignons, contrairement à des rations à base de betteraves ou de fourrages verts pauvres en tiges ou d'herbe jeune. (GRENET et al, 1989)

Avec les régimes riches en amidon, le pH du rumen, généralement inférieur à 5,5 est défavorable aux champignons (FONTY et al, 1995).

II - 6 - MANIPULATION AU MOYEN D'ADDITIFS CHIMIQUES :

Les additifs chimiques sont employés pour modifier l'équilibre microbien du rumen et orienter le métabolisme vers la formation de produits mieux utilisés par l'animal. Le méthane contribue à une perte importante d'énergie (8 % de l'énergie brute des aliments). Cette situation a incité les chercheurs à rechercher des molécules inhibant la méthanogénèse, parmi celle-ci les acides gras à longue chaîne (FONTY et al, 1995).

Selon les mêmes auteurs, l'activité des enzymes impliquées dans la désaimantions est partiellement inhibée en présence de certains ions métalliques (Ag^+ , Cd^{++} , Cu^{++} , Hg^{++}).

De même, l'ajout de substances ayant un pouvoir tampon élevé ($NaHCO_3$, MgO , Na_2CO_3) a été envisagé avec des rations riches en glucides fermentescibles afin de limiter les risques d'acidose.

II - 7 - LES PROBIOTIQUES :

Les probiotiques sont des préparations de micro - organismes vivants sous forme sèche. Selon MATTHEWS (1988), les deux types de micro - organismes utilisés sont des levures vivantes (Saccharomyces cervisiae) ou des champignons (Aspergillus oryzae).

Leur emploi est préconisé pour améliorer la croissance de jeunes ruminants. Les probiotiques peuvent modifier les fermentations microbiennes dans le rumen (FONTY et al, 1995). De même, ils semblent avoir un rôle stimulateur de la croissance des micro - organismes du rumen, en particulier des bactéries cellulolytiques lors de la diminution du pH ruminal en stimulant les espèces capables d'utiliser l'acide lactique (NISBET et MARTIN, 1991 cités par FONTY et al, 1995).

Selon DEVISM (1988), l'addition de cultures de levures améliore l'activité cellulolytique des bactéries et augmente la digestibilité et l'ingestibilité des fourrages .

II - 8 - LES MINERAUX :

Les minéraux ont une importance cruciale dans la stabilité de l'environnement ruminal, auquel l'activité bactérienne est particulièrement sensible. Ils interviennent dans le métabolisme microbien (croissance, cellulolyse et protéosynthèse). Si les apports fourragers couvrent en général les besoins des bactéries notamment en calcium, sodium et potassium, les apports en magnésium sont parfois limités. Or certaines bactéries en ont besoin pour pouvoir se fixer sur les fibres végétales (MESHY, 1993).

Selon le même auteur, les besoins bactériens en phosphore et en soufre sont supérieurs à ceux de la vache. Il en serait de même pour le cobalt.

II - 8 - 1 - LE COBALT :

Les micro - organismes du rumen utilisent principalement le cobalt pour la synthèse de la vitamine B12 (cobalamine).

En 30 - 40 minutes, les bactéries ruminales fixent 80 - 85 % du cobalt libéré. Certaines souches microbiennes diminuent chez les ruminants recevant une ration pauvre en cobalt (POLLOCK, 1994). Les bactéries qui digèrent la cellulose, semblent les plus exigeantes. Ainsi, selon FONTY et al (1995), l'addition de 0,1 mg de cobalt/kg MS à un régime à base de paille traitée stimule la dégradation de la cellulose in vivo (en sachets de Nylon).

L'apport de cobalt limite les risques de toxicité du sélénium en le transformant en dérivés nettement moins toxiques grâce à une enzyme, dont la synthèse dépend de la vitamine B12 donc du cobalt (POLLOCK, 1994).

II - 8 - 2 - LE MAGNESIUM :

Il est nécessaire à la croissance de la plupart des micro - organismes.

ROGER et al (1990), soulignent que le magnésium active les cellulases et en combinaison avec le calcium, il améliore l'adhésion de Ruminoccus flavefaciens à la cellulose. Ceci, a été confirmé par MESCHY (1993) en affirmant que certaines bactéries ont un besoins en magnésium pour pouvoir se fixer sur les

fibres végétales et que l'effet négatif sur la cellulolyse peut être réduit ou même supprimé par l'addition de Ca^{2+} .

En pratique, les principales carences en magnésium se rencontrent avec les fourrages pauvres et les pailles. Les pH élevés et les fortes concentrations ruminales d'ammoniac et de phosphore réduisent la disponibilité du magnésium (FONTY et al, 1995).

II - 8 - 3 - LE PHOSPHORE :

La dégradation de la cellulose est plus réduite par la carence en P que celle des fractions hémicellulosiques et amylacées. Un besoin spécifique en phosphore pour l'activité des enzymes cellulosiques serait à l'origine de ce phénomène. La croissance microbienne est également très sensible à un manque de phosphore (FONTY et al, 1995).

II - 8 - 4 - LE SOUFRE :

La principale fonction du soufre est de participer à la synthèse des acides aminés soufrés, donc des protéines microbiennes.

MESCHY (1993), rapporte qu'une insuffisance en soufre; indispensable pour l'utilisation de l'azote non protéique, diminuerait l'utilisation bactérienne du glucose mais aussi la cellulolyse et la protéosynthèse.

Les recherches effectuées par AKIN et al (1983) dans ce domaine ont montré l'influence de l'addition de soufre sur la dégradation de la cellulose par la stimulation des bactéries cellulolytiques et des champignons du rumen, qui ont des besoins en soufre particulièrement élevés et semblent être les premiers micro-organismes à disparaître du rumen lorsque la ration est carencée en soufre.

III - FONCTIONS TOXIFIANTES ET DETOXIFIANTES DES MICRO - ORGANISMES DU RUMEN :

Parallèlement à leur fonction majeure qui leur permet de convertir les principaux constituants des végétaux en nutriments pour l'animal, les micro-organismes du rumen sont aussi capables de métaboliser de nombreux composés toxiques présents dans les aliments en métabolites inoffensifs.

III - 1 - FONCTIONS DETOXIFIANTES :

La dégradation de l'oxalate est un exemple bien étudié de l'aptitude des micro-organismes à s'adapter à une nouvelle source d'énergie. Certaines espèces végétales contiennent en effet des teneurs élevées en oxalate (plus de 5% de la matière sèche) dont l'ingestion est dangereuse pour les ruminants, qui peuvent néanmoins en tolérer de fortes concentrations à la condition d'y être accoutumés progressivement. L'accoutumance est liée à l'émergence de certaines espèces bactériennes toujours présentes, mais qui restent sous dominantes tant que leur substrat énergétique préférentiel ne se trouve pas en concentration suffisante dans le milieu.

Oxalobacter formigenes utilise l'oxalate comme seule source d'énergie. Cette capacité à utiliser l'oxalate permet à cette espèce d'occuper une niche unique dans le rumen (DAWSON et ALLISON, 1988).

III - 2 - FONCTIONS TOXIFIANTES :

Une ration alimentaire mal équilibrée peut - être potentiellement toxique à partir du moment où elle entraîne une modification de la population microbienne qui conduit à une production excessive d'un métabolite qui devient toxique à des concentrations élevées.

L'acidose lactique apparaît lorsque sont distribuées des rations trop riches en glucides rapidement fermentescibles. Il en résulte une forte production d'acide lactique, ce qui favorise la prolifération de Streptococcus bovis et Lactobacilles au détriment de celles qui métabolisent le lactate (Megasphaera , Veillonella) (FONTY et al, 1995).

La mimosine est un acide aminé rarement rencontré mais dont les concentrations peuvent atteindre 3 à 4 % de la matière sèche chez Leucaena leucocephala ; légumineuse intéressante par sa teneur en azote et son rendement en pays tropicaux. La mimosine métabolisée dans le rumen donne un produit toxique provoquant des chutes d'appétit, de poids, des pertes de poils avec ulcération oesophagienne et hypersalivation. L'utilisation de cette plante est donc restée limitée en raison des problèmes de toxicité chronique qu'elle provoque chez les ruminants d'Australie et de Nouvelle Guinée.

Or cette espèce végétale constitue jusqu'à 90% les rations des chèvres d'HAWAII sans leur occasionner de troubles. La perte de toxicité a été attribuée à une dégradation rapide du produit toxique par des micro-organismes présents seulement chez les ruminants d'HAWAII (JONES et MAGARRITY, 1986).

Selon les mêmes auteurs, des mélanges microbiens issus de rumen de ces animaux, introduits chez des animaux sensibles ont permis à ces derniers d'acquiescer une remarquable tolérance à cette plante.

IV - COMMENT OPTIMISER LE FONCTIONNEMENT DU RUMEN :

Alimenter un ruminant c'est d'abord nourrir une microflore; cette microflore travaille pour elle même, laissant à l'hôte une part du substrat alimentaire qui a échappé à son attaque, ainsi que ses propres constituants tels que les protéines microbiennes et des vitamines du complexe B. En contre partie, cette microflore, exige le meilleur équilibre nutritionnel pour elle-même ainsi que des conditions de milieu stables.

Améliorer la fonction du rumen, signifie fournir des nutriments qui seront utilisés le plus efficacement par les ruminants. Cela peut se faire par :

- Une augmentation de la digestion dans le rumen lorsque les substrats ne sont pas digérés ou sont moins efficacement utilisés ailleurs (glucides pariétaux);
- Une diminution de la digestion ruminale lorsque certains composés alimentaires sont métaboliquement utilisés si la digestion a lieu dans l'intestin;
- Des changements dans la nature des produits terminaux de la digestion : l'amidon fournit soit des AGV soit du glucose selon qu'il est digéré dans le

rumen ou dans les intestins, la production de méthane peut-être réduite, la répartition entre les différents AGV peut-être modifiée, la perte d'azote sous forme d'ammoniaque peut-être diminuée (JOUANY, 1994).

IV - 1 - EFFETS DES IONOPHORES :

Les antibiotiques ionophores présentent la propriété de stimuler le transport des cations à travers les membranes biologiques. Monensine, Lasalocide et Salinomycine sont les antibiotiques ionophores les plus couramment utilisés jusque là. Ces molécules agissent sur les échanges de cations à travers les membranes biologiques.

D'après NOWAR (1989 a), l'argile serait douée de la même propriété par sa capacité d'échange cationique importante.

Les ionophores augmentent la proportion de propionate au dépens de l'acétate ou du butyrate dans les mélanges d'AGV, ils diminuent par conséquent, la méthanogénèse et améliorent le rendement de l'énergie métabolisable des rations. Il semble que les bactéries méthanogènes sont sensible aux ionophores (JOUANY, 1994).

NAGARAJA et al, (1986) cités par JOUANY (1994) Soulignent que la production de lactate est fortement réduite chez les animaux traités recevant des rations riches en amidon; les risques d'acidose sont donc diminués.

IV - 2 - FACTEURS DE CROISSANCE DES MICROBES DU RUMEN :

La niacine (ou l'acide nicotinique) est considérée comme ayant un effet positif sur l'efficacité de la synthèse protéique microbienne sans modifier la production d'AGV. Cependant, elle a un effet négatif, sur la synthèse microbienne quand les animaux reçoivent de l'urée comme seule source azotée (JOUANY, 1994).

Par ailleurs, selon NOWAR (communication personnelle), l'effet négatif de la synthèse microbienne, pourrait être corrigé par l'incorporation de bentonite (grâce à sa capacité d'adsorption).

D'après BLAIN et al, (1994) cités par JOUANY (1994), la synthèse microbienne et la production de propionate dans le rumen augmentent considérablement en présence de Thiamine (vitamine B1).

IV - 3 - LES INHIBITEURS DE PROTEOLYSE OU DE DESAMINATION :

L'inhibition de la désamination des acides aminés est un objectif recherché pour valoriser l'azote des rations et pour améliorer l'efficacité de la synthèse microbienne. Si les acides aminés devaient être évacués intacts hors du rumen ou incorporés directement dans les protéines microbiennes plutôt que d'être dégradés en ammoniac, lequel sera ensuite utilisé pour synthétiser des acides aminés, on économiserait le coût énergétique de la resynthèse (JOUANY, 1994).

IV - 4 - AJOUT DE SUBSTANCES TAMPON :

L'activité microbienne peut-être renforcée par divers additifs capables de se révéler très efficaces.

Les substances tampons (Na HCO_3 , Na_2CO_3 , CaCO_3 et MgO) ont été largement utilisées comme adjuvants aux rations des ruminants pour maintenir le pH du rumen dans une plage de valeurs allant de 6 à 7, correspondant aux conditions optimales pour l'activité microbienne (JOUANY, 1994).

L'emploi de ces substances a été recommandé pour les animaux recevant des rations riches en concentrés énergétiques qui risquent de provoquer des acidoses. Leur effet provoque une amélioration de l'efficacité de la synthèse microbienne et une augmentation de la proportion d'acétate dans les AGV.

Selon JOUANY (1994), leur emploi entraîne un déplacement de la digestion des protéines et de l'amidon vers l'intestin grêle.

Enfin, un autre adjuvant, connu sous le nom de bentonite a été sélectionné pour son pouvoir tampon assez rémanent et sa capacité d'adsorber et de stocker l'ammoniac en excès résultant d'une fermentation trop rapide entraînant une élévation du pH dans le sens de l'alcalose (NOWAR, 1989 b).

IV - 5 - LA DEFAUNATION DU RUMEN :

La défaunation du rumen, c'est à dire l'élimination des protozoaires est une méthode courante pour évaluer leur effet global.

IV - 5 - 1 -EFFET SUR L'ECOSYSTEME MICROBIEN :

L'élimination des protozoaires provoque une augmentation du nombre total des bactéries qui s'explique par l'absence de prédation (JOUANY, 1994).

Selon le même auteur, les protozoaires sont associés étroitement à quelques bactéries symbiotiques, notamment aux bactéries méthanogènes. Une partie de ces bactéries est éliminée avec les protozoaires au cours de la défaunation.

IV - 5 - 2 -EFFET SUR LA DIGESTION DE L'AZOTE DANS LE RUMEN :

L'élimination des protozoaires diminue la dégradation des protéines alimentaires et microbiennes dans le rumen et réduit également la concentration d' NH_3 , ce qui explique l'excrétion moindre d'azote urinaire chez les animaux défaunés (JOUANY, 1994). La synthèse des protéines microbiennes est largement améliorée par la défaunation puisque les protozoaires consomment des quantités importantes de bactéries.

Les travaux de JOUANY (1978), USHIDA et al, (1986) ont montrés que la présence de protozoaires contribue à une baisse significative du flux d'acides aminés à l'entrée de l'intestin grêle.

IV - 5 - 3 -EFFETS SUR LES PRODUITS TERMINAUX DES FERMENTATIONS

RUMINALES :

La défaunation entraîne une réduction de la proportion de l'acide butyrique au profit de l'acide propionique ou de l'acide acétique dans le mélange des AGV. Corrélativement, la méthanogénèse est diminuée de 30 à 45 %, ce qui représente un avantage certain dans le métabolisme énergétique des animaux ayant des besoins énergétiques élevés (JOUANY, 1994).

Une telle idée, a été constatée par FONTY et al (1995), selon lesquels, l'ajout de ciliés dans le rumen augmente la méthanogénèse de 30 à 45 %.

IV - 5 - 4 - EFFETS SUR LES PERFORMANCES ANIMALES :

La défaunation a un effet positif net sur la fourniture d'acides aminés aux animaux. Cela explique pourquoi la défaunation améliore la croissance des jeunes animaux quand ceux - ci sont nourris avec des rations à faible teneur en protéines (tab. II).

TABLEAU II : Effet de la défaunation sur les performances des animaux

(Selon différents auteurs in JOUANY, 1991)

Auteurs	Animal	Croissance (g/j)		Ingestion (g/j)	
		F	D	F	D
BIRD et LENG (1978)	Veau Agneau	530	757*	4150	4230
		70	130*	-	-
		8 ⁺⁺	11	-	-
DEMEYER et al (1982)	Agneau	102	140	878	964*
VAN NEVEL et al (1985)	Agneau	88	125*	1015	1085

F : Animaux faunés; D : Animaux défaunés

++ : Croissance de laine .

* : L'effet de la défaunation est significatif (P < 0,05).

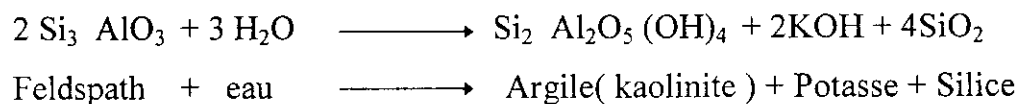
CHAPITRE II

L'ARGILE DANS L'ALIMENTATION DES ANIMAUX DOMESTIQUES

I - GENERALITES SUR LES ARGILES :

I - 1 - LEUR ORIGINE :

C'est l'altération des minéraux silicates (feldspath, micas,...) qui est la source première des argiles, le feldspath orthose par exemple, se décompose par une série d'étapes qui se résument en une réaction globale (SOLTNER, 1986) :



I - 2 - LEUR CONSTITUTION :

Les micelles d'argile sont des fins cristaux, constitués de feuillets dont la constitution chimique, l'épaisseur et l'écartement varient avec le type d'argile. Leur dimension varie de 0,01 à 1 micron (BONNEAU et SOUCHIER, 1979).

I - 3 - LEURS PROPRIETES :

I - 3 - 1 CARACTERE HYDROPHILE :

L'argile est hydrophile, c'est à dire a l'aptitude de fixer de l'eau. Celle-ci entoure les micelles et pénètre entre les feuillets qui s'écartent plus ou moins selon le type d'argile: La montmorillonite est plus apte à se gonfler que l'illite, et surtout que la kaolinite (SOLTNER, 1986).

I - 3 - 2 PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES :

a - Pouvoir absorbant et mécanismes d'échange d'ions :

Selon SOLTNER (1986), deux expériences simples mettent en évidence le pouvoir absorbant :

- Du purin, d'odeur ammoniacale et de couleur foncée, est versée sur un entonnoir rempli d'argile : Le filtrat a perdu son odeur et sa couleur.

Expérience réalisée en 1850 ne fut interprétée que 17 ans plus tard; on comprit alors que l'ammoniac était retenu par l'argile.

- Une solution de KCl (contenant à l'état dissocié des cations K^+ et des anions Cl^-) est versée sur un entonnoir, rempli de terre argileuse. Le filtrat analysé contient :

- * Moins d'ions K^+ : Ces cations ont été retenus par l'argile;
- * Presque tout le Cl^- versé : Ces anions n'ont pas été retenu;
- * Du Ca^{++} : Ces cations ont été échangés contre les cations K^+ .

Le pouvoir absorbant est la propriété que possède l'argile, de retenir à sa surface des ions provenant du milieu.

b - Les ions fixés à l'argile sont échangeables :

Le remplacement des ions H^+ par des cations Ca^{++} , se fait selon la loi de l'échange de cations; c'est ainsi qu'un cation Ca^{++} prend la place de deux ions H^+ .

S'il y a fixation d'un cation sur l'argile, un autre doit être restitué au milieu. Autrement dit , tout départ de cations du milieu, oblige à restituer à celui ci une certaine quantité de ce même cation. Cet échange, que l'on appelle le « pouvoir tampon » fait des argiles un milieu stables (SOLTNER, 1986).

c - Nature des cations fixés :

D'après SOLTNER (1986), les cations habituellement fixés sur l'argile sont surtout des cations métalliques, parmi lesquels :

- Certains sont fixés en quantités importante : Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ .
- D'autres en quantité plus limitée :
 - * L'ion ammonium NH_4^+ .
 - * Les oligo-éléments : Mn^{++} , Zn^{++} , Cu^{++} .
 - * L'aluminium Al^{+++} .
 - * Le fer Fe^{++} ou Fe^{+++} .

L'intensité avec laquelle ces ions sont retenus est en général la suivante (dans le cas de la montmorillonite), par ordre d'absorption décroissante:

Al et oligo-éléments $> Ca > Mg > H > K > NH_4 > Na$

Selon le même auteur, cette intensité, cet ordre préférentiel de fixation s'explique par la valence et l'hydratation des ions. C'est ainsi que :

- Les ions bivalents Ca^{++} et Mg^{++} sont plus énergiquement retenus que les ions monovalents K^+ , Na^+ , NH_4^+ ;

- Les ions faiblement hydratés (Mg^{++} et surtout Ca^{++}), c'est à dire entourés d'une faible couche d'eau sont mieux fixés, et par conséquent exercent une action floculante plus énergique que les ions frottements hydratés (Na^+ et K^+);

- L'intensité de fixation dépend aussi de l'état de saturation de l'argile; ainsi une argile dont le complexe contient 80 % de Ca pour 10 % de Mg, fixera plus facilement le Mg dont elle est pauvre .

d - La capacité totale d'échange :

D'après SOLTNER (1986), la capacité totale d'échange (T) ou capacité d'échange de cations (CEC) est la quantité maximale de cations qu'un poids déterminé d'argile (habituellement 100g) est capable de retenir. En l'exprime en milliéquivalents (m.e.q) pour 100 g d'argile pure.

L'équivalent d'un corps est le rapport masse atomique / valence de ce corps. Ainsi, une argile qui a une capacité totale d'échange de 20m.e.q pourrait retenir :

- En Ca : $20 \text{ m.e.q} \times 40/2 = 400 \text{ mg de Ca / } 100 \text{ g d'argile .}$

- En Na : $20 \text{ m.e.q} \times 23/1 = 460 \text{ mg de Na / } 100 \text{ g d'argile .}$

Enfin, la capacité totale d'échange (T) en m.e.q est en fonctions de la nature des colloïdes. (tab. III)

Tableau III : capacité totale d'échange (T) en m.e.q en fonction de la nature des Colloïdes (SOLTNER, 1986)

Nature des colloïdes	(T) en m.e.q / 100 g d'argile
kaolinite	3 à 15
illite	10 à 40
montmorillonite	80 à 150

II - UTILISATION DES ARGILES DANS L'ALIMENTATION DES ANIMAUX

DOMESTIQUES :

Au pâturage, les animaux consomment au fur et à mesure de la terre en broutant. Cette consommation peut atteindre 14 % de la matière sèche totale ingérée annuellement (FIELD et PURES 1964, ARNOLD et al 1966, HEALY 1973 rapportés par NOWAR 1989 a).

Par ailleurs, BURKITT (1969) a signalé que les bovins recevant des rations à haut niveau énergétique, consomment de la terre spontanément. De même, il a observé que cette consommation facultative diminue lors de l'addition de bentonite à la ration.

A partir de ces constatations, les chercheurs se sont intéressés à l'étude des propriétés physico-chimiques des argiles et ont pu montrer que l'apport des argiles; telles que la bentonite, la zéolite et la kaolinite, dans les rations des animaux domestiques apporte des améliorations considérables au niveau des performances liées à la production, la reproduction et la santé des animaux.

II - 1 ACTION DE L'ARGILE AU NIVEAU DU RUMEN :

II - 1 - 1 ACTION SUR LE pH

a - Protection contre les acidoses :

L'équilibre de la flore du rumen peut être perturbé accidentellement par un apport excessif d'amidon très fermentescible (blé - orge - avoine) ou de céréales broyées finement, il s'en suit une importante production d'acide lactique et une acidose (BERTIN, 1995).

En étudiant l'évolution du pH chez les vaches laitières alimentées à base d'ensilage, SLANINA (1974) a conclu qu'avec la bentonite, le pH se stabilise au voisinage de la neutralité (Fig. I).

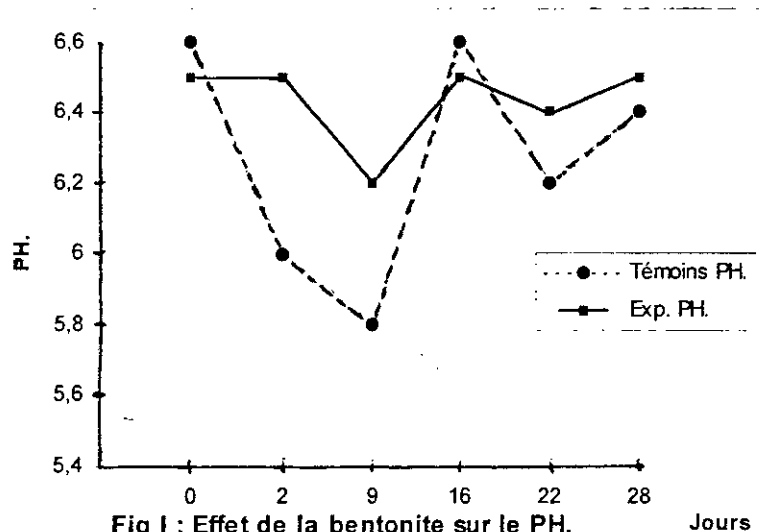


Fig 1 : Effet de la bentonite sur le PH.
(SLANINA, 1974)

D'autres part, les travaux de DUNN et al (1979); sur l'importance de la bentonite sodique dans la protection des effets nuisibles de l'acidose montrent que:

- Les régimes très concentrés acidifient le milieu ruminal avec risque de mortalité (tab. IV);
- Le traitement à la bentonite est d'une grande efficacité dans la protection de l'acidose;

Selon les mêmes auteurs, la bentonite donne un meilleur résultat quand elle est associée au bicarbonate de sodium.

TABLEAU IV : Mortalités enregistrées avec des régimes à base de céréales avec et sans bentonite (DUNN et al, 1979)

Traitements	Nombre de sujets morts
Témoin	12
2% de bentonite	2
2% NaHCO ₃	2
2% de bentonite + 2% NaHCO ₃	0

b - Protection contre les alcaloses :

La mauvaise utilisation de l'ammoniac conduit à son accumulation dans le rumen. La première conséquence est une élévation du pH ruminal (Alcalose si $\text{pH} > 7,2$) qui nuit gravement à l'activité de la flore, réduit l'appétit et favorise le développement de bactéries pathogènes. Le ruminant frappé d'alcalose météorise et en cas d'intoxication sur aigu, la mort peut survenir. Il existe des formes d'alcalose plus insidieuses et économiquement lourdes. En effet, l'excès d'ammoniac est une cause prédisposante majeure de diverses maladies : Syndrome de la vache couchée, infertilité, mortalités embryonnaires et avortement (BAUDET, 1994).

A ce sujet, ROGER (1994) rapporte qu'une dangereuse accumulation ruminale d'ammoniac, est la résultante d'une dysharmonie entre une ammoniogenèse à tendance explosive, et une protéosynthèse microbienne relativement lente et limitée.

Les travaux réalisés jusqu'à nos jours, confirment la possibilité de recourir à l'urée dans le cadre de la substitution ou de correction, dans les rations des ruminants. Cependant son utilisation exige une précaution strict afin d'éviter les risques d'alcalose.

Devant ce fait, plusieurs auteurs ont mis l'accent sur l'utilisation de la bentonite qui, grâce à son pouvoir tampon assez rémanent, et sa capacité d'adsorber et de stocker l'ammoniac en excès, empêche les risques d'alcalose.

Ainsi MARTIN et al (1969), RINDSIG et SCHULTZ (1970) ont constaté que la bentonite fixe l'ammoniac au niveau du rumen chez les vaches laitières.

Pour COLLINGS et al (1980), l'usage de la bentonite permet de réduire d'une manière significative l'azote fécal.

Par ailleurs, ABDELBAKI (1977) a indiqué que l'addition de zéolite dans des rations renfermant de l'urée, augmente les quantités d'azote retenu et du calcium.

Toujours, dans le même contexte, les travaux de ABDELBAKI et NOWAR (1981) confirment les conclusions précédentes et prouvent que l'addition d'argile à raison de 8% dans la ration contenant de l'urée, améliore le bilan azoté des ovins de la race OSSIMI. Enfin, FONTY et al (1995) ont démontré que les pH élevés et les fortes concentrations ruminales d'ammoniac, réduisent la disponibilité du magnésium. Donc la croissance des micro-organismes est affectée.

II - 2 - ACTION SUR LA POPULATION MICROBIENNE :

Les micro-organismes du rumen ont un besoin en même temps d'énergie et d'azote sans possibilité de stockage. Cette indispensable simultanéité des approvisionnements microbiens en énergie et en azote, impose le synchronisme des apports de glucides fermentescibles et de protéines dégradables ou solubles (ROGER, 1994).

D'autres part, FONTY et al (1995) rapportent que la croissance des espèces bactériennes dépend à la fois, de la disponibilité de leur substrat énergétique préférentiel qui doit être présent en quantités suffisantes dans le milieu, de la concentration d'ammoniac et du pH.

Grâce à sa particularité d'échangeuse de cations, l'argile échange avec le milieu, les ions H^+ en excès (dans le cas d'un pH acide) contre du calcium, magnésium, cobalt ou d'autres éléments dont-elle est riche.

De ce fait, elle contribue non seulement à maintenir le pH dans une zone de neutralité, mais aussi à enrichir le milieu en minéraux, qui devient propice à la multiplication microbienne.

Ainsi, différents auteurs, ont signalé les conséquences suivantes :

- ROGER et al (1990), estiment que le magnésium active les cellulases et avec le calcium améliore l'adhésion;

- MESHY (1993), rapporte que l'effet négatif sur la cellulolyse est réduit, voir même supprimé par addition de Ca^{2+} ;

- POLLOCK (1994) souligne que certaines souches microbiennes diminuent chez les ruminants recevant une ration pauvre en cobalt. Les bactéries cellulolytiques semblent les plus exigeantes;

- En outre, FONTY et al (1995); rapportent que l'addition de 0,1 mg de cobalt à un régime à base de paille stimule la dégradation de la cellulose. De même, YVES (1989) rapporte que des moutons atteints de carences en cobalt ont été, effectivement guéris par suite de l'ingestion de 20 g de terre par semaine pendant 6 mois.

Récemment, IVAN et al (1992) ont montré que la bentonite augmente le rendement énergétique par diminution du nombre de protozoaires. En effet, les

protozoaires vivent en symbiose avec les bactéries méthanogènes. Ces bactéries sont éliminées au cours de la défaunation .

De même, l'emploi de substances tampon a permis à JOUANY (1994) d'observer :

- Une augmentation du nombre de bactéries en l'absence de prédation;
- Une amélioration dans la synthèse de protéines microbiennes;
- Une diminution de l'acide butyrique au profit de l'acide acétique et propionique.

II - 3 - ACTION SUR LE MELANGE DES AGV :

Le mélange d'acide gras volatils issus des fermentations ruminales comporte principalement de l'acide acétique (C₂) : de 45 - 70 %, de l'acide propionique (C₃) : de 15 - 25 %, de l'acide butyrique (C₄) : de 5 - 15 %. L'acide lactique ne s'accumule dans le rumen qu'à partir d'un pH inférieur à 5,5. Les proportions des acides gras volatils sont dépendantes du pH du rumen qui commande l'orientation des fermentations (ROGER, 1994).

Travaillant sur des régimes, contenant différents taux de concentré avec et sans bentonite sodique. COLLING et al (1979), JOHSON (1988) observent que la bentonite tend à faire augmenter les proportions de l'acide acétique et butyrique, tout en diminuant celle de l'acide propionique (tab. V).

Selon les mêmes auteurs, plus le niveau de concentré est élevé dans la ration, plus le milieu s'acidifie. Il en résulte une diminution de l'acide acétique (25%).

TABLEAU V : Proportions d'AGV (en %) de régimes riches en concentré, avec ou sans NaB (COLLING et al, 1979)

Traitements	A G V en (%)		
	acide acétique	acide propionique	acide butyrique
Maïs	61,29	31,26	7,12
Maïs + NaB	63,57	26,92	9,16
Blé	61,50	32,04	6,14
Blé + NaB	62,83	30,39	6,43

Cependant, il semble pour FISHER et MACKAY (1983) que la bentonite n'améliore pas les proportions molaires des acides gras volatils chez les vaches en lactation alimentées à base d'ensilage de graminées (tab. VI).

Les mêmes auteurs, concluent que la bentonite ne devrait pas être utilisée chez les vaches en lactation lorsque l'ensilage de graminées compose environ 45% de la ration.

TABLEAU VI : Proportions d'AGV en (%) dans un régime à base d'ensilage de graminées chez des vaches en lactation avec ou sans bentonite (FISHER et MACKAY, 1983)

Niveau de bentonite en (%)	Acide acétique	Acide propionique	Acide butyrique
0 %	46,7	27,5	19,4
0,6 %	47,5	28,8	20,1
1,2 %	46,4	27,2	19,9

II - 4 EFFET DE L'ARGILE SUR LA DIGESTIBILITE :

Nous avons vu précédemment, à travers les résultats de plusieurs auteurs, que l'addition d'argile améliore les conditions physico-chimiques du milieu ruminal par :

- Un échange de cations; nécessaires pour l'activité enzymatique et pour l'adhésion;
- La neutralisation du pH qui devient favorable à l'activité microbienne;
- L'élimination des protozoaires; le rendement énergétique augmente donc, par inhibition de la production de méthane.

Il est admis , que ces conséquences peuvent induire chez les ruminants une augmentation du rendement digestif. Ainsi, HUNTINGTON et al (1977) ABDELBAKI et NOWAR (1981 et 1986), ont observés chez les animaux recevant de la bentonite une amélioration de la digestibilité de la matière sèche, de la matière grasse, de la cellulose brute et des matières azotées.

En outre, PULATOV (1983), formulait que l'incorporation de zéolite, permet d'augmenter l'adhérence des micro-organismes aux parois végétales, ce qui facilite l'action des enzymes et augmente le rendement.

En revanche, selon FISHER et MACKAY (1983), l'utilisation de bentonite chez les vaches en lactation nourries d'ensilage de graminées, est d'aucune utilité et ne fait que déprimer la digestibilité (tab. VII).

TABLEAU VII : Digestibilité apparente de la MS, MO et MAT d'un régime à base d'ensilage de graminées avec ou sans bentonite (FISHER et MACKAY,1983)

Digestibilité : (%)	Niveau de bentonite (%)		
	0	0,6	1,2
Matière sèche	69,8	67,1	66,3
Matière organique	72,0	70,8	70,4
Matière azotée	67,2	64,7	65,0

Par ailleurs, COLLINGS et al (1980) rapportent que l'usage de bentonite sodique 3% dans le régime du porc durant les phases de croissance et de finition, rehausse d'une manière significative la digestibilité apparente de l'énergie (tab. VIII).

De même, NOWAR (1989 a) observe sur ovins, que la digestibilité apparente des composants de la ration augmente, au fur et à mesure, que la bentonite est incorporée (tab. IX).

TABLEAU VIII : Digestibilité apparente de l'énergie en (%) chez le porc nourri avec ou sans bentonite sodique (COLLINGS et al, 1980)

Phases	Niveau de bentonite		
	0%	2%	3%
Démarrage	85,3	84,8	82,0
Croissance	84,9	83,9	85,3
Finition	88,2	86,8	89,7

TABLEAU IX : Effet de l'utilisation de la bentonite chez les ovins sur la digestibilité apparente (%) (NOWAR, 1989 a) :

Phases	Niveau de bentonite		
	0%	2,5%	5%
Matière sèche	68,83	74,30	74,20
Matière organique	75,53	78,10	72,29
Matière azotée	69,58	70,83	73,66
Matière grasse	68,85	73,57	75,66
Cellulose brute	56,76	60,60	61,57

II - 5 EFFET DE L'ARGILE SUR L'INGESTIBILITE :

L'appétence d'un aliment est liée à sa capacité d'être digéré facilement. On conçoit donc, qu'un aliment n'est apprécié et consommé en quantités importantes, que s'il est digestible.

Il ressort des travaux de BLAXTER et al (1961), CORBETT et al (1963), DEMARQUILLY (1965) et NOWAR (1989 a) que l'amélioration de l'ingestibilité n'est qu'une conséquence d'une meilleure digestibilité. Ainsi, POND et YEN (1985) ont signalé que l'ajout de 2 % d'argile dans les rations de veaux, stimule les quantités journalières consommées.

Encore, ERWIN et al (1957) rapportés par COLLINGS et al (1980), VETTER (1967) ont observé que la fluctuation de la consommation journalière moyenne, était moins marqué chez des veaux recevant de la bentonite dans leur régime.

De même, pour HUNTINGTON (1977), la bentonite contribue à améliorer d'une manière significative l'ingéré quotidien. Par contre, FISHER et MACKAY, (1983) ne voient aucune différence significative entre les témoins et les animaux qui consomment la bentonite (tab. X).

Chez le porc, associée à la lincomycine, la bentonite améliore l'ingestibilité avec diminution de l'indice de consommation (COLLINGS et al, 1980) (tab. XI).

TABLEAU X : Effet de la bentonite sur l'ingéré quotidien (Kg) chez des vaches en lactation nourries à base d'ensilage de graminées. (FISHER et MACKAY, 1983)

Niveau de bentonite (%)	kg de MS ingérée /jour
0	22,1
0,6	21,9
1,2	22,6

TABLEAU XI : Effet de l'association (NaB + lincomycine) dans le régime du porc sur l'ingéré quotidien et l'indice de consommation (COLLINGS et al, 1980)

Niveau de NaB	0%	2%	3%
Ingéré quotidien (Kg)	1,89	2,01	1,96
Indice de consommation	2,02	1,90	1,83

Enfin, selon DUNN et al (1979), les meilleures consommations s'observent avec une association de bentonite et de bicarbonate de sodium. A raison de 2 %, ce mélange a permis d'augmenter l'ingestibilité de 19 et 16 %; respectivement pour les ovins et les bovins (tab. XII).

TABLEAU XII : Effet de la bentonite et du bicarbonate de sodium sur la consommation, le gain de poids et l'indice de consommation chez les ovins et les bovins (DUNN et al, 1979)

Espèce animale	Traitements	Consommation (kg)	GMQ (g)	IC
O V I N S	Témoin	0,86	164	6,44
	2% bentonite	0,88	180	7,56
	2% NaHCO ₃	0,85	146	7,29
	2% bentonite + 2% NaHCO ₃	1,02	226	4,64
B O V I N S	Témoin	8,1	1,5(kg)	5,51
	2% bentonite	8,3	1,5(kg)	5,54
	2% NaHCO ₃	8,2	1,6(kg)	5,08
	2% bentonite + 2% NaHCO ₃	9,4	2,1(kg)	4,62

II - 6 EFFETS DE L'ARGILE SUR LES PERFORMANCES ANIMALES :

II - 6 - 1 EFFET SUR LE GAIN DE POIDS :

La plupart des auteurs, ayant travaillé sur cet aspect, s'accordent à affirmer que l'ajout des argiles est d'une grande utilité dans l'amélioration du gain de poids.

(ERWIN et al 1957 rapportés par COLLINGS et al 1980, HUNTINGTON et al 1977, NOWAR et al 1988, SCHELL et al 1993).

KENDO et al (1969), rapportés par MUMPTON et FISHMAN (1977) concluent que l'argile entraîne une amélioration nette de croissance; ceci par la stimulation de l'appétabilité d'une part, et par la diminution de la fréquence des diarrhées d'autre part .

Les mêmes auteurs ont constaté que l'addition de 5 % de zéolite aux rations de veaux durant 180 jours, améliore le poids moyen de 20 % . Par ailleurs, les veaux testés consomment plus d'aliments. Cependant, le coût de l'aliment par kg de viande produit, était significativement moins élevé que celui des animaux témoins.

Des améliorations similaires , plus intéressantes, ont été signalées par DUNN et al (1979). Ces auteurs ont observé de meilleurs gains de poids (37 % chez les ovins et 40 % chez les bovins) quand la bentonite était associée au bicarbonate de sodium (tab. XII).

Chez le porc, les résultats de POWLEY et al (1981), font penser que des doses élevées de bentonite (5%), ne font que déprimer la croissance. Ces auteurs, constatent qu'avec 2% de bentonite, l'amélioration de croissance, est accompagnée d'une élévation de l'indice de consommation (tab. XIII).

TABLEAU XIII : Effet de la bentonite dans le régime du porc sur le gain de poids et l'indice de consommation (POWLEY et al, 1981)

Régimes	Performances	
	GMQ (g)	IC
40 % luzerne	640	4,5
40 % luzerne + 2% B	650	5,5
40 % luzerne + 5% B	610	4,2

Les résultats de NOWAR (1989 a), consolident les conclusions énoncées jusqu'ici par les différents auteurs. En effet, il a observé que l'administration de bentonite à raison de 5 % chez les ovins durant 8 semaines, autorise une performance de poids remarquable de l'ordre de 14 % (tab. XIV).

TABLEAU XIV : Effet de la bentonite sur les performances de croissance des ovins . (NOWAR, 1989 a)

Performances	Niveau de bentonite		
	0 %	2,5 %	5 %
Nombre d'agneaux	8	8	8
Poids moyen initial (kg)	20,50	21,0	21,0
Poids moyen final (kg)	35,63	36,75	38,25
Gain de poids moyen (kg)	15,13	15,75	17,25
Gain moyen quotidien (g)	270,0	281,3	308,0

II - 6 - 2 EFFETS DE L'ARGILE SUR LA PRODUCTION LAITIÈRE ET LE TAUX BUTYREUX :

L'effet positif qui exerce les produits argileux, réside sans doute dans leur pouvoir tampon qui privilégie l'acide acétique. Cet acide est précurseur du taux butyreux (BERTIN, 1995).

Selon le même auteur, un apport excessif d'amidon très fermentescible entraîne une production importante d'acide lactique. Il en résulte une diminution de la production laitière et un taux butyreux en chute libre (jusqu'à 20 g/l).

GOLLING et al (1979), concluent également que l'acidose favorise l'acide lactique. Par contre, le pH neutre est parfaitement favorable à la fermentation acétique et au taux butyreux. L'addition de bentonite sodique chez la vache laitière, stimule l'acétate, selon les mêmes auteurs.

Avec des régimes à base d'ensilage de graminées (70 %), FISHER et MACKAY (1983), ne voient pas de différences dans la production laitière et le taux butyreux entre les animaux témoins et ceux qui reçoivent la bentonite.

En revanche, avec des régimes contenant des niveaux élevés de concentré, RINDSIG et al (1969) observent des productions laitières et de matières grasses meilleures avec bentonite.

NOWAR et al (1989 a), en étudiant l'effet de la bentonite sur la production laitière et le taux de matière grasse, concluent que la limite de 5% d'incorporation retenue par beaucoup de chercheurs, est beaucoup trop sévère pour les bovins laitiers; puisqu'un niveau de 8% paraît encore conciliable avec la production laitière et le taux butyreux (2,5 % et 14,5 % respectivement). (tab. XV)

TABLEAU XV : Effet de la bentonite sur la production laitière, le taux de matière grasse et la consommation de la matière sèche (NOWAR et al, 1989 a)

Niveau de bentonite	kg lait/j	T.B (%)	kg MS ingérée / j
0 %	10,9	3,04	11,61
4 %	9,30	3,25	11,11
8 %	11,17	3,48	11,87

II - 6 - 3 EFFET DE L'ARGILE SUR LES PARAMETRES DE REPRODUCTION:

L'absorption intestinale des minéraux est sous contrôle hormonal (hormone parathyroïdienne). La sécrétion de cette hormone est contrôlée par la concentration du calcium sanguin. De ce fait, ROGER (1994) rapporte qu'il n'est pas exclu, qu'une hypocalcémie traduise une hypomagnésémie; responsable d'infertilité et de métrite.

En outre, selon le même auteur, une hypocalcémie au début de lactation (surtout chez les fortes productrices), entraîne une diminution de progestérone provoquant un arrêt de l'activité ovarienne et des chaleurs.

D'autres part, BAUDET (1994) considère que l'excès d'ammoniac, serait une cause prédisposante majeure d'hypomagnésémie; donc d'infertilité, de mortalités embryonnaires et d'avortement.

Le recours aux caractéristiques physico-chimiques de la bentonite représentés, dans son pouvoir tampon et sa capacité d'échange cationique dans les élevages de la République Tchèque, a permis d'améliorer les taux de fertilité et de naissance chez certaines races bovines locales (fig. II).

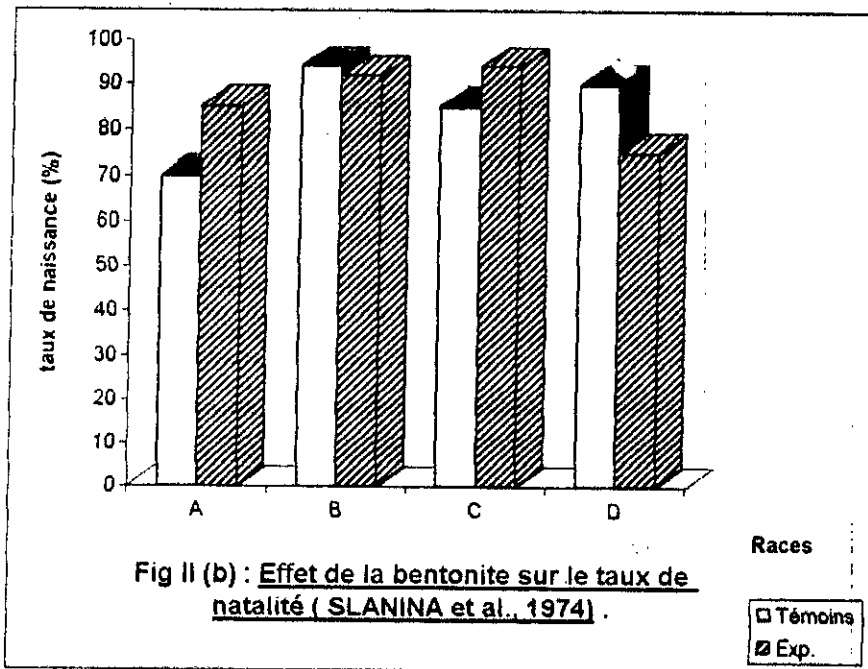
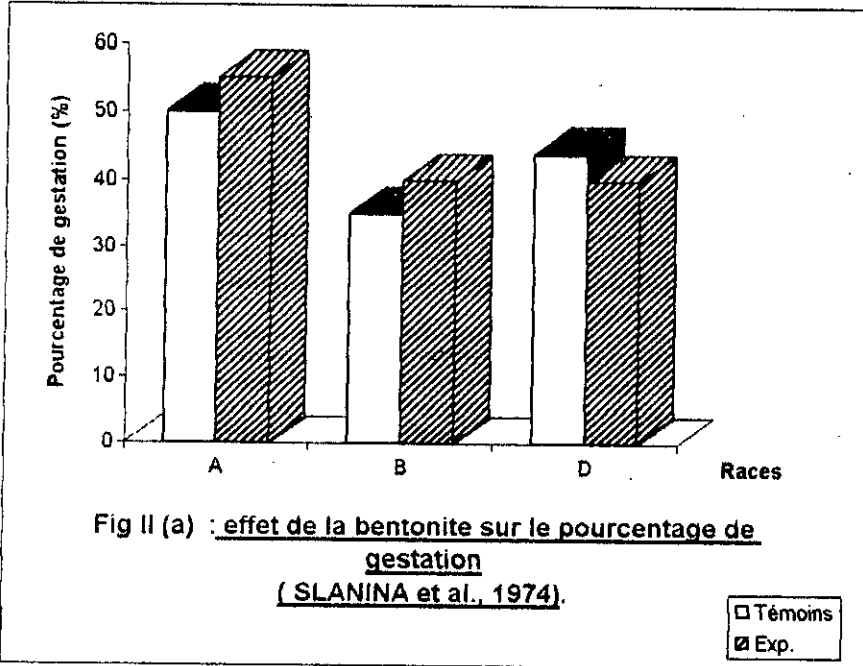
II - 6 - 4 EFFET DE L'ARGILE SUR LES PERFORMANCES AVIAIRES :

Récemment, SOUTHERN et al (1994) se sont intéressés à étudier le rôle de la bentonite sodique sur les performances de croissance, chez des poussins recevant des régimes déficitaires en macro-éléments, en vitamines et en protéines brutes. Il ressort de leur étude, que la bentonite (5%) serait capable de rehausser la consommation et la croissance. Elle améliore également, l'indice de consommation chez les oiseaux recevant des régimes pauvres en matière minérale. Par ailleurs, elle n'apporte aucune modification dans les régimes déficients en vitamines et en protéines brutes.

Bien que, pour GOLLINGS et al (1980), son utilisation en dehors de la phase démarrage, n'apporte aucun changement de performances chez le poulet de chair.

NOWAR et al (1989 b) montrent, sur poulet de chair qu'à raison de 6%, la kaolinite, permet les meilleures performances durant les phases de croissance et de finition (tab. XVI).

FIGURE II : EFFET DE LA BENTONITE SUR LES PARAMETRES DE REPRODUCTION



Chez les pondeuses d'oeufs de consommation, l'addition de 5% de bentonite au régime, améliore les qualités internes et le calibre de l'oeuf, ainsi que l'indice de consommation (QUISENBERRY et BRADLEY, 1984).

TABLEAU XVI : Effet de la kaolinite sur les performances du poulet de chair durant les phases (croissance et finition). (NOWAR et al, 1989 a)

Performances	Niveau de kaolinite					
	0 %	1 %	2 %	4 %	6 %	8 %
Poids initial (g)	80	80	80	80	77,5	77,5
Poids final (g)	2050	1985	1961	2025	1900	1995
Gain de poids (g)	1970	1905	1881	1945	1866,5	1917,5
Consommation (g)	6260	6690	7305	6530	5698	7260
Indice de consommation	3,18	3,51	3,88	3,36	3,13	3,79

II -7 ROLE PROTECTEUR CONTRE CERTAINES MALADIES METABOLIQUES:

II - 7 - 1 PROTECTION CONTRE LA FIEVRE VITULAIRE :

La fièvre vitulaire correspond à une grave hypocalcémie à l'entrée en lactation. Elle survient généralement, le jour du vêlage ou le lendemain. Elle résulte d'une brutale et massive exportation calcique lors du déclenchement de la sécrétion lactée. Les erreurs alimentaires en cours de tarissement, en seraient les causes prédisposantes majeures .

PARAGON (1994), rapporte que toutes les vaches connaissent une chute du calcium sanguin, plus ou moins marquée à la mise bas. Si cette hypocalcémie se maintient, c'est la fièvre vitulaire.

Des rations basiques distribuées avant mise bas, ont permis d'éviter la fièvre vitulaire (BAUDET, 1994).

L'argile compense l'acidose par l'échange des ions H^+ contre du Ca^{2+} ($2H^+$ contre $1Ca^{2+}$). Elle tamponne le milieu, l'enrichit en calcium et stimule l'adhésion des micro-organismes aux parois végétales.

D'autres part, ROGER (1994) considère que l'acidose n'est pas le seul facteur responsable de la fièvre vitulaire. En effet, une hyperphosphorémie peut déclencher une hypocalcémie.

L'utilisation de bentonite permet, selon SLANINA (1974) d'atténuer les cas d'hyperphosphorémie durant toute l'année, par le maintien du phosphore inorganique sanguin, à un niveau normal entre 6 et 7 mg/100 ml (fig. III).

II - 7 - 2 PROTECTION CONTRE LA TETANIE D'HERBAGE :

La tétanie d'herbage est caractérisée par des tremblements musculaires de l'épaule et de la cuisse et une perte d'appétit (l'animal se couche, se paralyse, et dans les cas extrêmes, meurt). Elle apparaît souvent au moment de la mise à l'herbe. Elle survient suite à une carence en magnésium (ROGER, 1994).

Le même auteur rapporte que les excès d'azote, tendent à élever le pH ruminal vers l'alcalose. Dans ces circonstances, une hypomagnésémie s'installe par indisponibilité de magnésium.

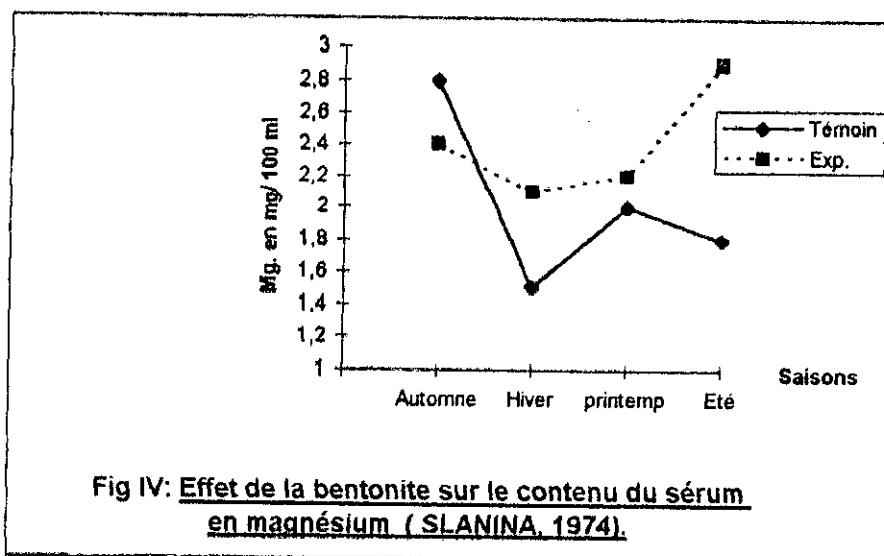
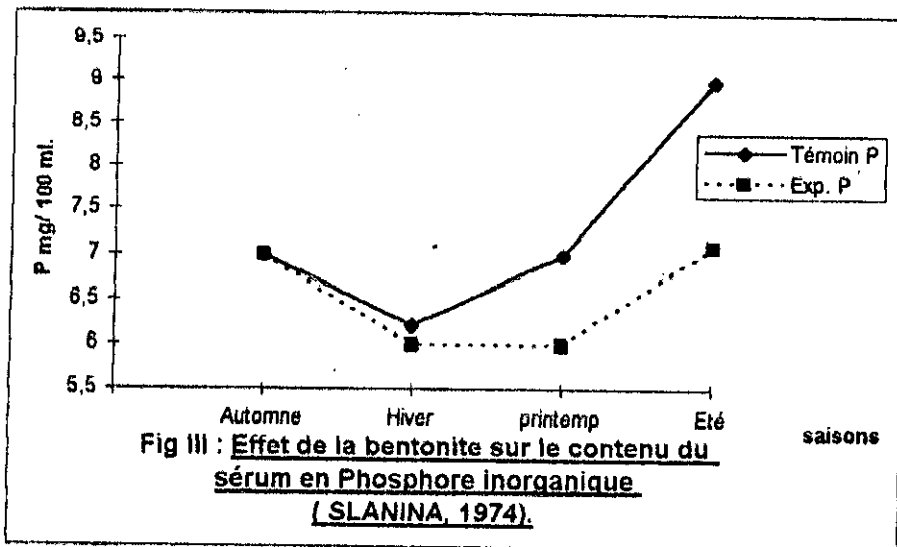
Selon SLANINA (1974), l'utilisation de la bentonite, permet d'atténuer l'apparition de cette maladie, par l'échange d'ions Mg^{++} avec le milieu et permet d'élever le niveau de magnésium sanguin à la normale; entre 2 et 3 mg/100 ml durant toute l'année (fig. IV).

II - 7 - 3 PROTECTION CONTRE LA CETOSE :

La cétose résulte d'un blocage du métabolisme énergétique des acides acétique et butyrique, par défaut d'acide propionique. En effet, l'utilisation de l'acide acétique et butyrique est tributaire d'une disponibilité suffisante en acide propionique. Le rapport acétate / propionate doit se situer vers 2,2 - 2,5, l'excès d'acide acétique (supérieur à 60 %) conduit à la cétose (ROGER, 1994).

L'animal atteint par la cétose, présente une chute d'appétit associée à une diminution de la production lactée qui est souvent accompagnée d'un amaigrissement.

La bentonite réduit les risques de cétose grâce à son pouvoir tampon, qui permet de stabiliser les proportions des acides gras majeurs (SLANINA, 1974).



II - 8 ROLE PROTECTEUR CONTRE LES TOXINES :

La présence d'éléments toxiques dans les aliments peut être la cause de pertes importantes dans un élevage. Les foins moisissés et les ensilages pourris peuvent contenir des substances toxiques, de même que certaines intoxications qui peuvent survenir par des dérivés minéraux (arsenic, plomb, cuivre) ou organiques (urée). Généralement, ils sont toujours mal acceptés par l'animal.

Des chutes d'ingestion et de croissance ont été observées dans des régimes contaminés par 420 et 840 ppm d'aflatoxine. Cependant, avec bentonite sodique, le même régime améliore la croissance ($P < 0,01$) (LINDEMANN et al, 1993).

IVAN et al (1992), rapportent qu'avec bentonite, le nombre de protozoaires diminue, la première conséquence est une régression de la solubilité du cuivre et du zinc. Il en résulte, que l'empoisonnement par le cuivre est stoppé chez le mouton avec une diminution de la concentration du cuivre au niveau du foie.

Les recherches effectuées par CARSON et SMITH (1983), sur la toxine T-2 (mycotoxine) produite par des souches de *Fusarium* provenant du maïs, et provoquant des inflammations au niveau de la muqueuse intestinale et du tractus digestif montrent que les régimes à base de bentonite, améliorent les performances des rats traités, tout en réduisant l'absorption intestinale de la toxine T-2. Les mêmes auteurs concluent que la bentonite épargne les reins et le foie des intoxications, en éliminant les résidus de cette toxine par voie fécale (tab. XVII et XVIII).

En conclusion, on peut affirmer que les effets bénéfiques de la bentonite sur la santé des animaux, contribuera à réduire la consommation d'antibiotiques et par conséquent, à améliorer la qualité de la viande et du lait.

TABLEAU XVII : Effet de la bentonite sur la croissance et l'ingestion chez des rats nourris avec des régimes contaminés par la toxine T-2 (CARSON et SMITH, 1983) :

T-2 (mg/g)	Bentonite (%)				
	0	2,5	5,0	7,5	10,0
	Poids final (g)				
0	161,2	165,8	167,4	166,7	166,5
3	140,0	154,9	154,5	153,7	157,3
	Consommation (g) / rat				
0	218,8	218,8	233,3	232,4	238,3
3	168,3	197,8	201,0	208,6	216,6

TABLEAU XVIII : Principales voies d'excrétion de la toxine T-2 chez des rats nourris avec et sans bentonite (CARSON et SMITH, 1983) :

Voies d'excrétion de la toxine T2	Bentonite (%)			
	0	5,0	7,5	10,0
	(%)			
Urine	14,2	11,3	11,6	11,9
Fèces	18,6	36,4	46,6	47,9
Total	32,8	47,7	58,2	59,8

III - AUTRES UTILISATIONS :

III -1 UTILISATION DANS LA PREPARATION DE PRODUITS

PHARMACEUTIQUES :

Les argiles sont considérées comme étant des substances, capables de réaliser un film protecteur qui isole la muqueuse digestive des facteurs d'agression (acidité, germes, toxines. substances irritantes). Elles ne sont généralement pas absorbées mais elles sont éliminées par voie digestive. Pour ces raisons, elles agissent également au

niveau intestinal et présentent un intérêt pour lutter contre les inflammations de l'intestin (colites).

De nombreuses argiles naturelles peuvent être associées aux sels d'aluminium et de magnésium, augmentent ainsi leur pouvoir protecteur (Gastropulgite, Actapulgite, Bedelix, Smecta).

Ces argiles sont d'excellents adsorbants dont le pouvoir détoxiquant est important vis à vis des toxines microbiennes en particulier (MEDAU, 1984).

Utilisée dans la préparation d'une lotion dermatologique contre une allergie de contact, MARKS et al (1995) affirment que la bentonite améliore d'une manière significative, l'efficacité du produit contre cette allergie ($P < 0,0001$).

III - 2 UTILISATIONS DANS L'AMELIORATION DES SOLS :

Elle améliore la fertilité des sols, de types sablonneux-argileux. La bentonite appliquée aux sols sableux a donnée d'excellents résultats, vu que les sols se sont trouvés enrichis par des composantes argileuses, qui augmentent l'adsorption de l'eau et des matières nutritives. Sa capacité à gonfler, lui confert d'être exploitée pour aérer les sols et pour les rendre plus perméables. La bentonite est pulvérisée dans les champs, afin de les nettoyer et de les désinfecter (Anonyme, 1983).

DEUXIEME PARTIE

MATERIEL ET METHODES

MATERIEL ET METHODES

OBJECTIFS DE L'ETUDE :

Dans la présente étude, il est proposé d'étudier :

- D'une part, l'effet de l'addition d'argile sur l'ingestibilité, la digestibilité et la valorisation de l'azote non protéique (urée) mesurée par le bilan azoté et notamment diagnostiquer les possibilités d'intoxication à travers le profil sérologique et la chimie des urines.
- D'autres part, tester l'efficacité de l'incorporation de l'argile sur les performances de croissance de jeunes agneaux.

I-ESSAI N° 1: Effet de l'argile sur l'ingestibilité, la digestibilité et possibilités d'intoxications

I - 1 - DISPOSITIF EXPERIMENTAL :

La présente expérience et celle de l'essai N° 2 se sont déroulées dans l'animalerie du département de zootechnie de l'institut d'agronomie de Batna sur douze (12) béliers pesant en moyenne 60 kg ont été repartis en 3 lots dont un témoin et deux expérimentaux, maintenus dans des cages de digestibilité, et préalablement traités à l'IVOMEC 15 jours avant l'essai contre les parasites internes. Une phase d'accoutumance de 15 jours a été pratiquée durant laquelle les animaux recevaient du foin de triticales à volonté et un concentré ovin à raison de 500 g. La composition chimique des aliments calculée au laboratoire est représentée au tableau (XIX). Le concentré des lots expérimentaux a été additionné de 5 et 10% d'argile (soit 25 et 50 g). Il est à signaler que l'addition d'argile a été faite progressivement durant la phase d'adaptation.

Au cours de la phase expérimentale qui a durée 15 jours, à la même heure, les quantités d'aliments ingérées et excrétées sont contrôlées et aussitôt prélevés, les fèces font l'objet d'analyses de MS, MO, MM, MAT, MG et CB .

En fin d'expérience, et dans le but de voir d'éventuelles possibilités d'intoxication par l'argile, les urines de 24 heures ont été recueillies pendant 3 jours et analysées

(chimie des urines). Un prélèvement de sang a été également effectué afin de doser les transaminases.

Tableau XIX: Composition chimique des aliments utilisés :

Aliments Composition Chimique	Foin de triticale	Concentré	Urée	Argile
Matière sèche (%)	89.40	94.0	-	-
Matière minérale en (%) de la MS	7.25	3.20	-	83,7
Matière organique / à la MS	82.15	90.80	-	-
MAT (%)	8.56	13.78	2875 ¹ g	0,04
CB (%)	43.99	14.66	-	-
MG (%)	3.40	4.2	-	-
PDIN (g/kg MS)	53	101	1443 ¹	-
PDIE (g/kg MS)	58	104	-	-
CEC (m.e.q / 100 g)	-	-	-	24

(1) : à partir des tables de l'INRA (1978)

I - 2 TECHNIQUES ANALYTIQUES :

I - 2 - 1 - LA MATIERE SECHE :

La matière sèche est obtenue par dessiccation de 5 grammes de produits dans une étuve à une température de 105°C jusqu'à poids constant.

I - 2 - 2 - LES MATIERES AZOTEES TOTALES

L'azote total est dosé par la méthode KJELDAHL (LE COQ, 1965), l'échantillon est minéralisé par l'acide sulfurique concentré (25 ml) en présence de sulfate de potassium (10 g) et d'un catalyseur (sulfate de cuivre); lorsque la minéralisation est complète, l'ammoniac formé est déplacé par la soude (100 ml à 40%), distillé et recueilli dans un volume connu de solution titrée d'acide sulfurique dont l'excès est dosé en retour par une solution titrée de soude.

Les résultats sont exprimés conventionnellement en multipliant la teneur en azote par le facteur 6,25.

I - 2 - 3 - LA MATIERE GRASSE : (Méthode AFNOR, 1985)

Les matières grasses des aliments ne peuvent être obtenues en totalité par extraction directe. En revanche, des substances non lipidiques sont généralement extraites (chlorophylle). Cependant, il est admis que le résidu sec à 102 °C en 2 heures de temps, après épuisement par un solvant approprié (éther diéthylique) correspond aux matières grasses de l'échantillon. L'extraction a lieu dans un appareil SOXHLET.

I - 2 - 4 LES CENDRES BRUTES :

Les cendres ou matières minérales sont conventionnellement le résidu de la substance après son incinération dans un four à moufle à une température de l'ordre de 600 °C, jusqu'à obtention d'un résidu blanc ou gris. Une durée d'incinération de 6 à 7 heures donne généralement satisfaction.

I - 2 - 5 LA CELLULOSE BRUTE :

L'échantillon est soumis à deux hydrolyses successives en milieu acide puis alcalin. Après neutralisation et filtration, l'insoluble est lavé, séché, pesé puis incinéré à 550°C et pesé à nouveau. La différence entre les deux pesées représente les matières cellulosiques.

I - 2 - 6 CHIMIE DES URINES : (HENRY, 1979)

Les différents tests sont basés sur la colorimétrie par l'utilisation de bandelettes urinaires AMES.

La récolte des urines se fait dans un récipient sec et propre en présence d'un conservateur (20 ml d'acide sulfurique à 10 % de concentration) pour empêcher la dégradation de l'azote, des corps cétoniques et de la bilirubine.

- Sortir une bandelette AMES, plonger les zones réactives de celle ci dans l'urine et retirer immédiatement.
- Eliminer l'excès d'urine en tapotant légèrement la bandelette sur le bord du récipient.
- Pour chaque test comparer les zones réactives avec une échelle colorimétrique, aux temps indiqués.

a - Les corps cétoniques :

Lecture visuelle de la bandelette AMES au bout d'une minute. L'acétone et l'acide diacétique sont les produits de dégradation des lipides. Chez les herbivores, une acétonémie se développe dans le cas où le métabolisme glucidique ne suit pas les besoins de l'organisme, et ce dernier puise de ses réserves. A l'état normal, on ne trouve pas de corps cétoniques dans les urines.

b - La bilirubine :

La recherche de la bilirubine a été appuyée par le test de la MOUSSE (COLE, 1979).

- Sur bandelette, lecture visuelle au bout de 60 secondes.
- Test de la MOUSSE : On place dans un flacon de l'urine fraîchement émise et on agite. Dans l'urine normale, il se forme une mousse blanche, tandis

qu'avec de l'urine contenant de la bilirubine la mousse est vert-jaunâtre ou brune.

On ne trouve normalement pas de bilirubine dans l'urine du mouton. COLE (1979), rapporte qu'une augmentation de la bilirubine urinaire, indique une pathologie hépatique.

c - Le glucose :

Lecture se fait visuellement au bout d'une minute, la bandelette vire au bleu dans le cas de présence de glucose.

d - le sang :

Lecture visuelle au bout de 50 secondes. Ce test détecte l'hémoglobine des globules rouges lysées ou intactes. Il constitue donc un excellent complément à la microscopie qui ne tient compte que des globules intactes

e - Le pH :

Lecture directe sur pH-mètres. La mesure du pH, peut également se faire sur papier indicateur de pH.

I - 2 - 7 PROFIL SEROLOGIQUE :

a - La créatinine :

La créatinine est déterminée par la méthode cinétique au picrate alcalin (méthode colorimétrique utilisant un spectrophotomètre).

La créatinine donne avec l'acide picrique en milieu alcalin une coloration jaune-orange lue à $\lambda = 500$ nm. La technique de dosage est rapportée en ANNEXE D

La concentration sanguine est déterminée par la formule :

$$\text{CS (mg/100 ml)} = \frac{\text{Densité optique échantillon}}{\text{Densité optique étalon}} \times \text{concentration de l'étalon}$$

b - Les transaminases :

Des modifications de l'activité enzymatique du sérum peuvent résulter d'une augmentation d'enzymes suite à une désorganisation des cellules hépatiques. Ces enzymes comprennent la transaminase glutamique pyruvique (TGP) et la transaminase glutamique oxalo-acétique (TGO). Ces enzymes ont une large répartition dans les

tissus animaux et elles existent en petites quantités dans le sérum de tous les animaux sous l'effet de la destruction normale des tissus (renouvellement) et de la libération d'enzymes qui en résulte. (une enzyme n'augmente que lorsqu'elle est libérée par des tissus lysés)

Le dosage des transaminases dans le sérum a été réalisé par spectrophotomètre selon la méthode scandinave de chimie clinique (SCE, 1974). La technique est rapportée en ANNEXE D.

I - 2 - 8 LA CAPACITE D'ECHANGE CATIONIQUE (CEC) :

Méthode de saturation à l'acétate d'ammonium (1 N, pH 7) et déplacement de l' NH_4^+ par Kcl (1 N), puis distillation d' NH_4^+ par vapeur.

I - 2 - 9 IDENTIFICATION DE L'ARGILE :

Par diffractométrie aux rayons X en poudre.

Le type d'argile utilisé est un mélange de Smectite (15,5 %) et de Mica (84,5 %) (fig. V).

I - 3 LA DIGESTIBILITE :

Le coefficient d'utilisation digestive apparent des différents composants de la ration est déterminé par la formule suivante :

$$\text{CUD } (\%)_{\text{apparent}} = \frac{\text{Ingestat} - \text{Excretat}}{\text{Ingestat}} \times 100$$

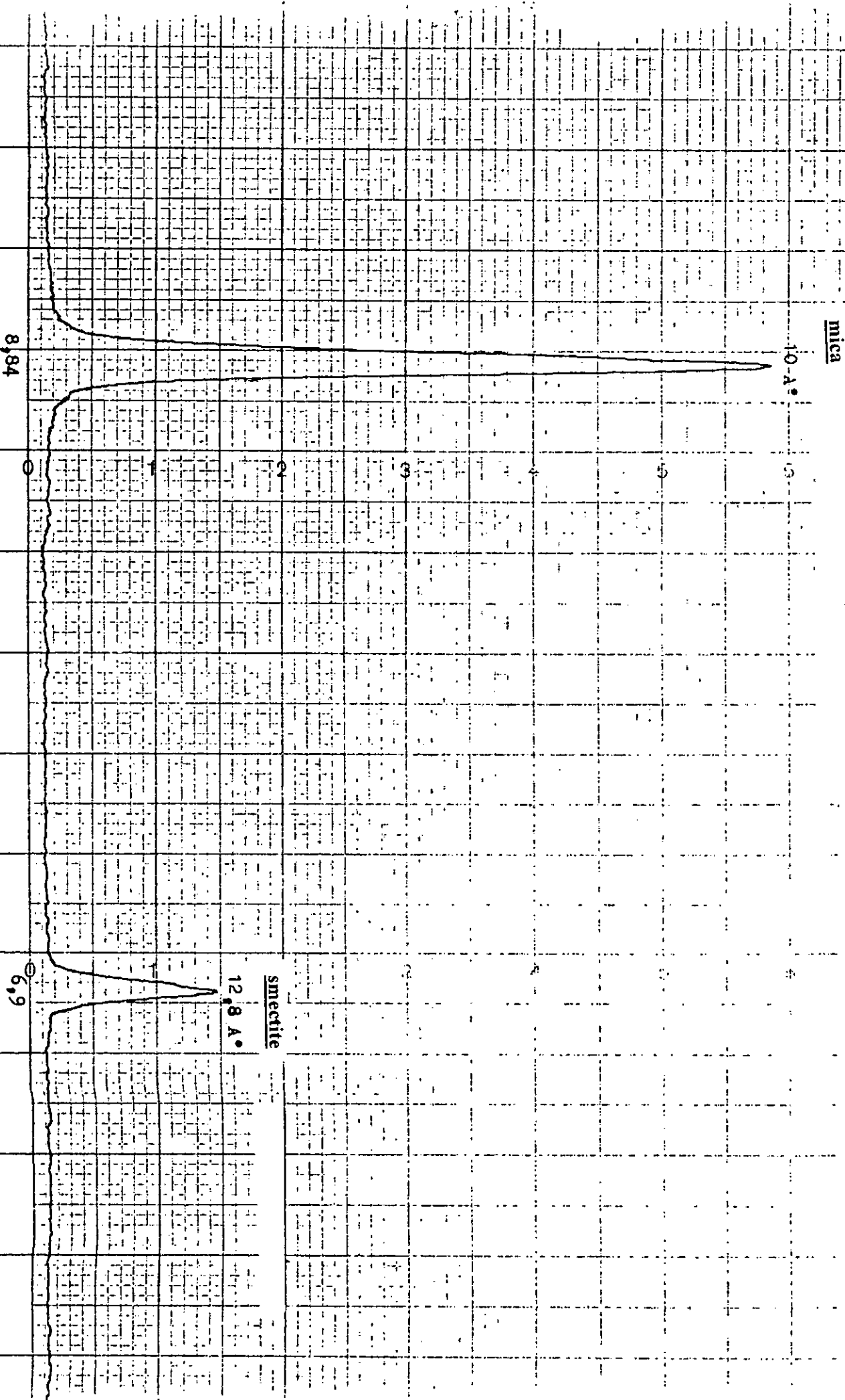
I - 4 ANALYSE STATISTIQUE :

Les analyses de variance des différents paramètres mesurés sont suivies par une comparaison de moyennes selon le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% (DAGNELIE, 1975).



Appareil philips RX
Diffracton en poudre

Fig V : Identification de l'argile utilisée par diffractométrie aux rayons X



II - ESSAI N° 2 : Effets de l'argile sur la valorisation de l'azote non protéique, la digestibilité et l'ingestibilité

II - 1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL:

Les mêmes animaux, ainsi que le foin et le concentré ayant servis pour la première expérience ont été reconduits pour cet essai dans les mêmes conditions expérimentales que l'essai (1). Les 12 béliers ont été repartis en 3 lots de 4, pour lesquels le foin a été distribué à volonté et une même quantité de concentré (250 g) et d'urée (40g) pour tous les lots. Les animaux du lot témoin n'ont pas reçus d'argile, les rations des lots expérimentaux étaient additionnées de 2,5 et 5% d'argile. Notons enfin que l'apport d'urée s'est fait d'une manière progressive durant une phase d'adaptation de 15 jours.

Un déséquilibre volontaire entre PDIE - PDIN a été provoqué pour voir le devenir de l'ammoniac en excès, en présence et en l'absence d'argile, ainsi que le comportement de l'animal.

Au cours de la période expérimentale qui a durée 15 jours, les quantités de foin distribuées ont été ajustées quotidiennement pour que les animaux ne soient pas privés afin de fixer l'ingestibilité optimale. Durant cette phase, les teneurs en matière sèche du foin refusé et les fèces ont été également déterminées (à la même heure). Pendant les 3 derniers jours de l'expérience, les urines de 24 heures émises ont été recueillies selon la méthode de HENRY (1979) dans des récipients propres dans lesquels on mis préalablement un conservateur (20 ml d'acide sulfurique à 5 - 10 % de concentration) afin de mesurer le bilan azoté et de voir les réactions des animaux à travers la chimie des urines (bilirubine, pH et corps cétoniques). Egalement le sang a été prélevé afin de doser les transaminases et la créatinine des animaux des différents lots.

II - 2 LE BILAN AZOTE :

Il s'agit de la quantité d'azote retenue par l'organisme de l'animal pour la couverture de ses besoins d'entretien et de production. La quantité d'azote retenue est obtenue par différence entre la quantité d'azote ingérée et la somme d'azote urinaire et fécal.

II - 3 CALCUL DES PDIE - PDIN :

Les PDIE et PDIN ont été déterminées à partir d'équations de régression (INRA, 1978).

II - 4 ANALYSE STATISTIQUE :

Les analyses de variance des différentes variables mesurées sont appuyées par une comparaison de moyennes selon le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% (DAGNELIE, 1975).

III - ESSAI N° 3 : Effets de l'argile sur la croissance de jeunes agneaux

III - 1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL :

24 agneaux âgés de 5 mois \pm 1 semaine, pesant en moyenne 25.4 kg, ont constitué sur 3 lots de huit agneaux chacun (tab. XX).

L'expérience s'est déroulée en Mars 1996 chez un éleveur privé et s'est étalée sur 8 semaines. Notons que cette année était exceptionnelle de part sa pluviométrie et sa répartition tout le long de l'année, ce qui a permis une offre fourragère importante.

Pendant la journée, les animaux sont mis au pâturage libre sur parcours et dès leur retour, le soir un concentré ovin (le même que celui de l'essai 1 et 2) leur est offert à raison de 300 g par sujet et par jour, additionné de 0 - 2,5 ou 5 % d'argile, respectivement pour le lot témoin, l'expérimental 1 et 2.

Signalons enfin que les animaux des différents lots ont été traités contre les parasites internes à l'IVOMECC 15 jours avant l'expérience. Egalement trois (3) couleurs de peinture ont servis pour l'identification des animaux.

TABLEAU XX : Poids vifs initiaux (kg) des animaux des différents lots :

ANIMAUX	LOTS		
	Témoin	2,5%	5%
1	25,50	25,0	25,30
2	25,0	25,60	25,50
3	25,80	25,40	25,80
4	26,0	25,70	25,0
5	25,70	26,0	25,0
6	25,20	26,0	25,10
7	25,0	25,0	25,20
8	25,90	25,10	26,0
Moyenne	25,51	25,47	25,36
Ecart type	0,40	0,42	0,37
Signification	Différence non significative		

TROISIEME PARTIE

RESULTATS

ET

DISCUSSIONS

RESULTATS ET DISCUSSIONS

I - ESSAI N° 1 :

I - 1- RESULTATS :

Tableau XXI : Résultats de la digestibilité et l'ingestibilité :

Lots		Témoin	5%d'argile	10% d'argile	Signification
D I G E S T e n (%) I B I L I T E	MS	62.07 ^(a)	62.71 ^(a)	54.17 ^(b)	P = 0.01
	MM	59.63 ^(b)	72.54 ^(a)	48.26 ^(c)	P = 0.0008
	MO	60.01 ^(a)	62.07 ^(a)	54.68 ^(b)	P = 0.01
	MAT	75.13 ^(b)	81.94 ^(a)	71.99 ^(b)	P = 0.007
	MG	71.21 ^(b)	76.96 ^(a)	57.88 ^(c)	P = 0.06
	CB	62.57 ^(a)	66.11 ^(a)	56.03 ^(b)	P = 0.003
INGESTIBILITE g MS foin / sujet/j		(b) 614.7 ± 10.23	(a) 636.4 ± 12.22	(b) 608.1 ± 4.92	P = 0.006

(a - b - c) : significativement différents

Tableau XXII: Chimie des urines et transaminases :

Lots		Témoin	5%d'argile	10% d'argile	Signification
Chimie des urines	Glucose (g/l)	négatif	traces	faible	
	Sang (mg/l)	négatif	négatif	traces	
	Bilirubine (g/)	négatif	négatif	négatif	
	corps cétoniques	négatif	négatif	faible	
Transaminases	TGO (U/ 100ml)	(b) 93 ± 2.58	(b) 96 ± 2.16	(a) 103. ± 4.08	P = 0.003
	TGP (U/ 100ml)	(b) 18 ± 0.82	(b) 19 ± 0.82	(a) 21 ± 1.83	P = 0.02

(a - b - c) : Significativement différents.

Fig n° VI : REPRESENTATIONS GRAPHIQUES DE LA DIGESTIBILITE DE L'ESSAI N° I

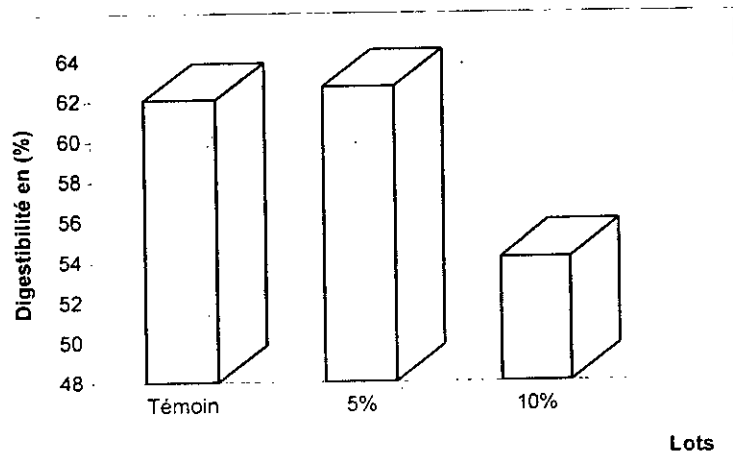


Fig VI (a) : Digestibilité de la matière sèche

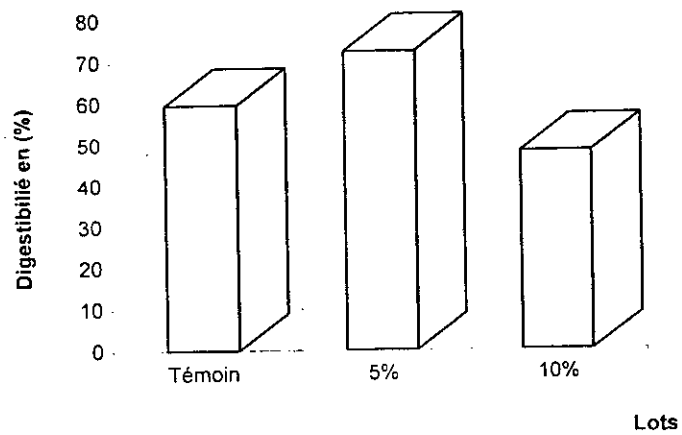
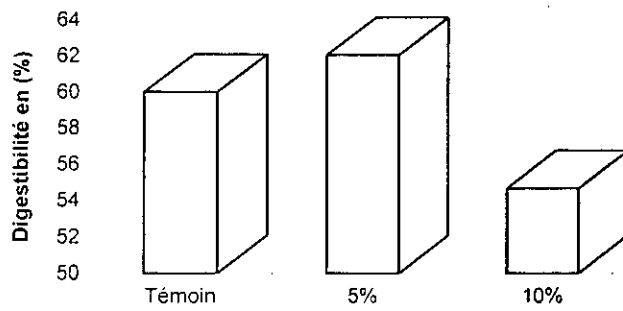


Fig VI (b) : Digestibilité de la matière minérale

**Fig n° VI : REPRESENTATIONS GRAPHIQUES DE LA DIGESTIBILITE
DE L'ESSAI N° : I**



FigVI (c) : Digestibilité de la matière organique Lots

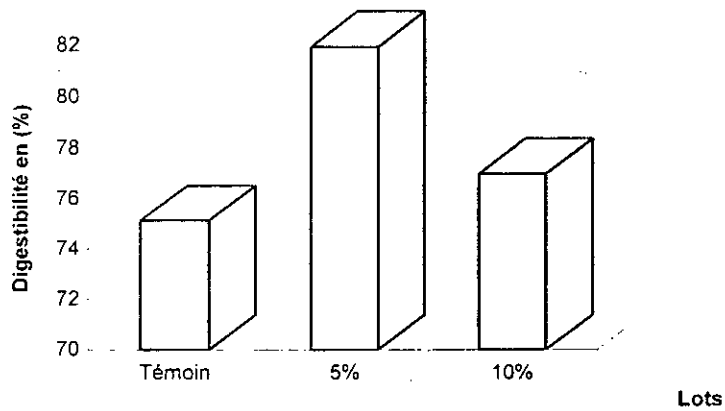
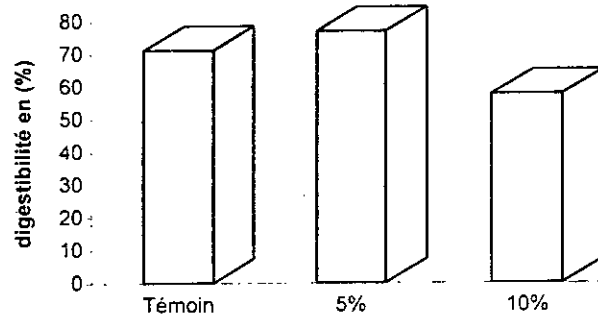


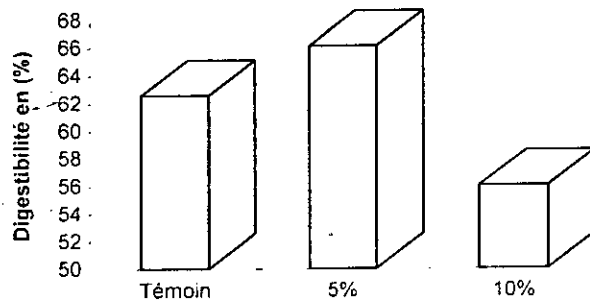
Fig VI (d) : Digestibilité des matières azotées totales

Fig n° VI : REPRESENTATIONS GRAPHIQUES DE LA DIGESTIBILITE DE L'ESSAI N° : I



Lots

Fig VI(e) : digestibilité de la matière grasse



lots

Fig VI (f) : Digestibilité de la cellulose brute

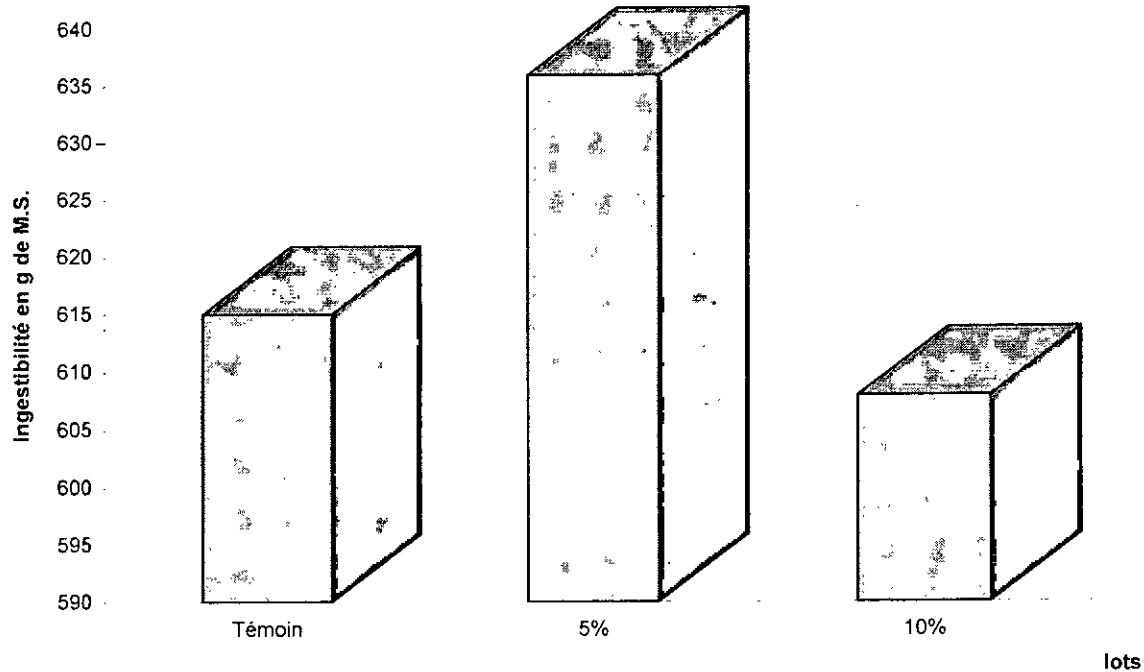


Fig VII : Quantités journalières moyennes consommées en grammes de matière sèche
(ESSAI I)

I - 2 DISCUSSIONS :

Au cours de cet essai et celui qui suit, nous avons utilisé des rations simplifiées réduites à un seul fourrage afin d'écartier d'éventuelles complémentarités.

D'une manière générale, avec 5% d'argile, il a été observé les meilleurs rendements de digestion, cela est vraisemblablement lié à une activité enzymatique optimale favorisée par des conditions physico-chimiques plus stables et plus propices (pH, adhérence, échange de cations). En effet, l'argile agit sur le pH par un échange de cations (Ca, Mg, ...), le milieu devient neutre et s'enrichit en conséquence en minéraux. Aussi, il semble selon ROGER (1994) et JOUANY (1994), que l'effet combiné de la part du concentré rentrant dans les rations (ne dépassant pas les 75%) et la stabilité du pH ont permis une économie d'énergie (par diminution de méthane), de ce fait ils ont favorisés une protéosynthèse microbienne importante et déplacement de la digestion des protéines et de l'amidon vers l'intestin grêle.

A ce propos, PULATOV (1983) rapporte également que l'addition de zéolite permet d'augmenter l'adhérence des micro-organismes aux parois végétales. Ce qui facilite l'action des enzymes et augmente le rendement. De même, JOUANY (1994), signale que l'adhésion permet aux micro-organismes de rendre leur action plus efficace en concentrant les enzymes hydrolytiques sur les tissus cibles.

En se référant aux résultats de ROGER et al (1990) qui concluent que le magnésium active les cellulases et avec le calcium améliore l'adhésion. On ne peut que retenir l'hypothèse formulée à propos de l'effet de l'argile sur l'activité enzymatique.

Toujours, dans le même contexte, SHRIVER (1991) cité par FONTY et al (1995) considère que les pH acides réduisent l'attachement microbien de 43% avec une chute dramatique de la digestibilité de la cellulose brute.

De toute manière, les résultats de la digestibilité du lot 5% sont en parfaite accord avec ceux rapportés par COLLINGS et al (1980), NOWAR et al SHAWABEKH (1988) qui ont observés une amélioration de la digestibilité apparente de la matière sèche et des protéines chez des ovins nourris avec des rations contenant la bentonite. Ces auteurs, lient cette performance au métabolisme des minéraux; facteur essentiel pour la plupart des réactions enzymatiques. Ce qui confirme nos

résultats, du fait que l'utilisation de la matière minérale était meilleure avec 5 % d'argile.

Par ailleurs, XANDE et DEMARQUILLY (1983), en étudiant la valeur alimentaire des pailles de céréales ont rapporté qu'une diminution dans l'ingestion est généralement suivie d'une diminution dans la quantité de salive émise donc de rumination, entraînant une modification des conditions physico-chimiques du rumen qui deviennent peu propices à une activité cellulolytique intense.

L'influence positive de la dose de 5% d'argile sur l'ingestibilité est due essentiellement à l'amélioration de la digestibilité. Cette observation rejoint celles de BLAXTER et al (1961), CORBETT et al (1963), DEMARQUILLY (1965) et NOWAR (1989 a), qui rapportent que la vitesse d'ingestion chez les ruminants est étroitement liée à la vitesse de digestion dans le rumen. Une telle idée a été également signalée par CRAMPTON (1957). En outre, BLAXTER et al (1956), estiment que l'accroissement du niveau d'ingestion est accompagné d'une accélération du transit digestif.

La faible performance observée en matière d'ingestibilité et de digestibilité avec 10% d'argile est imputable à la dose pratiquée. En effet, NOWAR (1989b) a établi que des doses élevées de bentonite chez les ovins, ralentissent d'une manière spectaculaire la vitesse de transit et d'ingestion sans pour cela qu'il observe de signes d'intoxications. Quoique, en étudiant la faiblesse des CUD et d'ingestibilité du lot 10 % en relation avec la chimie des urines et le profil sérologique, on en déduit les conclusions suivantes :

- l'urine normale ne contient pas de glucose. Cependant, il est présent en faible quantité chez le lot 10 %. A ce propos, COLES (1979), rapporte que des affections hépatiques peuvent entraîner une glycosurie, ce qui laisse penser qu'à des doses élevées, l'argile ne peut être que gênante et sans aucune utilité chez les ovins. Quoique, selon NOWAR (communication personnelle), des doses de 10 % peuvent être apportées sans risques pathologiques chez les bovins;

- A l'état normal, on ne trouve pas de corps cétoniques (l'acétone et l'acide diacétique) dans les urines. La présence de corps cétoniques en faibles

quantités chez le lot 10 % est due probablement à un effet de stress métabolique. En effet, PATERSON (1967), rapporte qu'une cétonurie dite physiologique peut apparaître dans certains états de stress, de changements de régimes, de gestation ou lors d'un effort physique intense;

- A raison de 10 %, les hématies sont faiblement lysées. On en déduit, qu'une telle dose ne peut être administrée chez les ovins ;

- Absence de bilirubine par le test des BANDELETTES et celui de la MOUSSE. En conséquence, l'hypothèse de lésion des cellules hépatiques suite à un effet perturbateur d'une dose élevée d'argile est écartée;

- L'augmentation des unités d'activité des transaminases glutamiques oxaloacétiques et des transaminases glutamiques pyruviques chez le lot 10 %, reste dans les normes et épargne les cellules du foie d'une dégénérescence ou d'une destruction.

En conclusion, l'utilisation de doses supérieures ou égale à 10 % dans les rations des ovins ne peuvent être que gênantes et perturbatrices du métabolisme, sans pour cela qu'elles engendrent des affections pathologiques.

En contre partie, la dose de 5 % améliore la digestibilité et l'ingestibilité.

I - 3 CONCLUSION :

Les résultats d'ingestibilité et de digestibilité confirment que l'incorporation d'argile à raison de 5 % est d'une grande utilité dans les conditions alimentaires algérienne. Toutefois, la présence d'argile en quantités élevées dans les rations est sans conséquences pathologiques chez l'animal, mais qui reste non concluante vis à vis de notre objectif, car elle ne fait que déprimer la digestibilité et l'appétit.

II - ESSAI N° 2 :

II - 1 RESULTATS :

Tableau XXIII : Résultats de la digestibilité et l'ingestibilité :

Lots		Témoin	2.5% d'argile	5% d'argile	Signification
DIGESTIBILITE	MS	46.75*	48.55*	52.25*	P = 0.07
	MM	20.10 ^(b)	14.90 ^(c)	32.42 ^(a)	P = 0.04
	MO	42.79*	45.29*	48.36*	P = 0.12
	MAT ⁽¹⁾	25.47 ^(c)	41.37 ^(b)	49.56 ^(a)	P < 0.00001
	MG	57.38 ^(b)	66.92 ^(a)	69.27 ^(a)	P = 0.02
	CB	49.01 ^(c)	55.18 ^(b)	60.66 ^(a)	P = 0.002
INGESTIBILITE g MS / animal/j		(b) 597.85 ± 14.69	(b) 608.35 ± 22.83	(a) 677.65 ± 19.27	P = 0.0005

* : Différence non significative

(1) : Il s'agit de : $\frac{N \text{ ingéré} - (N \text{ fécal} + N \text{ urinaire})}{N \text{ ingéré}} \times 100$

Tableau XXIV : Chimie des urines, transaminases et créatinine :

Lots	Témoin	2,5% d'argile	5% d'argile	Signification
CHIMIE DES URINES				
corps cétoniques	Faible	traces	traces	
Bilirubine	Faible	négatif	négatif	
pH	(b) 4.9 ± 0.22	(a) 6.6 ± 0.41	(a) 6.9 ± 0.26	P < 0.00001
ANALYSES SEROLOGIQUES				
Créatinine (mg/ 100 ml de sérum)	(c) 1.92 ± 0.03	(b) 1.50 ± 0.08	(a) 1.27 ± 0.03	P < 0.00001
TGO (U / 100 ml)	(c) 126.00 ± 3.16	(b) 114.00 ± 3.65	(a) 96.00 ± 2.94	P < 0.00001
TGP (U / 100 ml)	(c) 23.7 ± 1.69	(b) 19.3 ± 1.70	(a) 16.8 ± 0.36	P = 0.0003

(a - b - c) : Significativement différents.

Fig VIII: REPRESENTATIONS GRAPHIQUES DE LA DIGESTIBILITE DE L'ESSAI N° 2

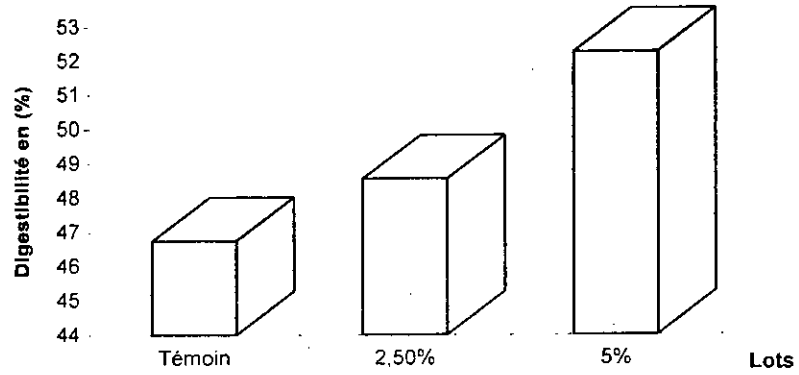


Fig VIII (a) : Digestibilité de la matière sèche

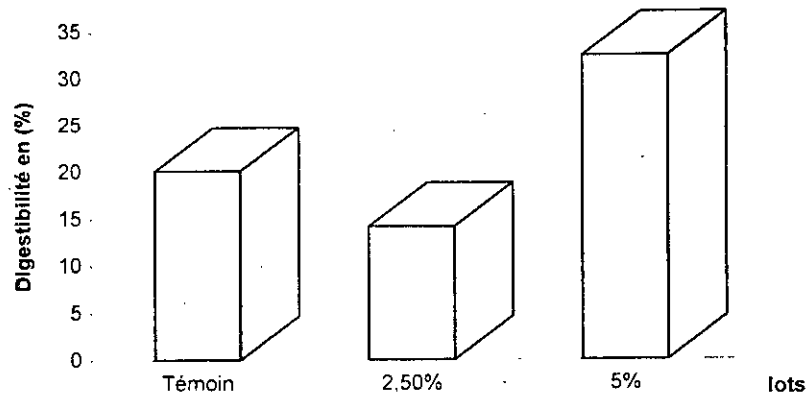


Fig VIII (b) : Digestibilité de la matière minérale

**Fig VIII : REPRESENTATIONS GRAPHIQUES DE LA
DIGESTIBILITE DE L'ESSAI N° II**

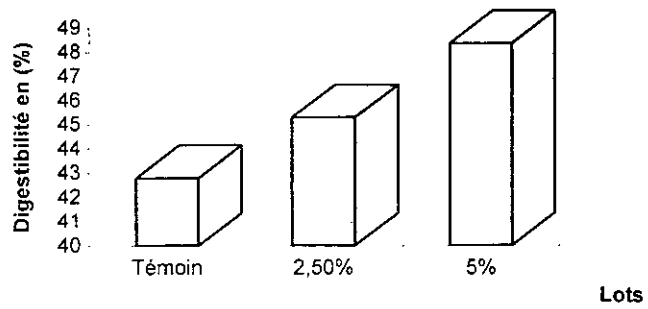


Fig VIII (c) : Digestibilité de la matière organique

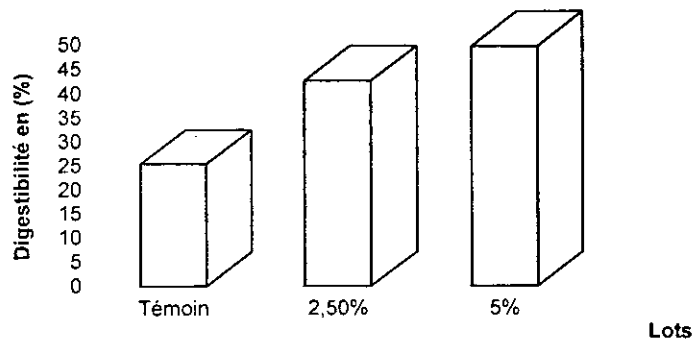


Fig VIII (d) : Digestibilité de la matière azotée totale

Fig VIII : REPRESENTATIONS GRAPHIQUES DE LA DIGESTIBILITE DE L'ESSAI N° II

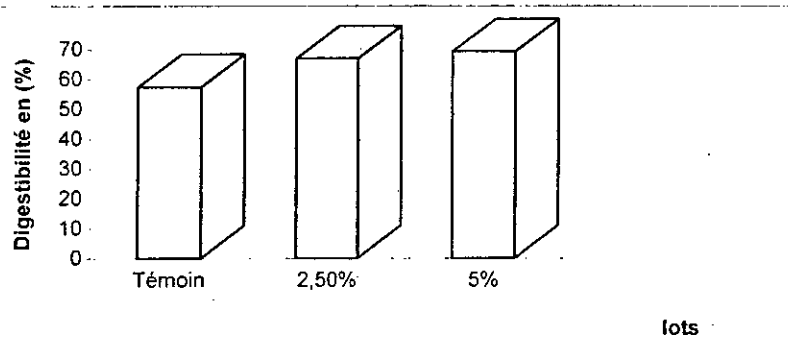


Fig VIII (e) : Digestibilité de la matière grasse

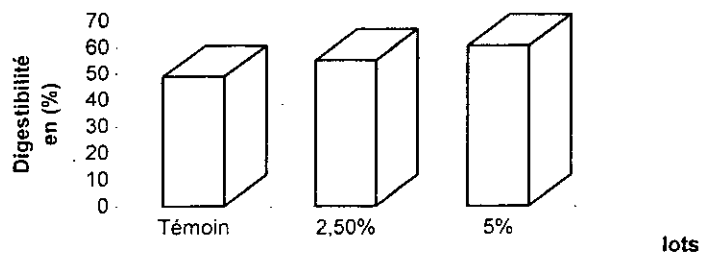


Fig VIII (f) : Digestibilité de la cellulose brute

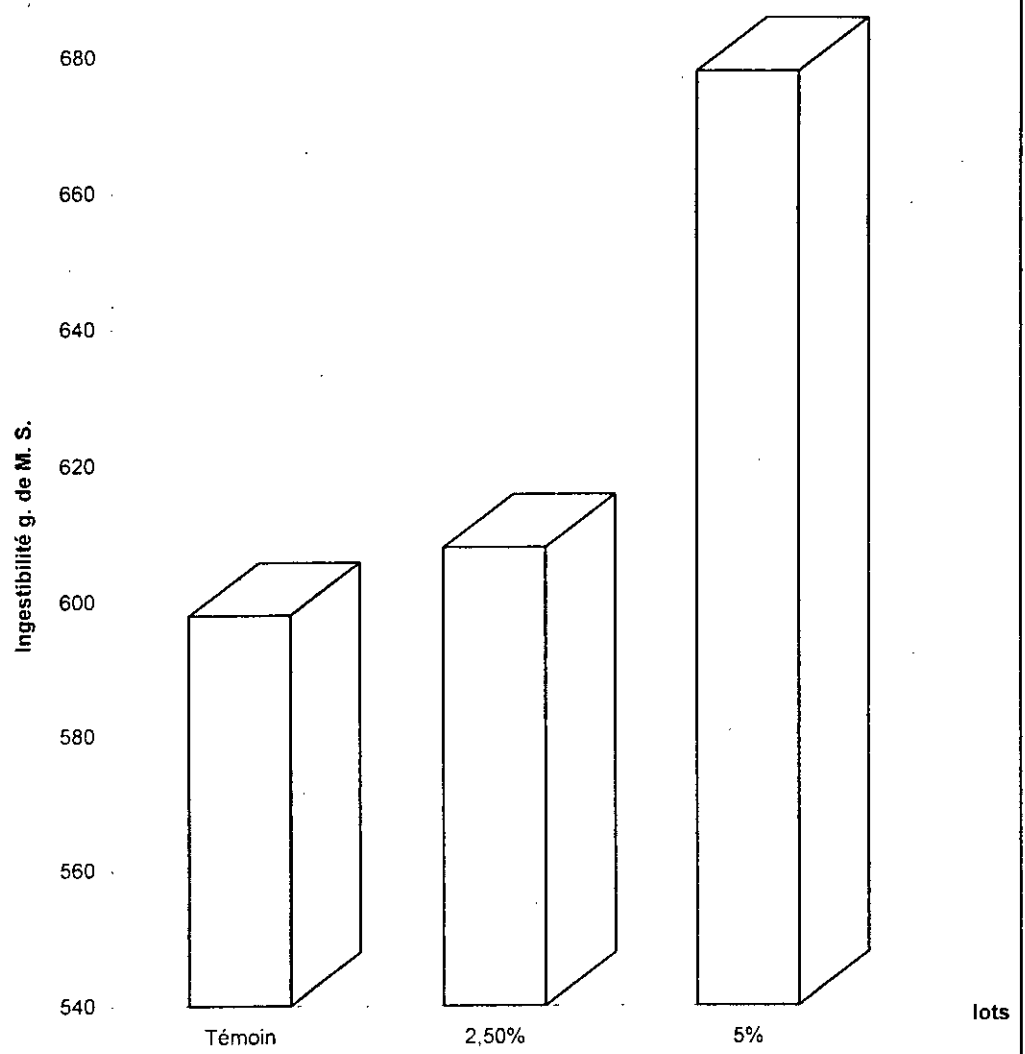


Fig IX : Quantités journalières moyennes consommées en grammes de matière sèche

II - 2 DISCUSSIONS :

a - Ingestibilité :

Les quantités de foin ingéré ont été plus importantes quand le régime contenait de l'argile. Ainsi, le passage de 0 à 5 % d'argile avait amélioré d'une manière significative l'ingestion de 13,3 % ($P = 0,0005$). Ce résultat coïncide avec ceux de COLLINGS et al (1980), POWLEY et al (1981), SCHELL et al (1993), rapportant que l'addition de bentonite chez le porc améliore significativement les quantités journalières consommées. Par ailleurs, chez les ruminants, DUNN et al (1979), ont conclu que la consommation la plus élevée ne s'opère qu'avec un mélange de bentonite et de carbonate de sodium.

Ce fait montre, que plus grande est la quantité de foin ingéré, meilleure est la digestibilité de la ration. Celle ci apparaît comme une caractéristique très liée à l'association d'argile dans le régime. Une telle relation, a déjà été mise en évidence par BLAXTER et al (1961), CORBETT et al (1963) et DEMARQILLY (1965), ROGER (1994), qui rapportent que l'ingestibilité est liée à la vitesse de vidange qui dépend de la rapidité de réduction en petites particules, donc de la digestibilité.

Il est également possible de penser que le fait que les animaux recevant l'argile consomment plus de matière sèche, cela semble dû d'avantage à une activité microbienne meilleure, nécessitant comme condition préalable la satisfaction des besoins en cobalt (POLLOCK, 1990), en magnésium; nécessaire à la croissance et l'adhésion de la plupart des micro-organismes (ROGER et al, 1990) et en calcium. (MESCHY, 1993). D'autre part, en se référant aux conclusions de ROGER (1994) à propos de l'ingestion, il semble que l'ammoniac en présence de minéraux (surtout le phosphore apporté par l'argile) stimule la croissance des bactéries cellulolytiques. Ainsi, la protéosynthèse microbienne et le niveau de la consommation volontaire finissent par être améliorés.

La différence observée dans les quantités ingérées chez le lot témoin " recevant le régime urée sans argile ". Peut être expliquée en partie par une diminution de l'activité microbienne sous l'effet d'une élévation du pH dans le sens de l'alcalose (déduction faite à travers le bilan azoté). A ce propos,

BAUDET (1994), affirme que l'augmentation du pH, perturbe l'activité microbienne et sa multiplication et réduit en conséquence l'appétit. En outre, ROGER (1994), rapporte que l'utilisation de l'azote non protéique diminue la consommation de la matière sèche quand l'amidon ou l'énergie soluble fait défaut.

b - Le bilan azoté :

L'influence positive marquée de l'effet argile sur le bilan azoté (16 et 24.1 points), respectivement pour les lots 2,5 et 5 % est due essentiellement à une meilleure valorisation de l'ammoniac en excès, en présence d'argile. Cette dernière étant sélectionnée pour sa capacité d'adsorber et de stocker l'ammoniac résultant d'une fermentation trop rapide, entraînant une élévation du pH dans le sens de l'alcalose.

En revanche, face au déséquilibre entre PDIE - PDIN, les capacités de synthèse de l'ammoniac "chez le lot témoin" étant dépassées et la croissance microbienne semble être affectée également. A ce sujet, FONTY et al (1995), soulignent que le taux maximum de croissance microbienne dépend de la concentration d'ammoniac. Les mêmes auteurs rapportent, que l'augmentation du pH sous l'effet de fortes concentrations ruminales d'ammoniac, réduit la disponibilité du magnésium; donc la croissance de la microflore se trouve perturbée. Une telle idée, a été rapportée par BAUDET (1994), qui a souligné que la mauvaise utilisation de l'ammoniac, conduit à son accumulation dans le rumen. La première conséquence est une élévation du pH qui nuit gravement à l'activité microbienne ruminale; fait se répercutant sur le rendement azoté d'une part et sur la digestibilité des autres constituants de la ration d'autre part.

Par ailleurs, plusieurs auteurs ont montré l'importance de la bentonite dans la fixation de l'ammoniac. Ainsi, MARTIN et al (1969), ont montré que l'ammoniac se fixe à la bentonite in vitro. RINDSIG et SCHULTZ (1970), ont rapporté également que la bentonite fixe l'ammoniac au niveau du rumen chez les vaches laitières. NOWAR (1989 b), conclu que le tourteau de soja pouvait être substitué par l'urée jusqu'à 77 % sans aucun risque de toxicité.

Enfin, selon NOWAR (communication personnelle), l'effet négatif de la synthèse protéique microbienne pourrait être corrigé par addition de bentonite.

c- Digestibilité :

D'une manière générale, les sujets alimentés à raison de 5 % d'argile ont donnés lieu à des différences significatives dans les coefficients d'utilisation digestive de la cellulose brute, de la matière minérale et de la matière grasse de 11,6 points ($p < 0,002$), 12,3 points ($P = 0,04$) et 12 points ($P = 0,02$) respectivement.

Par contre, sans qu'on puisse trouver une explication, on observe des améliorations non significatives dans la digestibilité de la matière organique et de la matière sèche.

Nous pensons que devant le déficit en énergie nécessaire à l'utilisation de l'urée, l'ammoniac en excès a été piégé entre les feuillets de l'argile. Cet état motive la microflore à utiliser au maximum les principales sources d'énergie représentées par la cellulose, la matière grasse et même celle qui est stockée par elle même. De même, la meilleure digestibilité de matière minérale chez le lot 5 %, semble être due à la capacité d'échange cationique que possède l'argile vis à vis de certains minéraux

" cobalt, calcium, magnésium " nécessaires pour la croissance et l'activité de la plupart des micro-organismes et qui jouent un rôle catalytique de la majorité des réactions enzymatiques.

Ces derniers faits, semblent montrer, que l'origine la plus probable de l'amélioration des différents CUD, se situe bien au niveau de la satisfaction des besoins des micro-organismes en minéraux et au niveau de la stabilité du pH (grâce à son pouvoir tampon, l'argile s'oppose à l'alcalose en fixant l'ammoniac).

Enfin, les résultats de la digestibilité ne s'éloignent pas de ceux de NOWAR et AL SHAWABEKH (1988), qui ont observé une amélioration du coefficient d'utilisation digestive et de la valeur nutritive, quand la dose de bentonite augmente et ceci jusqu'au seuil de 5 %. De même, NOWAR et al (1988) ont rapporté que le rendement alimentaire s'améliore en présence de bentonite.

En revanche, le même effet a été observé chez le manogastrique par COLLINGS et al (1980), qui estiment que la bentonite améliore d'une manière significative la digestibilité de la matière sèche chez le porc.

d- chimie des urines et profils sérologiques :

- Les corps cétoniques :

Devant la situation de La présence de corps cétoniques chez le lot témoin recevant de l'urée sans argile, et avec l'indisponibilité d'une source d'énergie nécessaire à l'utilisation de l'ammoniac en excès, nous amène à penser que l'animal puise probablement de ses réserves, augmentant ainsi la concentration des corps cétoniques dans l'urine. Par ailleurs, chez les lots recevant l'argile, les corps cétoniques sont pratiquement absents malgré la même situation de déséquilibre entre PDIE - PDIN. Cela suppose, qu'en présence d'argile, l'ammoniac en excès est adsorbé et stocké par cette dernière et n'est libéré que lorsque l'organisme en aura besoin. En conséquence l'utilisation des matières azotées est meilleure (le bilan azoté confirme bien cette idée) et les risques de toxicité sont écartés. Une telle idée, rejoint celle de RINDSIG et SCHULTZ (1970), NOWAR (1989 b) qui rapportent qu'en présence de bentonite, l'excès d'ammoniac est adsorbé entre les feuillets de l'argile; donnant ainsi à une population microbienne abondante, le temps nécessaire pour l'utiliser. Donc, le bilan azoté fini par être amélioré.

- La bilirubine :

On ne trouve normalement pas de bilirubine dans l'urine du mouton, par contre elle est présente chez les animaux présentant des lésions des cellules hépatiques (COLES 1979).

Les résultats des lots expérimentaux recevant de l'urée avec argile sont négatifs. Il en résulte un fonctionnement normal du foie malgré l'excès d'azote fermentescible par rapport à la quantité d'énergie disponible. Cela nous a permis de formuler deux hypothèses :

* L'excès d'ammoniac n'a pas échappé à travers la paroi du rumen et n'a pas non plus fatigué le foie, mais il a été capté par l'argile;

* Le peu de pertes d'azote par la voie urinaire chez les lots expérimentaux, suppose que le foie de ces animaux n'était pas sollicité et fatigué par l'ammoniac en excès.

Par contre, chez les animaux du lot témoin " absence d'argile " la bilirubine est présente; cela est dû en grande partie à l'effet négatif de l'ammoniac en excès qui a rejoint le foie avec risque de fatigue de cet organe.

Ces derniers faits montrent que l'argile joue le rôle d'un véritable réservoir vis à vis de l'ammoniac.

- Le pH :

Selon COLE (1979), le régime alimentaire et l'état métabolique jouent un rôle important dans le pH normal des urines, c'est ainsi que les animaux recevant une alimentation végétale ont tendance à produire une urine alcaline, tandis que l'urine est normalement acide chez les animaux ayant une alimentation à base de céréales ou riche en protéines.

On peut se demander si l'acidification de l'urine des animaux du lot témoin n'a pas eu pour origine l'excès d'ammoniac du fait que chez les lots expérimentaux, le pH des urines est neutre, suite à la fixation de l'ammoniac par l'argile et le bilan azoté très significatif montre bien une meilleure utilisation de l'azote par les animaux recevant l'argile.

- Créatinine :

Une élévation du taux de créatinine (supérieur à 2 mg/100 ml) indique une atteinte fonctionnelle ou lésionnelle grave du rein. Les valeurs normales dans le sérum sont indiquées comme étant 1 à 2 mg/100 ml (COLES , 1979).

A travers les résultats, on constate que les taux de créatinine des lots expérimentaux sont significativement différents du lot témoin ($P < 0,00001$) et que dans la situation la plus extrême (1,92 mg/100 ml chez le témoin) on reste dans la norme des valeurs normales. Ceci épargne le rein d'une atteinte

quelconque et n'empêche pas de dire que l'argile contribue d'une manière positive à améliorer les fonctions rénales par abaissement du taux de créatinine.

- Les transaminases " TGO - TGP " :

L'augmentation de la " TGP " dans le sérum , témoigne d'une dégénérescence ou d'une destruction des cellules du foie.

La " TGO " n'est pas spécifique du foie mais on l'utilise pour la mesure du degré de nécrose hépatique si les autres organes ne sont pas malades. Comme ces enzymes ont principalement leurs fonctions à l'intérieur des cellules, leur augmentation dans le sérum est souvent le reflet d'une destruction ou d'une altération des cellules.

Les valeurs normales selon BLINCO et DYE (1958) sont :

* TGO : 128 U / 100 ml

* TGP : 23.2 U / 100 ml

Le dosage des transaminases a montré des élévations des taux de TGP et TGO du lot témoin mais qui restent au voisinage de la normale. Cela témoigne d'une activité enzymatique plus élevée; motivée par un excès d'ammoniac. On assiste alors, à une réaction de défense en produisant d'avantage ces enzymes afin de se débarrasser de l'excès d'ammoniac. La présence des transaminases en quantités plus élevées chez le lot témoin nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

* L'excès d'ammoniac en absence d'argile, augmente l'activité enzymatique et peut avec le temps fatiguer le foie;

* Le dosage de la TGO, montre bien qu'on est aux limites de toxicité; hypothèse justifiée par le dosage de la bilirubine de l'urine;

* Les transaminases dosées n'ont fait que consolider les conclusions tirées à propos du rôle de l'argile dans la fixation de l'ammoniac et l'amélioration du bilan azoté.

II - 3 CONCLUSION :

L'urée peut être un bon correcteur du déficit protéique qu'accuse les rations de bases algériennes, à condition de maîtriser son uréolyse rapide.

A raison de 5%, l'argile contribue à une meilleure maîtrise de l'ammoniogénèse dans le rumen et améliore d'une façon remarquable le bilan azoté. Les risques de toxicité ont été écartés chez les animaux recevant l'urée avec argile.

Enfin, l'argile peut constituer un véritable réservoir vis à vis de l'ammoniac en excès, empêchant ainsi sa fuite à travers la paroi du rumen.

III - ESSAI N° 3 :

III - 1 RESULTATS :

Tableau XXV : Poids vifs initiaux et finaux des animaux des différents lots (en kg)

Poids vifs moyens	Témoin	2.5% d'argile	5% d'argile	Signification
Poids initial	* 25.51 ± 0.40	* 25.47 ± 0.42	* 25.36 ± 0.37	P = 0.74
Poids final	(c) 33.55 ± 0.45	(b) 34.96 ± 0.44	(a) 35.92 ± 0.32	P < 0.00001
Différence de poids (kg)	(c) 8.0 ± 0.19	(b) 9.49 ± 0.08	(a) 10.56 ± 0.30	P < 0.00001
GMQ (g/j)	(c) 143.00 ± 3.44	(b) 169.0 ± 1.49	(a) 188.0 ± 5.37	P < 0.00001

(*) : Différence non significative.

(a - b - c) : Significativement différents.

III - 2 DISCUSSIONS :

L'analyse de l'évolution des poids vifs au cours de la phase expérimentale montre que :

- Durant les deux premières semaines de l'essai, l'hypothèse d'égalité de moyennes a été acceptée et que par conséquent il n'existe pas de différences entre les GMQ des différents lots. Ce qui laisse supposer que durant ce temps, les animaux recevant l'argile n'ont pas développés une microflore caractéristique au nouveau régime et qu'il leur a fallu 15 jours pour créer un environnement stable;

- A partir de la troisième semaine, la croissance commence à être significative statistiquement et ce, jusqu'à la fin de l'essai où l'on a enregistré des gains de poids de 2,5 et 1,5 kg, respectivement pour les lots 5 et 2,5 % ($P < 0,00001$) en comparaison avec le lot témoin " sans argile ". Ce résultat est en parfait accord avec ceux de HUNTINGTON et al (1977), NOWAR et al (1988), qui ont conclu à travers leurs études sur les ovins que la bentonite améliore le gain moyen quotidien et l'indice de consommation. Cependant, NOWAR (1989 a), observe une différence de poids de 3 kg au cours de huit semaines sur agneaux; cette amélioration est probablement induite par l'effet race, âge des animaux et mode d'élevage (intensif). DUNN et al (1979) quand à eux, estiment que pour être efficace, la bentonite doit être additionnée par le carbonate de sodium. Ainsi, ils ont amélioré le GMQ de 37 %, le même effet a été observé chez les monogastriques (porc) avec 5% de bentonite par VETTER (1967), SCHELL et al (1993). En revanche, pour COLLINGS et al (1980), POWLEY et al (1981), une dose de 2 % de bentonite semble être efficace dans l'amélioration du GMQ chez la même espèce animale.

VETTER (1967), COLLINGS et al (1980), expliquent cette croissance par une amélioration de la digestion sans donner les phénomènes métaboliques motivant cette amélioration. Cependant, NOWAR (communication personnelle), affirme que plus les conditions physico-chimiques du rumen sont favorables à l'activité microbienne et à sa multiplication, meilleur est la digestibilité;

l'organisme profite alors au maximum de l'aliment offert pour répondre à ses besoins d'entretien et de croissance.

III - 3 CONCLUSION :

Par rapport aux témoins, l'argile a permis d'améliorer d'une manière significative le gain moyen quotidien des animaux des lots expérimentaux.

Cependant, pour être efficace, les animaux doivent être accoutumés à l'argile pour que la population microbienne se stabilise et l'activité enzymatique soit intense, en effet, la croissance n'a commencée à être significative qu'à partir de la troisième semaine.

CONCLUSION GENERALE

Cette étude présente surtout comme originalité les possibilités offertes par l'argile utilisée (mélange d'illite et de smectite) en vue d'accroître non seulement le rendement de la digestion, l'ingestion et la croissance, mais aussi de maîtriser l'ammoniogénèse dans le rumen.

A travers les résultats obtenus, l'argile s'est révélée d'une importance particulièrement notable avec le taux de 5%. Son emploi ne peut être que justifié devant la situation de sécheresse qui touche le pays depuis plusieurs années et la médiocrité des rations de base offertes au cheptel algérien et qui restent loin de couvrir les besoins d'entretien.

Cependant, on est conduit à se demander si les résultats observés avec le type d'argile utilisée (CEC= 24 meq/100g) restent valables avec l'utilisation de bentonite pure possédant une capacité d'échange cationique élevée (CEC= 80-150). Autrement dit, peut-on retenir la dose de 5% avec bentonite? ou encore, des doses de bentonite inférieures à 5% ne seraient-elles pas en mesure de réaliser les mêmes résultats?

D'autre part, les résultats observés avec 5% se maintiennent-ils avec les modes d'élevage ovins pratiqués en Algérie et les régimes les caractérisants (intensif, semi-intensif), la production recherchée et les autres espèces animales (bovins, caprins, volaille, lapin, etc...)?

Pour élucider ces questions, il convient de poursuivre les recherches dans le contexte algérien sur animaux fustilés dans le but d'étudier de près les fermentations ruminales et le comportement du faciès microbien afin de standardiser l'emploi des argiles dans nos élevages.

Enfin, sachant que le produit en question est abondant dans la nature (voir dans le pays même), il est fort souhaitable que les efforts se conjuguent par les structures concernées (ONAB, ITEBO, ITPE, offices du lait, chambres d'agriculture, et services agricoles) afin de favoriser la généralisation de l'emploi des argiles, en vue d'une meilleure exploitation des disponibilités alimentaires animales.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDELBAKI S. M. S., 1977. Study on effects of zéolite and carbamide contents of rations on some physiological functions in sheep. Ph.D. thesis, Sofia. p 126.
- ABDELBAKI S. M. S., NOWAR M. S., 1981. Studies on dietary soil in sheep rations. Res. Bull, N° 438. Zagazig. Agric.
- ABDELBAKI S. M. S., NOWAR M. S., 1986. Rice hulls with cassova and urea in complete rations for ruminants. 3 rd Int rice. Conf. Alexandria, Egypt
- AFNOR (1981). Detremination de la teneur en sucres réducteurs des produits amylacés, vol 3.
- AKIN D. E., GORDON G. L., HOGAN J. P., 1983. Rumen bacterial and fungal degradation of digitaria pentzii grown with and without sulfu. Appl. Environ. Microbiol., 76, 738 - 748.
- AKIN D. E., LYON C. E., WINDHAM W. R., RIGSBY L.L., 1989. Physical degradation of lignified stem tissues by ruminal fungi. Appl. Environ. Microbiol., 55, 611 - 616.
- ANONYME., 1983. Les gisements de bentonite en Algerie. Fiche technique, SONAREM.
- BAUDET H. M., 1994 . Fièvres du lait : L'intérêt d'une ration acidogène. PLM., 240 (10): 51- 55.
- BERTIN C., 1995. Prevenir l'acidose. PLM., 247 (5) : 56 - 57.
- BLAXTER K. L., MC GRAHAM N., WAINMAN R.W., 1956. Some observations on the digestibility of food by sheep, and on related problems. Brit. J. Nut., 10 : 69 - 91.
- BLAXTER K. L., WAINMAN R.W., WILSON R. W., 1961. The regulation of food intake by sheep. Anim. prod., 3: 51- 61
- BLINCO C., DYE W. B., 1958. Serum transaminase in white muscle disease. J. Anim - sci., 17 : 224.
- BONNEAU M., SOUCHIER B., 1979. Constituants et propriétés du sol. Pedologie, T 2. Edit Masson, Paris.
- BURKITT W. H., 1969. Sodium bentonite addition to high concentrate pelleted rations fed finishing yearling cattle. Feeds tuffs, 45.

- CARSON M. S., SMITH T. K., 1983.** Role of bentonite in prevention of T2 Toxicosis in Rats. *J. Anim. Sci*, 57 (6) : 1498 - 1506.
- COLES E. H., 1979.** Le laboratoire en clinique vétérinaire. 2° ed, vigot. 641 p.
- COLLING D. P., BRITTON R. A., FARLIN S. D., NIELSEN M. K., 1979.** Effects of adding sodium bentonite to high grain diets for ruminants lambs. *J. Anim. Sci*, Vol 48 (3): 641 - 648.
- COLLINGS G. F., THOMASSON S. A., KU P.K., MILLER E. R., 1980.** Sodium bentonite in swine diets. *J - Anim. Sci.*, 50 (2) : 272 -277.
- CORBETT J. L., LENGELANDS J. P., REID G. W., 1963.** Effets of season of growth and digestibility of herbage on intake by grazing dairy cows. *J. Brit. Sci.*, 11: 107.
- CRAMPTON E. W., 1957.** Interrelation between digestible nutrient and energy content, voluntary dry matter intake, and the overall feeding value of forages. *J. Anim. Sci.*, 16 : 546 - 552.
- DAGNELIE P., 1975.** Théories et méthodes statistiques. Applications agronomiques. Vol 2, 2° edit.
- DEMARQUILLY C., 1965.** Facteurs de variation de la qualité d'herbe consommée par le mouton. *Fourrages* 22 : 84 - 97.
- DEVISM J., 1988.** Les micro-organismes dans l'alimentation des ruminants. *PLM* 172 (7 - 8) : 111 - 114.
- DUNN B. H., EMERICK R. J., EMBRY L. B., 1979.** Sodium bentonite and sodium bicarbonate in high concentrate diets for lambs and steers. *J. Anim. Sci.*, 48 (4) : 764 - 769.
- EADIE J. M., 1962.** Inter relationships between rumen ciliate protozoa. *J Gen. Microbiol.*, 29 : 579 - 588.
- FISHER L. J., MACKAY V. G., 1983.** The investigation of sodium bicarbonate or bentonite as supplements in silages fed to lactating cows. *Can. J. Anim. Sci.*, 63 : 939 - 947.
- FONTY G., GOUET PH., JOUANY J. P., SENAUD J., 1987.** Establishment of the microflora and anaerobic fungi in the rumen of lambs. *J. Gen. Microbiol.*, 129 : 213 - 223.

FONTY G., JOUANY J. P., FORANO E., GOUET PH., 1995.

Nutrition des ruminants domestiques : l'écosystème microbien du réticulo rumen. ed INRA - Route de Saint CYR, Paris.

FORD C. W., ELLIOTT R., MAYNARD P. J., 1987. The effect of chlorite delignification on digestibility of some grass forages and on intake and rumen microbial activity in sheep fed barley straw. *J. Agr. Sci.*, 108 : 129 - 136.

HENRY J. B., 1979. Clinical diagnosis and management by laboratory methods, 16 th ed. Philadelphia sannders.

HUNGATE R. E., 1966. The rumen and its microbes. *Cornell. Vet.*, 42 : 423 - 449.

HUNTINGTON G. B., EMERICK R. J., EMBRY L. B., 1977.

Sodium bentonite or sodium bicarbonate as aids on feeding high concentrate diets to lambs. *J. Anim Sci.*, 45: 804 - 811.

I-N-R-A., 1978. Alimentation des ruminants. Edit, INRA. Paris.

IVAN M., DAYRELL M., HIDROGLOU M., 1992. Effects of bentonite and monensin on selected elements in the stomach and liver of fauna-free and faunated sheep. *J. Dairy. Sci.*, 75 (1) : 201 - 208.

JOBLIN K. N., 1989. The roles of protozoa and fungi in ruminant digestion. Penambul books, 259 - 260, Australia.

JONES R. J., MEGARRITY R. G., 1986. Success ful transfer degrading bacteria from Hawaian goats to Australian ruminants to over come the toxicity of leucaena. *Aust. Vet. J.*, 63 : 259 - 262.

JOUANY J. P., 1978. Contribution à l'étude des protozoaires ciliés du rumen: leur dynamique, leur rôle dans la digestion et leur intérêt pour le ruminant. Thèse de Doctorat. Univ; de Clermont II.

JOUANY J. P., 1991. Métabolisme des micro-organismes du rumen et digestion chez les ruminants. ed INRA. Paris., 239 - 261.

JOUANY J. P., 1994. Les fermentations dans le rumen et leur optimisation. *INRA Theix. Prod. Anim.*, 7 (3) : 207 - 222.

LATHAM M. J., HOBBS D. G., HARRIS P. J., 1979. Adhesion of rumen bacteria to alcali treated plant. *Ann. Rech. Vet.*, 10 : 224 - 245.

- LECOQ Y., 1969.** Manipulation d'analyse alimentaire et analyses usuelles. edit. Ducom. Paris.
- LINDEMANN M.D., BLODGETT D. J., KORNEGAY E. T., SCHURIG G. G., 1993.** Potential ameliorators of aflatoxicosis in weanling - growing swine. *J. Anim. Sci.*, 71 (1) : 171 - 178.
- MARKS J. G., FOWLER J. F., SHERETZ E. F., RIETSCHER R. L., 1995.** Prevention of poison ivy and poison oak allergic contact dermatitis by quaternium -18 bentonite. *J. Amer. Acad. Dermatol.*, 33 (8) : 212 - 216.
- MARTIN L. C., CLIFORD A. J., TILLMAN A. D., 1969.** Studies on sodium bentonite in ruminant diets containing urea. *J. Anim. Sci.*, 29 : 777.
- MATTHEWS A., 1988.** Product evolution at work. *Feed management.*, 39 : 11 - 19.
- MESCHY F., 1993.** Rien ne se fera sans les minéraux. *PLM.*, n° 227 (7 - 8) : 32 - 33.
- MEDAU J., 1984.** Dictionnaire vidal. 60° edit. 1252 - 1253.
- MUMPTON F. A., FISHMAN P. H., 1977.** The application of naturel zéolites in animal science and agriculture. *J. Anim. Sci.*, 45 (5) : 1188.
- NOWAR M. S., 1989 a.** Effect on feeding Jordonian clays on digestibility and daily feed intake to lambs. *Rech - activ - univ of Oman* : 12 - 15.
- NOWAR M. S., 1989 b.** Effect of adding Jordonian clays on nitrogen balance and ration, digestibility in ruminant diets containing high levels of urea. *Rech - activ - univ of Oman* : 27 - 31.
- NOWAR M. S., AL SHAWABEKH K., 1988.** First results in JORDAN on the effect of feeding Jordonian clays: effect on digestibility with special reference to the effect on blood hematology. *Rech - activ- univ of Oman* : 43 - 47 .
- NOWAR M. S., AL SHAWABEKH K., KHOURY H. N., 1988.** First results in JORDAN on the effect of feeding Jordonian clays: effect on fattening lambs performance with special reference to the effect on blood hematology, liver and kidney functions and parasitological and serological examinations. *Rech- activ- univ of Oman* : 41 - 42 .

- NOWAR M. S., OUADIA L., HARB M., CHAKIB A., EL FATAFTA A., AL SHAWABEKH K., KHOURY H. N., SAYED K., 1989 a.** The effects of bentonite on milk production and milk fat percentage. Final rep. Clay addition in the animal food. Agri. Fac. Univ of Oman : 15 - 18
- NOWAR M. S., OUADIA L., HARB M., CHAKIB A., EL FATAFTA A., AL SHAWABEKH K., KHOURY H. N., SAYED K., 1989 b.** Effects of différent levels of kaolinite on the performances of chicken. Final rep. Clay addition in the animal food. Agri. Fac. Univ of Oman : 18 - 19.
- PARAGON S., 1994.** Des rations à profil acidogène. Pourquoi ? Pour qui ? Comment ? PLM., 240 (10) : 51 - 55.
- PATERSON T., 1967.** Matériel and fetal keton concentration in plasma and urine concet., 22 (4): 865.
- PETKOV A., ENEV E. I., 1979.** Rumen digestion parameters in lambs fed with pelleted diet. Ann. Rech. Vet., 10 : 440 - 441.
- POLLOCK J. M., 1994.** Le couple vitamine E et sélénium renforce l'immunité. Rech en science vete., 56 : 100 - 107.
- POND W. G., YEN L. H., 1985.** Changes in concentrations of rumen and blood constituents in ewes during adaptation to dietary urea with and without kaolinite. Nutr. Repport Internat., 32 (2) : 425 - 437.
- POWLEY J.S., CHEEKE P. R., ENGLAND D. C., DAVIDSON T. P., KENNICK W.H., 1981.** Performance of growing - finishing swine fed high levels of alfalfa meal: effects of alfalfa level dietary additives and antibiotics. J. Anim - Sci., 53 (2): 308 - 316.
- PULATOV V., 1983.** Biological properties of zéolites. Trudy uzbekskogo skogoi veterinarnago institua., 35 : 30 - 33.
- QUISENBERRY J. H., BRADLEY J. W., 1984.** Sodium bentonite feeding experiment. Feed stuffs., 36 (11) : 23.
- RINDSIG R. B., SCHULTZ L. H., 1970.** Effect of bentonite on nitrogen and mineral balances and ration digestibility of high grain rations fed to lacting daïry cows. j - Daïry - Sci., 53 : 888.

- RINDSIG R. B., SCHULTZ L. H., SHOOK G. E., 1969.** Effects of the addition of bentonite to high-grain dairy rations which depress milk fat ratio. *J. Dairy. Sci.*, 52 : 1770.
- ROGER W., 1994.** Alimentation de la vache laitière. 2° edit. France Agricole.
- ROGER V., FONTY G., KOMISARCZUK B. S., GOUET P h., 1990.** Effects of physico-chemical factors on the adhesion to cellulose avicel of the ruminal bacteria. *Br. j. Nutr.*, 54 : 105 - 119.
- RUSSELL J. B., BALDWIN R. L., 1978.** Substrate preferences in rumen bacteria evidence of catabolite regulatory mechanisms. *Appl. Environ. Microbiol.*, 36 : 319 - 329.
- RUSSELL J. B., SHARP W. M., BALDWIN R. L., 1979.** The effect of pH on maximum bacterial growth rate and its possible role as a determinant of bacterial competition in the rumen. *J. Anim. Sci.*, 48 : 251 - 255.
- S C E, 1974.** The committee on enzymes of the scandinavian society for clinical chemistry and clinical physiology. *Scand. J. Clin. Lab.*, 33 : 291.
- SCHELL T. C., LINDEMANN M. D., KORNEGAY E. T., BLODGETT D. J., DOERR J. A., 1993.** Effectiveness of different types of clay for reducing the detrimental effects of aflatoxin-contaminated diets on performance and serum profiles of weanling pigs. *J - Anim - Sci.*, 71 (5) : 1226 - 1231.
- SLANINA L., 1974.** Pufferung des panseninhaltes mit montmorillonit bei industriemäßiger rinderhaltung. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.*, 81 (12) : 549 - 604.
- SLANINA L., SOKOL J., LEHOCKY J., ROSIVAL I., 1974.** Celorocná pufrácia kr'mnej dávky, montmorillonitom (Bentonitom) u dojnic' a jej VPLYV Na Zdravotny' stav, hematologické a biochemické ukazovatele. *Vet. Med. Praha.*, 19 (8) : 463 - 472.
- SOLTNER D., 1986** Les bases de la production végétale, tome 1. Le sol. 14° edit.

- SOUTHERN L. L., WARD T. L., BIDNER T. D., HERBERT L. G., 1994.** Effect of sodium bentonite or hydrated sodium calcium aluminosilicate on growth performance and tibia mineral. *Poult. Sci.*, 73 (6) : 848 - 854.
- USHIDA K., JOUANY J. P., THIVEND P., 1986.** Role of rumen protozoa in nitrogen digestion in sheep given two isonitrogenous diets. *Br. J. Nutr.*, 56 : 407 - 419.
- VETTER R. L., 1967.** Evaluation of bentonite in a high concentrate finishing ration for steers. *J. Anim - Sci.*, 89 (3) : 1110 - 1119.
- WINDHAM W. R., AKIN D. E., 1984.** Rumen fungi and forage fiber degradation. *Appl. Environ. Microbiol.*, 48 : 473 - 476.
- XANDE A., DEMARQUILLY C., 1983.** Influence du traitement mécanique et chimique à la soude sur la valeur alimentaire des pailles de céréale mesurée sur moutons. *Ann. Zoot (32)*, 341 - 356 . INRA theix.
- YVES C., 1989.** Les oligo-éléments en agriculture et en élevage. Ed. INRA. Route SAINT CYR. Paris.

ANNEXE A

ESSAI N° 1

TABLEAU I : Quantités moyennes d'aliments consommés (g/ sujet/d) :

Aliments	LOTS															
	Témoin				5%				10%							
	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4				
g MS de foin	617,9	600,8	625,2	614,9	652,3	622,8	633,7	636,9	613,5	606,5	610,3	602,1				
g MS concentré	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470				
Totale MS ingérée	1087,9	1070,8	1095,2	1084,9	1122,3	1092,8	1103,7	1106,9	1083,5	1076,5	1080,3	1072,1				

TABIEAU II : Composition chimique des fèces :

Composition chimique	LOTS											
	Témoïn				5%				10%			
	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4
MS (%)	47,5	48,2	50,6	46,7	44,1	43,5	43,8	45,2	49,6	51,2	52,7	50,4
MM (% MS)	10,92	14,98	13,67	6,74	11,74	9,93	8,65	10,66	13,04	13,34	13,49	13,71
MO (% MS)	89,07	85,02	86,32	93,25	88,25	90,06	91,84	89,33	86,95	86,11	86,50	86,29
MAT (% MS)	15,47	12,07	16,24	16,68	12,83	14,06	11,75	12,87	12,48	13,82	14,83	15,33
MG(% MS)	6,94	5,18	5,53	6,63	5,89	5,51	5,02	6,41	6,61	8,49	9,69	4,16
CB(% MS)	66,65	67,76	64,54	69,93	69,52	70,48	76,85	70,04	67,86	63,79	61,97	66,78
Quantités moyennes de MS de fèces récoltées en g /sujet /j												
	428,2	419,9	471,5	416,2	362,2	410,0	443,0	434,0	502,6	487,8	427,1	459,0

(*) : Les quantités d'argile distribuées aux lots expérimentaux (soit 25g et 50g) ont été retranché.

TABLEAU III : Résultats des transaminases :

Aliments	LOTS											
	Témoin				5%				10%			
	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
TGO (UI)	92	96	94	90	99	94	95	96	100	102	109	101
TGP (UI)	18	19	17	18	20	19	18	19	22	19	20	23

ANNEXE B

ESSAI N° 2

TABLÉAU I : Quantités moyennes d'aliments consommés (g/ sujet/l):

Aliments	LOTS															
	Témoin				2,5%				5%							
	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
g MS de foin	580,2	592,7	614,2	604,3	617,7	582,0	599,0	634,7	653,5	673,2	699,1	684,8				
g MS concentré	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	
Urée* (g)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	

(*) : 1 g d'urée à 46,6 %, équivalent 2,9g MAT (0,466 x 6,25).

40 g d'urée équivalent 116 g MAT (40 x 2,9).

TABIEAU II : Composition chimique des fèces :

Composition chimique	LOTS															
	Témoïn				2,5%				5%							
	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4				
MS (%)	43,60	46,20	50,30	48,40	49,70	45,40	43,20	47,60	50,20	44,30	48,70	51,50				
MM (%) MS)	9,86	10,40	8,15	8,26	9,05	10,79	9,95	10,50	9,36	8,80	9,85	7,18				
MO (% MS)	90,13	89,59	91,85	91,73	90,94	89,20	90,04	89,49	90,63	91,19	90,14	92,81				
MAT (% MS)	11,30	10,40	10,70	11,60	8,90	9,30	10,0	9,60	7,40	8,20	8,0	7,90				
MG(% MS)	2,70	3,0	3,10	2,80	2,60	2,80	2,20	2,40	1,90	2,60	2,0	2,80				
CB(% MS)	34,60	33,50	35,40	33,20	31,40	30,60	31,60	31,20	30,40	29,60	30,60	29,40				
Quantités moyennes de MS* de fèces récoltées en g /sujet /j																
	451,8	419,8	470,5	432,5	453,6	398,9	403,2	481,7	432,8	394,4	451,0	465,8				

(*) : Les quantités d'argile distribuées aux lots expérimentaux (soit 6,25 g et 12,5 g) ont été retranché.

TABIEAU III : Volumes moyens des urines émises par 24 heures et leur composition en MAT :

ANIMAUX	LOTS					
	TEMOIN		2,5%		5%	
	Volume des urines ml/24h	MAT (%)	Volume des urines ml/24h	MAT (%)	Volume des urines ml/24h	MAT (%)
1	915	11,03	1005	8,44	9,35	6,61
2	900	11,12	980	7,42	900	8,66
3	1020	8,88	9,10	7,80	1005	7,17
4	930	11,62	1030	7,56	890	7,57

TABLEAU IV : Profils sérologiques et chimie des urines des animaux des différents lots :

Paramètres mesurés	LOTS											
	Témoin				2,5%				5%			
	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
pH	4,6	5,0	4,9	5,1	6,3	6,9	7,0	6,2	7,0	6,8	6,6	7,2
Créatinine (mg/100 ml)	1,90	1,96	1,89	1,93	1,40	1,60	1,50	1,50	1,22	1,28	1,30	1,28
TGO (UI)	122	125	128	129	116	118	110	112	98	94	93	99
TGP (UI)	22,5	23	26,2	23,1	20,5	18,1	21,0	17,60	17,2	16,50	17,0	16,50

ANNEXE C

ESSAI N° 3

TABLEAU I : Poids vifs à huit semaines (kg) des animaux des différents lots :

ANIMAUX	LOTS		
	Témoin	2,5%	5%
1	33,30	34,50	35,90
2	33,10	35,20	35,90
3	34,20	34,80	35,70
4	34,0	35,30	35,70
5	33,70	35,40	35,90
6	33,0	35,50	35,80
7	33,0	33,40	35,80
8	33,80	34,60	36,70
Moyenne	33,51	35,0	35,92

ANNEXE D

**TECHNIQUES DE DOSAGE
DE LA CREATININE ET DES
TRANSAMINASES**

TECHNIQUES DE DOSAGE DE LA CREATININE (Méthode cénétique) :

1 - Réactifs : - Réactif 1 : acide picrique

- Réactif 2 : NaOH

- Réactif auxiliaire : acide trichloracétique

2 - Technique :

- Etalonner l'appareil à zéro avec le blanc (eau distillée, pH 7)

- Etalon : Pipeter 1 ml d'acide picrique, 1 ml de NaOH et 0,2 ml d'étalon (réactif 3). Bien mélanger. Lire la densité optique à 500 nm après 3 mn

- Echantillon : Pipeter 1 ml d'acide picrique, 1 ml de NaOH et 0,2 ml d'étalon (réactif 3). Bien mélanger. Lire la densité optique à 500 nm après 3 mn

3 - Calcul :

$$\text{Concentration sanguine} = \frac{\text{Densité optique échantillon}}{\text{Densité optique étalon}} \times \text{concentration étalon}$$

TECHNIQUES DE DOSAGE DES TRANSAMINASES (SCE, 1974) :

	TGO	TGP
Réactif 1 (tampon phosphate, aspartate α cetoglutarate)	1 ml	-
Réactif 2 (tampon phosphate, alanine α cetoglutarate)	-	1 ml
INCUBER 5 mn à 37 °C		
Sérum	0,2 ml	0,2 ml
Mélanger et mettre à 37 °C	1 heure	30 mn
Réactif 3 (2-4 dinitrphenyl - hydrazine)	1 ml	1 ml
Mélanger, laisser reposer 20 mn à température ambiante		
Soude 0,4 N	10 ml	10 ml
Mélanger , attendre 5 mn, doser au spectrophotomètre		



32-630-253-6

32-630-253-6

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA

INSTITUT D'AGRONOMIE

THESE



En Vue de l'Obtention du Diplôme de **MAGISTER**
En Sciences Agronomiques

OPTION : PRODUCTIONS ANIMALES

UTILISATION DE L'ARGILE CHEZ LES OVINS
EFFETS SUR :

- L'ingestibilité et la digestibilité
- La valorisation de l'azote non protéique
- La croissance de jeunes agneaux

PRESENTE PAR : **OUACHEM DERRADJI**

Soutenue : 1997

Devant le jury :

- | | |
|-----------------------------|--|
| - Président : BERCHICHE. M | Maître de conférence à l'Université de Tizi- ouzou |
| - Rapporteur : GHAMRI. A. N | Chargé de cours à l'Université de Batna |
| - Examineur : BELLAL. M | Maître de conférence à L'INASA |
| - Examineur : DOGGAR. A.M | Maître de conférence à l'Université de Batna |
| - Examineur : ALLOUI. N | Chargé de cours à l'Université de Batna |
| - Invité : HOUMANI. M | Chargé de cours à l'Université de Blida |

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA

INSTITUT D'AGRONOMIE

THESE



En Vue de l'Obtention du Diplôme de MAGISTER
En Sciences Agronomiques

OPTION : PRODUCTIONS ANIMALES

UTILISATION DE L'ARGILE CHEZ LES OVINS
EFFETS SUR :

- L'ingestibilité et la digestibilité
- La valorisation de l'azote non protéique
- La croissance de jeunes agneaux

PRESENTE PAR : OUACHEM DERRADJI

Soutenue : 1997

Devant le jury :

- | | |
|-----------------------------|--|
| - Président : BERCHICHE. M | Maître de conférence à l'Université de Tizi- ouzou |
| - Rapporteur : GHAMRI. A. N | Chargé de cours à l'Université de Batna |
| - Examineur : BELLAL. M | Maître de conférence à L'INASA |
| - Examineur : DOGGAR. A.M | Maître de conférence à l'Université de Batna |
| - Examineur : ALLOUI. N | Chargé de cours à l'Université de Batna |
| - Invité : HOUMANI. M | Chargé de cours à l'Université de Blida |

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, qu'il me soit permis d'exprimer mes plus vifs remerciements à :

Monsieur : GHAMRI. A.N, Chargé de cours à l'institut d'agronomie de Batna, qui avec énormément de patience et de compétence, m'a permis, par ses conseils de mener ce travail à son terme. Ses orientations m'ont toujours aidée à affiner mes analyses.

Monsieur NOWAR. M.S, mon ex- promoteur pour m'avoir initié à la recherche et à l'intérêt qu'il a porté à mon travail. Ses orientations m'ont permis de progresser. Qu'il soit rassuré de ma profonde gratitude.

Monsieur BERCHICHE. M, Maître de conférence à l'institut d'agronomie de Tizi-ouzou pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury de thèse; qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Monsieur BELLAL. M, Maître de conférence à l'institut d'agronomie d'El Harrach, d'avoir bien voulu accepter de faire partie du jury; qu'il trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.

Monsieur DOGGAR. A.M, Maître de conférence à l'institut d'agronomie de Batna, pour avoir accepté de juger et de critiquer ce travail en faisant partie de mon jury de thèse; je lui exprime ma gratitude la plus vive.

Monsieur ALLOUI. N, Chargé de cours à l'institut des sciences vétérinaires de Batna, je lui suis particulièrement reconnaissant d'avoir accepté d'examiner et de juger ce travail , je lui exprime mes respectueux dévouements.

Monsieur HOUMANI. M, Chargé de cours à l'institut d'agronomie de Blida, de l'honneur qu'il me fait en acceptant de participer à ma soutenance de thèse. Qu'il soit rassuré de mes profonds respects.

Je ne pourrais oublier Madame RERAT. C, Monsieur TAHA. M, de l'unité centrale de documentation de l'INRA de JOUIS- en - JOSAS PARIS. Pour leurs aides, si précieuses, sans qui une bonne partie de ce travail n'aurait pu se réaliser. Je voudrais qu'ils sachent que je leur suis très reconnaissant.

Mes remerciements vont également à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents pour leurs amour, sacrifices, aides et soutien.

Ma femme pour son soutien moral, sa sympathie et sa gentillesse .

Mes adorables enfants.

Mes frères et soeurs.

DERRADJI

SOMMAIRE

Résumés	1
Introduction	4

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1: IMPORTANCE DE L'ECOSYSTEME MICROBIEN CHEZ LES RUMINANTS

I - Les micro-organismes du rumen - colonisation - localisation - adhesion	6
I - 1 Les micro-organismes du rumen et leurs fonctions	6
I - 1 - 1 Les bactéries	6
I - 1 - 2 Les protozoaires	7
I - 1 - 3 Les champignons	8
I - 2 Colonisation microbienne du rumen	9
I - 2 - 1 Colonisation par les Bactéries	9
I - 2 - 2 Colonisation par les protozoaires	10
I - 2 - 3 Colonisation par les champignons	10
I - 3 Localisation et adhesion des micro - organismes dans le rumen	10
II - Facteurs déterminant les équilibres microbiens dans le rumen	11
II - 1 Le pH	11
II - 1 - 1 Les valeurs normales du pH	12
II - 1 - 2 Les valeurs anormales du pH	12
a - L'acidose	12
b - L'alcalose	12
II - 1 - 3 Le pH, facteur d'orientation de l'activité microbienne	13
II - 2 La croissance microbienne	13
II - 3 Affinité pour le substrat	13
II - 4 Besoins énergétiques	15
II - 5 Régime alimentaire	15
II - 6 Manipulation au moyen d'additifs chimiques	16
II - 7 Les probiotiques	16
II - 8 Les minéraux	17
II - 8 - 1 Le cobalt	17
II - 8 - 2 Le magnésium	17
II - 8 - 3 Le phosphore	18
II - 8 - 4 Le soufre	18
III - Fonctions toxifiantes et détoxifiantes des micro - organismes du rumen	19
III - 1 Fonctions détoxifiantes	19
III - 2 Fonctions toxifiantes	19
IV - Comment optimiser le fonctionnement du rumen	20
IV - 1 Effets des ionophores	21
IV - 2 Facteurs de croissance des microbes du rumen	21
IV - 3 Les inhibiteurs de protéolyse ou de désamination	22
IV - 4 Ajout de substances tampon	22

IV - 5 La défaunation du rumen	23
IV - 5 - 1 Effet sur l'écosystème microbien	23
IV - 5 - 2 Effet sur la digestion de l'azote dans le rumen	23
IV - 5 - 3 Effets sur les produits terminaux des fermentations ruminales	23
IV - 5 - 4 Effets sur les performances animales	24

CHAPITRE II: L'ARGILE DANS L'ALIMENTATION DES ANIMAUX DOMESTIQUES

I - Généralités sur les argiles	25
I - 1 Leur origine	25
I - 2 Leur constitution	25
I - 3 Leurs propriétés	25
I - 3 - 1 Caractère hydrophile	25
I - 3 - 2 Propriétés physico - chimiques	25
a - Pouvoir absorbant et mécanismes d'échange d'ions	25
b - Les ions fixés à l'argile sont échangeables	26
c - Nature des cations fixés	26
d - La capacité totale d'échange	27
II - Utilisation des argiles dans l'alimentation des animaux domestiques	28
II - 1 Action de l'argile au niveau du rumen	28
II - 1 - 1 Action sur le pH	28
a - Protection contre les acidoses	28
b - Protection contre les alcaloses	30
II - 2 Action sur la population microbienne	31
II - 3 Action sur le mélange des acides gras volatils	32
II - 4 Effet de l'argile sur la digestibilité	33
II - 5 Effet de l'argile sur l'ingestibilité	35
II - 6 Effets de l'argile sur les performances animales	37
II - 6 - 1 Effet sur le gain de poids	37
II - 6 - 2 Effet sur la production laitière et le taux butyreux	39
II - 6 - 3 Effet sur les paramètres de reproduction	40
II - 6 - 4 Effet sur les performances aviaires	40
II - 7 Rôle protecteur contre certaines maladies métaboliques	41
II - 7 - 1 Protection contre la fièvre vitulaire	41
II - 7 - 2 Protection contre la tétanie d'herbage	42
II - 7 - 3 Protection contre la cétose	42
II - 8 Rôle protecteur contre les toxines	43
III - Autres utilisations	44
III - 1 Utilisation dans la préparation de produits pharmaceutiques	44
III - 2 Utilisation dans l'amélioration des sols	45

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

OBJECTIFS DE L'ETUDE	46
----------------------	----

ESSAI N° 1: Effet de l'argile sur l'igestibilité, la digestibilité et possibilités d'intoxications

I - 1 Dispositif expérimental	46
I - 2 Techniques analytiques	48
I - 2 - 1 La matière sèche	48
I - 2 - 2 Les matières azotées totales	48
I - 2 - 3 La matière grasse	48
I - 2 - 4 Les cendres brutes	48
I - 2 - 5 La cellulose brute	49
I - 2 - 6 Chimie des urines	49
a - Les corps cétoniques	49
b - La bilirubine	49
c - Le glucose	50
d - Le sang	50
e - Le pH	50
I - 2 - 7 Profil sérologique	50
a - La créatinine	50
b - Les transaminases	50
I - 2 - 8 La capacité d'échange cationique	51
I - 2 - 9 Identification de l'argile	51
I - 3 La digestibilité	51
4 Analyse statistique	51

ESSAI N° 2 : Effet de l'argile sur la valorisation de l'azote non protéique, l'ingestibilité et la digestibilité

II - 1 Dispositif expérimental	52
II - 2 Le bilan azoté	53
II - 3 Calcul des PDIE - PDIN	53
II - 4 Analyse statistique	53

III -ESSAI N° 3 : Effet de l'argile sur la croissance de jeunes agneaux

III - 1 Dispositif expérimental	53
---------------------------------	----

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

I - ESSAI N° 1

I - 1 Résultats	55
I - 2 Discussions	56
I - 3 Conclusion	58

II - ESSAI N° 2

II - 1 Résultats	59
II - 2 Discussions	60
a - Ingestibilité	60
b - Le bilan azoté	61
c - La digestibilité	62
d - Chimie des urines et profils sérologiques	63
- Les corps cétoniques	63
- La bilirubine	63
- Le pH	64
- La créatinine	64
- Les transaminases	65
II - 3 Conclusion	66

III - ESSAI N° 3

III - 1 Résultats	67
III - 2 Discussions	68
III - 3 Conclusion	69

CONCLUSION GENERALE	70
---------------------	----

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	71
-----------------------------	----

ANNEXES	78
---------	----

LISTE DES ABREVIATIONS

AGV	: Acides gras volatils.
Al	: Aluminium.
B	: Bentonite
Ca	: Calcium
CB	: Cellulose brute.
CEC	: Capacité d'échange cationique.
CUD	: Coefficient d'utilisation digestive.
Fe	: Fer.
Fig.	: Figure.
g	: Gramme.
GMQ	: Gain moyen quotidien.
h	: Heure.
IC	: Indice de consommation.
ITEBO	: Institut technique de l'élevage bovin et ovin.
ITPE	: Institut technique des petits élevages.
J	: Jour
kg	: Kilogramme.
l	: litre.
MAT	: Matières azotées totales.
mg	: Milligrammes.
MG	: Matière grasse.
Mg	: Magnésium.
ml	: Millilitre.
MM	: Matière minérale.
mn	: Minute.
MO	: Matière organique.
MS	: Matière sèche.
N	: Azote.
nm	: nanomètre (10^{-9} m).
Na	: Sodium.
NaB	: Bentonite sodique.
ONAB	: Office national des aliments de bétail.
P	: Phosphore.
PDIE	: Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie.
PDIM	: Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne.
PDIN	: Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote.
Pds.	: Poids.
ppm	: Particule par million.
t	: tour.
t°	: Température.
Tab.	: Tableau.
TB	: Taux Butyreux.
TGO	: Transaminases glutamiques oxaloacétique.
TGP	: Transaminases glutamiques puryviqve.
λ	: Longueur d'onde.

Résumé :

Trois expériences ont été effectuées pour déterminer l'effet de l'addition de l'argile chez les ovins, en vue d'améliorer le rendement de la digestion de la ration distribuée, d'accroître l'ingestion de matière sèche, de voir le devenir d'un excès d'ammoniac apporté par l'urée et le comportement des animaux vis à vis de cet excès. Et enfin, d'étudier l'effet de l'argile sur la croissance de jeunes agneaux.

Dans le premier essai, l'aliment se composait de foin de triticale distribué ad libitum et de concentré ovin complété de 0 - 5 ou 10 % d'argile dans un dispositif expérimental faisant appel à 12 béliers de poids vif moyen, égal à 60 kg répartis en trois lots de 4 et à une période d'essai de 15 jours. Incorporée à raison de 10 % dans le régime, l'argile n'améliore ni l'ingestion de la matière sèche ni le rendement de la digestion et on assiste à une réduction significative de ces paramètres.

En revanche, la dose de 5 %, améliore d'une manière significative la digestibilité des matières azotées totales de 6,8 points par rapport au témoin (P= 0,007), l'ingestibilité a été également améliorée de 3,5 points. La chimie des urines et le dosage des transaminases ont exclus les possibilités d'intoxication par l'argile. Quoique, la dose de 10% a affectée le métabolisme sans pour cela qu'elle engendre des conséquences pathologiques sur les fonctions rénales et hépatiques .

Dans le second essai, la même quantité de concentré ovin a été distribuée aux 3 lots, supplémentée par une même quantité d'urée et complétée de 0 - 2,5 et 5% d'argile, avec un déséquilibre volontaire entre PDIE et PDIN. Le foin étant distribué à volonté.

Par rapport aux témoins et 2,5 %, l'argile à raison de 5% améliore significativement le bilan azoté par une meilleure efficacité d'utilisation de l'urée confirmée par la chimie des urines et le dosage des transaminases

($P < 0,00001$). Elle a amélioré également d'une manière significative la digestibilité de la cellulose brute ($P = 0,002$), des matières minérales ($P = 0,04$), et celle de la matière grasse ($P = 0,02$). L'ingestion du foin a été amélioré de 13,3 points. En revanche , aucune des proportions d'argile n'améliore la digestibilité de la matière sèche ($P = 0,007$) ou celle de la matière organique ($P = 0,12$). Les dosages sérologiques et la chimie des urines ont montré que l'urée n'a pas été valorisée au maximum en l'absence d'argile et que les risques de toxicité ont été écartés chez les lots recevant l'argile.

Dans le 3^{ème} essai, 24 jeunes agneaux, âgés de 5 mois \pm 1 semaine, de poids vif moyen égal à 25,4 kg ont été mis sur parcours. Dès leur retour le soir, un concentré ovin leur est offert, additionné de 0 - 2,5 et 5 % d'argile, durant une période de 8 semaines. Par rapport aux témoins, les proportions d'argiles améliorent d'une manière significative les gains moyens quotidiens de 2,5 et 1,5 kg respectivement pour les lots 5% et 2,5 % ($P < 0,00001$).

SUMMARY :

Three experiments were carried to determine the effectiveness of clay added to ovine to improve diet digestion yield, to increase dry-matter intake, to see ammoniac excess carried by urea and animals behavior in relation to excess and finally to study clay effect on young lambs growth.

In the first trial, the feed consisting of triticale hay distributed ad libitum and ovine concentrate, supplemented with 0 - 5 or 10 % clay in experiment utilizing 12 sheep (live weigh 60 Kg distributed in 3 groups of 4 and 15 day test periods incorporated in 10 % diet clay in proves neither dry matter intake nor digestion yield.

However, 5 % improves significantly the total nitrogen digestibility 6.8 points compared to controls ($P = 0.001$). In take was also improved 3.5 points chemical urine and transaminases levels excluded the possibility of intoxication by clay.

But; the level of 10 % affected the metabolism without pathological consequences on liver and kidney functions.

In the second trial, the same amount of ovine concentrate was distributed to 3 groups with the same amount of urea and supplemented with 0 - 2.5 and 5 % clay with no balance between PDIE and PDIN - hay distributed ad libitum.

Compared to controls and (2.5 %), clay (5%) improved nitrogen results with a good use of urea. Clay improved cellulose digestibility ($P = 0.002$) minerals ($P = 0.04$), fat (0.02), hay intake 13.3 points. However, neither dry matter digestibility ($P = 0.007$) or organic matter ($P = 0.12$) was improved by clay levels.

In the third trial, 24 young lambs (5 months \pm 1 week old, average of live weigh = 25.4 kg) were put in grazing grounds, when returning with evening they were given on ovine concentrate supplemented with 0 - 2.5 and 5 % of clay in a period of 8 weeks. Compared to controls, clay levels improved daily average gains of 2.5 and 1.5 kg respectively for the lots of 5% and 2.5 % ($P < 0.00001$).

INTRODUCTION:

L'alimentation des ruminants en Algérie, est caractérisée par une ration de base composée essentiellement de pailles de céréales et de foin de vesce avoine. Malheureusement le plus souvent récoltés et stockés dans de mauvaises conditions, ce qui leur confert une valeur fourragère médiocre; les rendant peu ou mal appréciés par les animaux.

L'aspect quasi-endémique qui marque l'alimentation animale en Algérie, risque de s'aggraver d'avantage car des signes certains commencent à montrer que la production animale ne peut suivre le rythme de l'expansion démographique et rattraper le niveau de la demande.

Pour remédier à cette situation, beaucoup de travaux ont été entrepris durant les dernières décennies et ont portés sur :

- La valorisation des sous produits locaux (gland, pulpes d'agrumes, grignons d'olives, amandes d'abricots, pulpe de tomate, farine de volailles, etc...)
- Les traitements chimiques des pailles à l'ammoniac et à l'urée.
- Les traitements physiques .(broyage, compostage...) .

Cette étude vient s'ajouter en complément à ce qui a été fait jusqu'à l'heure actuelle, dans l'espoir d'apporter un plus appréciable en vue d'augmenter la productivité des ressources animales en agissant sur des facteurs purement intrinsèques à l'animal. En effet, alimenter un ruminant c'est d'abord nourrir une microflore. La microflore travaille pour elle même, laissant à l'hôte une part du substrat alimentaire qui a échappé à son attaque. Il s'agit des déchets de son métabolisme (comme les acides gras volatils, qui seront un très bon carburant énergétique pour le ruminant et des gaz), ainsi que ses propres constituants tels que les protéines microbiennes (sources de PDIM) et l'ensemble des vitamines du complexe B.

En contre partie, cette microflore, qui est un associé obligatoire et prioritaire, exige le meilleur équilibre nutritionnel pour elle même ainsi que des conditions de milieu stable. (pH, besoins en minéraux, adhésion etc...), à défaut, surviennent des troubles par changement brutal de régime, par manque

de lest, excès de glucides fermentescibles, abus de protéines dégradables à l'origine de problèmes digestifs.

On conçoit donc tout l'intérêt de tirer parti au mieux de l'originalité digestive des ruminants en stimulant l'activité microbienne et en l'orientant pour qu'elle profite le plus possible à la productivité, à la santé et à la qualité des productions .

Une réponse à cette préoccupation est offerte par l'utilisation de l'argile, qui grâce à son pouvoir tampon, et sa capacité d'échange cationique et d'adsorption serait capable de modifier le milieu ruminal en faveur des micro-organismes. Il en résulte ainsi, un meilleur rendement digestif et des améliorations dans les productions.

Dans la première partie de ce travail, on se propose de montrer en premier lieu, la plus grande importance de la population microbienne dans les processus de fermentations chez les ruminants, et en second lieu montrer les principales caractéristiques des argiles et les différents intérêts de leurs utilisations dans l'alimentation des animaux domestiques.

La seconde partie est réservée :

- D'une part, à l'étude de l'effet de l'argile sur l'ingestibilité, la digestibilité et la valorisation d'une source d'azote non protéique. (à travers le bilan azoté, la chimie des urine et le profil sérologique)

- D'autre part, tester l'efficacité de l'argile sur la performance de croissance de jeunes ovins .

PREMIERE PARTIE

ETUDE

BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

IMPORTANCE DE L'ECOSYSTEME MICROBIEN CHEZ LES RUMINANTS

Grâce à la présence d'une population microbienne dense et variée dans le rumen, la digestion chez les ruminants présente deux avantages par rapport aux autres animaux :

- Ils peuvent dégrader la paroi cellulaire des plantes.
- Ils sont capables d'utiliser l'azote non protéique pour synthétiser des protéines.

De ce fait, les ruminants sont particulièrement bien adaptés à l'utilisation des fourrages grossiers à faible teneur protéique.

Le développement de la recherche au cours des 20 dernières années a permis de maîtriser l'activité microbienne dans le rumen et d'orienter les fermentations vers la formation de produits terminaux permettant à l'animal de tirer un meilleur profit.

Ce chapitre décrit le comportement de la population du rumen vis à vis des conditions physico-chimiques du milieu, les conditions de son développement et sa croissance en décrivant le rôle respectif des bactéries, des protozoaires et des champignons.

I - LES MICRO - ORGANISMES - COLONISATION - LOCALISATION ET ADHESION:

I - 1 - LES MICRO-ORGANISMES DU RUMEN ET LEURS FONCTIONS:

Le rumen est un écosystème spécifique anaérobie où les composants des aliments linguo-cellulosiques sont dégradés et fermentés par une microflore abondante et diversifiée.

I - 1 - 1 - LES BACTERIES :

Les bactéries sont les micro-organismes les plus nombreux (la moitié de la biomasse microbienne), leur concentration peut atteindre 10^{11} cellules vivantes / ml. Elles sont essentielles pour les ruminants qui ne peuvent survivre sans elles. Actuellement on compte environ 200 espèces dont soixante ont été décrites.

Selon JOUANY (1978), la biomasse microbienne représente environ 1 kg de matière sèche chez la vache. Les 2/3 de cette biomasse sont associés à des particules solides alors que seulement 1/3 est présent dans la phase liquide des digesta.

Elles ont été classées selon leur capacité à dégrader certains substrats et à les utiliser pour se développer ou pour produire certains métabolites. HUNGATE (1966), a proposé de les répartir en bactéries :

- Cellulolytiques (*Ruminococcus flavefaciens* et *Ruminococcus albus*) qui seraient plus actives dans la dégradation des parois végétales. La plupart des bactéries cellulolytiques ont aussi des activités hémicellulolytiques;

- Amylolytiques (*Streptococcus bovis*, *Succinomonas amylolytica*) possédant la faculté d'utiliser l'amidon. La chute du pH stimule le développement de cette espèce et inhibe la plupart des autres;

- Hémicellulolytiques (*Fibrobacter succinogenes*) ayant une activité hydrolytique élevée à l'égard de la cellulose;

- Lipolytiques (*Anaérovibrio lipolytica*) contribuant à l'hydrogénation des lipides et à la protéolyse;

- Protéolytiques (*Megasphaera elsdenii*); qui croit à partir d'acides aminés quand les glucides sont absents;

- Méthanogènes (*Méthanobactérium ruminantium*) fermentant les glucides en méthane, diminuant ainsi le rendement énergétique.

I - 1 - 2- LES PROTOZOAIRE :

Les ciliés sont les protozoaires les plus importants en nombre (10^6 / ml) et par leur influence sur la digestion. On distingue deux groupes:

- Les holotriches

- Les entodiniomorphes.

Les ciliés sont 20 à 100 fois plus grands en taille que les bactéries mais ils sont 10^4 fois moins nombreux. Leur biomasse (40 % de la population totale) est distribuée entre les particules solides et la phase liquide (JOUANY, 1994).

Les protozoaires entodiniomorphes ont une grande capacité à ingérer des particules solides de petite taille comme les grains d'amidon et les fibres cellulosiques. Ils ingèrent aussi continuellement les bactéries (HUNGATE, 1966).

Ils sont plus exigeants que les bactéries en besoins nutritionnels et sont plus sensibles aux conditions physico-chimiques du milieu. Leur activité est influencée par le pH du milieu; elle est optimum à pH = 6,0 et minimum à pH = 5,0 (JOUANY,1994).

Selon le même auteur, la concentration des protozoaires dépend en grande partie de l'aliment utilisé, ainsi les entodiniomorphes se développent bien avec des régimes mixtes mais peuvent disparaître quand la part du concentré dépasse 75 % de la ration.

Les ciliés sont capables de fermenter les glucides, de stocker l'énergie après ingestion et d'ingérer les particules végétales colonisées par les bactéries. Ils sont aussi protéolytiques comme les bactéries, leurs fonctions se résume en :

- Une action d'utilisation des protéines présentes dans les particules solides ou insolubles. Cependant, cette action reste faible à celle des bactéries (6 à 10 fois moins);
- Une action d'ingestion des protéines alimentaires et bactériennes représentant les principales sources d'acides aminés.

D'autres part, JOUANY (1978) a montré que :

- La présence de ciliés avait un effet bénéfique sur l'augmentation de la digestion de la matière organique;
- Les protozoaires sont particulièrement affectés par le rendement énergétique des régimes peu digestibles;
- La défaunation contribue à élever d'une manière significative le bilan des acides aminés dans le duodénum avec les régime pauvres en protéines.

I - 1 - 3 - LES CHAMPIGNONS :

C'est le dernière population microbienne découverte au niveau du rumen. Leur présence a été également signalée au niveau du caecum, le colon et les fèces. Ils sont abondants avec les régimes riches en fourrages grossiers où leur concentration peut atteindre 10^3 / ml.

La colonisation des tissus végétaux débute peu après l'ingestion des aliments par les animaux (15 à 30 minutes). Les champignons produisent de grandes quantités d'enzymes impliquées dans la digestion des glucides de la paroi végétale (exocellulases, endocellulases, cellodextrinases) pour former du cellobiose qui est ensuite fermenté. Ils peuvent aussi solubiliser les formes les plus résistantes de cellulose, telles que les fibres de coton (HILLAIRE et al, 1990 cités par JOUANY, 1994).

In vitro, les champignons fragilisent les tissus végétaux et réduisent la taille des particules végétales placées en incubation (JOBLIN, 1989). Leur efficacité peut-être égale ou même supérieure à celle des bactéries cellulolytiques ou de la population microbienne totale du rumen. (WINDHAM et AKIN 1984, AKIN et al 1989), probablement à cause de leurs rhizoïdes capables de pénétrer les tissus végétaux (BERNALIER et al 1992 , ROGER et al 1992 et 1993 rapportés par FONTY et al, 1995).

In vivo, la contribution des champignons à la dégradation des parois végétales ainsi qu'aux processus fermentaires est loin d'être connue. Leur élimination réduirait sensiblement la digestibilité in situ de la matière sèche de la paille et contribuerait à augmenter la proportion d'acide propionique (FORD et al, 1987).

I - 2 - COLONISATION MICROBIENNE DU RUMEN :

1 - 2 - 1 COLONISATION PAR LES BACTERIES :

Dés la naissance, le rumen du jeune veau, aussi bien que celui de l'agneau, est rapidement colonisé. A l'âge de deux jours la population atteint 10^9 bactéries / ml de contenu et se situe dès la première semaine à un niveau comparable à celui rencontré chez les ruminants adultes.

L'installation de ces espèces bactériennes précède donc la consommation d'aliments solides et la présence de fibres végétales n'est pas non plus nécessaire à leur maintien dans le rumen puisqu'on les retrouve à un niveau relativement élevé chez des animaux nourris exclusivement au lait (FONTY et al, 1995).

I - 2 - 2 COLONISATION PAR LES PROTOZOAIRE :

La transmission de ciliés d'un animal à l'autre s'effectue par transfert direct de salive contenant ces micro - organismes.

Les protozoaires sont les derniers micro - organismes à apparaître dans le rumen du jeune animal. FONTY et al (1995), estiment le temps de colonisation entre 14 et 21 jours. La totalité des ciliés disparaît temporairement pour des raisons encore non expliquées, au cours du troisième mois. Une période de défaunation naturelle, entre 2 et 4 mois après la naissance, a également été observée chez des agneaux recevant une alimentation mixte (PETKOVet ENEV,1979).

L'allaitement maternel, qui contribue à maintenir un pH proche de la neutralité, favorise l'implantation des ciliés, tandis que la distribution de concentré conduit à la disparition de la plupart d'entre eux et leur nombre s'abaisse lorsque le pH est inférieur à 6 (EADIE, 1962).

I - 2 - 3- COLONISATION PAR LES CHAMPIGNONS :

La colonisation est très précoce puisque ceux ci apparaissent 8 à 10 jours après la naissance (FONTY et al, 1987).

Selon les mêmes auteurs, il semble que leur développement ultérieur soit conditionné par la composition de la ration, puisque ces micro - organismes disparaissent vers l'âge de trois semaines chez la plupart des agneaux recevant du concentré, alors qu'elle reste stable chez des agneaux nourris avec de la luzerne déshydratée.

I-3 -LOCALISATION ET ADHESION DES MICRO-ORGANISMES DANS LE RUMEN :

Selon FONTY et al (1995), les populations microbiennes du rumen sont localisées au niveau de trois niches écologiques bien distinctes. De ce fait, les micro-organismes sont :

- Soit libres dans le milieu liquide;
- Soit adhérents à la muqueuse du rumen;
- Soit fixés aux particules alimentaires.

D'après les mêmes auteurs, les fragments végétaux qui entrent dans le rumen sont rapidement colonisés par les bactéries, les champignons et les protozoaires.

JOUANY (1994), rapporte que certains protozoaires peuvent se fixer sur les particules solides mais cela ne constitue pas la principale caractéristique de leur comportement, ils ingèrent de petites particules qu'il digèrent ensuite. La capacité d'adhésion permet aux micro - organismes d'augmenter leur temps de rétention dans le rumen et de rendre leur action plus efficace en concentrant les enzymes hydrolytiques sur leur tissu cible. L'adhésion apparaît donc comme la première étape essentielle dans le processus de la cellulolyse.

Selon GRENET et BARRY, (1988) cités par JOUANY (1994), le parenchyme est colonisé par un grand nombre de bactéries, alors que les parois épaisses des tissus vasculaires ou du sclérenchyme, qui sont lignifiées, sont surtout colonisées par les champignons .

Toujours, d'après les mêmes auteurs, les champignons peuvent avoir accès aux tissus cellulotiques au moyen de leur rhizoïdes qui pénètrent en profondeur les fragments végétaux. Bien qu'ils se fixent principalement sur les tissus lignifiés, il n'existe aucune preuve qu'ils utilisent la lignine comme source d'énergie (FONTY et al, 1995).

La proportion de la population bactérienne fixée aux parois végétales varie de 50 à 70 % de la population totale.

Les bactéries cellulolytiques adhèrent de préférence aux parois endommagées mécaniquement par la mastication ou par traitement chimique. (LATHAM et al, 1979).

II - FACTEURS DETERMINANT LES EQUILIBRES MICROBIENS DANS LE RUMEN :

II -1 - LE pH :

Une des priorités dans les processus vitaux chez les animaux supérieurs, est le souci permanent d'assurer une stabilité du milieu intérieur; cela concerne aussi bien l'homéothermie (stabilité de la température corporelle) que l'équilibre acido-basique c'est à dire la constance du pH (concentration en ions H^+).

II - 1 - 1 LES VALEURS NORMALES DU pH :

Le pH du rumen peut apparaître comme très fluctuant, l'étendue de ces variations indique un déficit des moyens régulateurs face aux causes de perturbation.

La définition d'une gamme normale ne peut donc se faire que vis à vis d'un rumen sain et en fonctionnement. La principale source de variation du pH est la fermentation des aliments. Les substrats glucidiques (cellulose, amidon) sont une source d'acides, alors que les substrats azotés peuvent imposer un déplacement dans le sens de l'alcalinité, surtout s'ils peuvent libérer, rapidement de l'ammoniac. La finesse de la granulométrie accroît la fermentescibilité de la ration et tend à abaisser le pH (FONTY et al, 1995).

II - 1 - 2 LES VALEURS ANORMALES DU pH :

Des déviations excessives du pH du rumen sont la conséquence de déséquilibres des fermentations induites par l'apport d'aliments dont les caractéristiques chimiques, physiques ou quantitatives étaient inadaptées.

a - L'ACIDOSE :

L'apport excessif et brutal de substrats amylacés générateurs d'acide lactique est la cause d'une baisse marquée du pH du rumen. Les valeurs de pH les plus basses trouvées lors de la mort des animaux sont généralement égales ou inférieures à 5,0 (FONTY et al, 1995).

b - L'ALCALOSE :

La situation dite d'alcalose du rumen a été étroitement associée à la distribution excessive ou mal ajustée d'azote non protéique, et désignée sous l'appellation courante `` d'intoxication par l'urée ``.

L'observation d'une valeur élevée de pH, dans la gamme de 8 à 8,5 ne signifie pas obligatoirement qu'il y -ait un état d'alcalose par libération excessive d'ammoniac. En effet, FONTY et al, (1995) soulignent qu'une mise à jeun de 24 heures chez le mouton, entraîne une augmentation du pH ruminal à la valeur de 8,0 , suite au remplacement progressif du contenu du rumen par la sécrétion salivaire.

II -1- 3 - LE pH, FACTEUR D'ORIENTATION DE L'ACTIVITE MICROBIENNE :

Le maintien du pH du rumen au voisinage de la neutralité par addition de substances tampons à la ration, ou par substitution de glucides lentement fermentescibles aux céréales, permet de limiter l'augmentation de la proportion du lactate et de conserver à la ration une efficacité satisfaisante.

La baisse du pH étant un facteur de réduction de l'attachement microbien, c'est ainsi qu'in vitro, la transition du pH de la gamme 6,2 - 7 à 5,8 entraîne une baisse de l'attachement de 43% et une baisse de la digestibilité de la cellulose de 32,5 % à 8,1 % (SHRIVER,1991 rapporté par FONTY et al, 1995).

Le pH exerce une pression de sélection sur les bactéries, surtout lorsqu'il diminue assez pour que l'acidité détruise la plupart d'entre - elles. Il en résulte une inhibition de la production d' A .G.V alors que, parallèlement, les bactéries lactiques sont favorisées. L'influence du pH sur la prolifération des bactéries a fait l'objet de nombreuses études qui ont permis de montrer la diminution de la croissance de la plupart des bactéries entre pH = 6,0 et pH = 5,0 , et la résistance de certaines espèces " Streptococcus bovis par exemple à des pH plus bas: 4,5 à 4,0 " (RUSSELL et al, 1979).

II - 2 - LA CROISSANCE MICROBIENNE :

Les différentes espèces microbiennes du rumen se sont progressivement adaptées à coexister dans un écosystème en développant entre elles des interactions multiples et complexes qui lui confèrent une stabilité remarquable.

Le taux maximum de croissance est différent d'une espèce à l'autre et dépend à la fois de la source d'énergie, du pH et de la concentration d'ammoniaque (FONTY et al, 1995).

II - 3 - AFFINITE POUR LE SUBSTRAT :

L'utilisation préférentielle d'un substrat par une espèce bactérienne lui permet de sélectionner celui qui assurera la croissance la plus efficace. Ce phénomène explique pourquoi plusieurs espèces capables d'utiliser les mêmes

substrats, et par conséquent d'occuper les mêmes niches écologiques, peuvent coexister sans être nécessairement en compétition.

Lorsque les substrats solubles sont en faibles concentration, ce qui est le cas avec certains régimes alimentaires, les bactéries ne peuvent croître à leur taux maximum de croissance et l'affinité pour le substrat devient alors un déterminant majeur de la croissance et des compétitions bactériennes (tab. I). Ainsi le xylose, qui peut être utilisé par trois espèces, ne subit pas de répression chez Selenomonas ruminantium qui sera vraisemblablement une meilleure consommatrice de ce glucide que les deux autres.

De même, Megasphaera elsdenii et Selenomonas ruminantium peuvent métaboliser le lactate mais, dans le rumen, Selenomonas ruminantium n'en sera parait-il qu'une faible utilisatrice puisque l'utilisation de ce substrat sera réprimée en présence de glucose, maltose, saccharose et xylose.

Tableau I : Substrats préférentiels de quelques espèces bactériennes du rumen (RUSSEL et BALDWIN, 1978).

ESPECE	SUBSTRATS					
	Glucose	Maltose	Saccharose	Cellobiose	Xylose	lactate
<i>Selenomonas ruminantium</i>	P	P	P	R	P	R
<i>Provetella ruminicola</i>	P	P	P	R	-	-
<i>Megasphaera elsdenii</i>	P	P	R	-	-	P
<i>Streptococcus bovis</i>	P	R	P	R	R	-
<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	R	P	P	R	R	-

P: Substrat préférentiel, utilisation non inhibée par les autres substrats.

R: Utilisation inhibée par les autres substrats.

- : substrats non utilisés.

II - 4 - BESOINS ENERGETIQUES :

Les bactéries ont besoin d'énergie pour leur croissance et cette dernière ne peut avoir lieu que lorsque les exigences en énergie d'entretien sont satisfaites . L'énergie d'entretien est très variable entre les espèces. A cet effet, une espèce dont le besoin en énergie d'entretien est moindre, va croître plus rapidement et devenir dominante. Ainsi, Butyrivibrio fibrisolvens , dont le besoin en énergie d'entretien est modéré , se trouve en nombre élevé chez les animaux recevant des fourrages pauvres alors que Streptococcus bovis, dont les besoins en énergie sont au contraire importants, n'est dominante que dans le cas de régimes riches en céréales (FONTY et al, 1995).

II - 5 - REGIME ALIMENTAIRE :

Compte tenu de la présence d'espèces microbiennes spécialisées dans la dégradation de différents substrats, toute modification du régime entraîne celles de la flore et de la faune du rumen. Les plus évidentes apparaissent dans la transition d'un régime fourrage vers un régime riche en concentré qui abaisse le pH.

Quantitativement, la micro flore augmente avec prolifération de streptocoques (S.bovis), de lactobacilles du genre Megasphaera qui utilise le lactate alors que Butyrivibrio et les espèces Cellulolytiques sensibles aux pH faibles régressent, entraînant une diminution de la cellulolyse (FONTY et al, 1995).

La population fongique est d'autant plus abondante avec des rations riches en lingo-cellulose. Les foins de luzerne ou de prairie naturelle sont particulièrement favorables au développement des champignons, contrairement à des rations à base de betteraves ou de fourrages verts pauvres en tiges ou d'herbe jeune. (GRENET et al, 1989)

Avec les régimes riches en amidon, le pH du rumen, généralement inférieur à 5,5 est défavorable aux champignons (FONTY et al, 1995).

II - 6 - MANIPULATION AU MOYEN D'ADDITIFS CHIMIQUES :

Les additifs chimiques sont employés pour modifier l'équilibre microbien du rumen et orienter le métabolisme vers la formation de produits mieux utilisés par l'animal. Le méthane contribue à une perte importante d'énergie (8 % de l'énergie brute des aliments). Cette situation a incité les chercheurs à rechercher des molécules inhibant la méthanogénèse, parmi celle-ci les acides gras à longue chaîne (FONTY et al, 1995).

Selon les mêmes auteurs, l'activité des enzymes impliquées dans la désaimantions est partiellement inhibée en présence de certains ions métalliques (Ag^+ , Cd^{++} , Cu^{++} , Hg^{++}).

De même, l'ajout de substances ayant un pouvoir tampon élevé ($NaHCO_3$, MgO , Na_2CO_3) a été envisagé avec des rations riches en glucides fermentescibles afin de limiter les risques d'acidose.

II - 7 - LES PROBIOTIQUES :

Les probiotiques sont des préparations de micro - organismes vivants sous forme sèche. Selon MATTHEWS (1988), les deux types de micro - organismes utilisés sont des levures vivantes (Saccharomyces cervisiae) ou des champignons (Aspergillus oryzae).

Leur emploi est préconisé pour améliorer la croissance de jeunes ruminants. Les probiotiques peuvent modifier les fermentations microbiennes dans le rumen (FONTY et al, 1995). De même, ils semblent avoir un rôle stimulateur de la croissance des micro - organismes du rumen, en particulier des bactéries cellulolytiques lors de la diminution du pH ruminal en stimulant les espèces capables d'utiliser l'acide lactique (NISBET et MARTIN, 1991 cités par FONTY et al, 1995).

Selon DEVISM (1988), l'addition de cultures de levures améliore l'activité cellulolytique des bactéries et augmente la digestibilité et l'ingestibilité des fourrages .

II - 8 - LES MINERAUX :

Les minéraux ont une importance cruciale dans la stabilité de l'environnement ruminal, auquel l'activité bactérienne est particulièrement sensible. Ils interviennent dans le métabolisme microbien (croissance, cellulolyse et protéosynthèse). Si les apports fourragers couvrent en général les besoins des bactéries notamment en calcium, sodium et potassium, les apports en magnésium sont parfois limités. Or certaines bactéries en ont besoin pour pouvoir se fixer sur les fibres végétales (MESHY, 1993).

Selon le même auteur, les besoins bactériens en phosphore et en soufre sont supérieurs à ceux de la vache. Il en serait de même pour le cobalt.

II - 8 - 1 - LE COBALT :

Les micro - organismes du rumen utilisent principalement le cobalt pour la synthèse de la vitamine B12 (cobalamine).

En 30 - 40 minutes, les bactéries ruminales fixent 80 - 85 % du cobalt libéré. Certaines souches microbiennes diminuent chez les ruminants recevant une ration pauvre en cobalt (POLLOCK, 1994). Les bactéries qui digèrent la cellulose, semblent les plus exigeantes. Ainsi, selon FONTY et al (1995), l'addition de 0,1 mg de cobalt/kg MS à un régime à base de paille traitée stimule la dégradation de la cellulose in vivo (en sachets de Nylon).

L'apport de cobalt limite les risques de toxicité du sélénium en le transformant en dérivés nettement moins toxiques grâce à une enzyme, dont la synthèse dépend de la vitamine B12 donc du cobalt (POLLOCK, 1994).

II - 8 - 2 - LE MAGNESIUM :

Il est nécessaire à la croissance de la plupart des micro - organismes.

ROGER et al (1990), soulignent que le magnésium active les cellulases et en combinaison avec le calcium, il améliore l'adhésion de Ruminoccus flavefaciens à la cellulose. Ceci, a été confirmé par MESCHY (1993) en affirmant que certaines bactéries ont un besoins en magnésium pour pouvoir se fixer sur les

fibres végétales et que l'effet négatif sur la cellulolyse peut être réduit ou même supprimé par l'addition de Ca^{2+} .

En pratique, les principales carences en magnésium se rencontrent avec les fourrages pauvres et les pailles. Les pH élevés et les fortes concentrations ruminales d'ammoniac et de phosphore réduisent la disponibilité du magnésium (FONTY et al, 1995).

II - 8 - 3 - LE PHOSPHORE :

La dégradation de la cellulose est plus réduite par la carence en P que celle des fractions hémicellulosiques et amylacées. Un besoin spécifique en phosphore pour l'activité des enzymes cellulosiques serait à l'origine de ce phénomène. La croissance microbienne est également très sensible à un manque de phosphore (FONTY et al, 1995).

II - 8 - 4 - LE SOUFRE :

La principale fonction du soufre est de participer à la synthèse des acides aminés soufrés, donc des protéines microbiennes.

MESCHY (1993), rapporte qu'une insuffisance en soufre; indispensable pour l'utilisation de l'azote non protéique, diminuerait l'utilisation bactérienne du glucose mais aussi la cellulolyse et la protéosynthèse.

Les recherches effectuées par AKIN et al (1983) dans ce domaine ont montré l'influence de l'addition de soufre sur la dégradation de la cellulose par la stimulation des bactéries cellulolytiques et des champignons du rumen, qui ont des besoins en soufre particulièrement élevés et semblent être les premiers micro-organismes à disparaître du rumen lorsque la ration est carencée en soufre.

III - FONCTIONS TOXIFIANTES ET DETOXIFIANTES DES MICRO - ORGANISMES DU RUMEN :

Parallèlement à leur fonction majeure qui leur permet de convertir les principaux constituants des végétaux en nutriments pour l'animal, les micro-organismes du rumen sont aussi capables de métaboliser de nombreux composés toxiques présents dans les aliments en métabolites inoffensifs.

III - 1 - FONCTIONS DETOXIFIANTES :

La dégradation de l'oxalate est un exemple bien étudié de l'aptitude des micro-organismes à s'adapter à une nouvelle source d'énergie. Certaines espèces végétales contiennent en effet des teneurs élevées en oxalate (plus de 5% de la matière sèche) dont l'ingestion est dangereuse pour les ruminants, qui peuvent néanmoins en tolérer de fortes concentrations à la condition d'y être accoutumés progressivement. L'accoutumance est liée à l'émergence de certaines espèces bactériennes toujours présentes, mais qui restent sous dominantes tant que leur substrat énergétique préférentiel ne se trouve pas en concentration suffisante dans le milieu.

Oxalobacter formigenes utilise l'oxalate comme seule source d'énergie. Cette capacité à utiliser l'oxalate permet à cette espèce d'occuper une niche unique dans le rumen (DAWSON et ALLISON, 1988).

III - 2 - FONCTIONS TOXIFIANTES :

Une ration alimentaire mal équilibrée peut - être potentiellement toxique à partir du moment où elle entraîne une modification de la population microbienne qui conduit à une production excessive d'un métabolite qui devient toxique à des concentrations élevées.

L'acidose lactique apparaît lorsque sont distribuées des rations trop riches en glucides rapidement fermentescibles. Il en résulte une forte production d'acide lactique, ce qui favorise la prolifération de Streptococcus bovis et Lactobacilles au détriment de celles qui métabolisent le lactate (Megasphaera , Veillonella) (FONTY et al, 1995).

La mimosine est un acide aminé rarement rencontré mais dont les concentrations peuvent atteindre 3 à 4 % de la matière sèche chez Leucaena leucocephala ; légumineuse intéressante par sa teneur en azote et son rendement en pays tropicaux. La mimosine métabolisée dans le rumen donne un produit toxique provoquant des chutes d'appétit, de poids, des pertes de poils avec ulcération oesophagienne et hypersalivation. L'utilisation de cette plante est donc restée limitée en raison des problèmes de toxicité chronique qu'elle provoque chez les ruminants d'Australie et de Nouvelle Guinée.

Or cette espèce végétale constitue jusqu'à 90% les rations des chèvres d'HAWAII sans leur occasionner de troubles. La perte de toxicité a été attribuée à une dégradation rapide du produit toxique par des micro-organismes présents seulement chez les ruminants d'HAWAII (JONES et MAGARRITY, 1986).

Selon les mêmes auteurs, des mélanges microbiens issus de rumen de ces animaux, introduits chez des animaux sensibles ont permis à ces derniers d'acquiescer une remarquable tolérance à cette plante.

IV - COMMENT OPTIMISER LE FONCTIONNEMENT DU RUMEN :

Alimenter un ruminant c'est d'abord nourrir une microflore; cette microflore travaille pour elle même, laissant à l'hôte une part du substrat alimentaire qui a échappé à son attaque, ainsi que ses propres constituants tels que les protéines microbiennes et des vitamines du complexe B. En contre partie, cette microflore, exige le meilleur équilibre nutritionnel pour elle-même ainsi que des conditions de milieu stables.

Améliorer la fonction du rumen, signifie fournir des nutriments qui seront utilisés le plus efficacement par les ruminants. Cela peut se faire par :

- Une augmentation de la digestion dans le rumen lorsque les substrats ne sont pas digérés ou sont moins efficacement utilisés ailleurs (glucides pariétaux);
- Une diminution de la digestion ruminale lorsque certains composés alimentaires sont métaboliquement utilisés si la digestion a lieu dans l'intestin;
- Des changements dans la nature des produits terminaux de la digestion : l'amidon fournit soit des AGV soit du glucose selon qu'il est digéré dans le

rumen ou dans les intestins, la production de méthane peut-être réduite, la répartition entre les différents AGV peut-être modifiée, la perte d'azote sous forme d'ammoniaque peut-être diminuée (JOUANY, 1994).

IV - 1 - EFFETS DES IONOPHORES :

Les antibiotiques ionophores présentent la propriété de stimuler le transport des cations à travers les membranes biologiques. Monensine, Lasalocide et Salinomycine sont les antibiotiques ionophores les plus couramment utilisés jusque là. Ces molécules agissent sur les échanges de cations à travers les membranes biologiques.

D'après NOWAR (1989 a), l'argile serait douée de la même propriété par sa capacité d'échange cationique importante.

Les ionophores augmentent la proportion de propionate au dépens de l'acétate ou du butyrate dans les mélanges d'AGV, ils diminuent par conséquent, la méthanogénèse et améliorent le rendement de l'énergie métabolisable des rations. Il semble que les bactéries méthanogènes sont sensible aux ionophores (JOUANY, 1994).

NAGARAJA et al, (1986) cités par JOUANY (1994) Soulignent que la production de lactate est fortement réduite chez les animaux traités recevant des rations riches en amidon; les risques d'acidose sont donc diminués.

IV - 2 - FACTEURS DE CROISSANCE DES MICROBES DU RUMEN :

La niacine (ou l'acide nicotinique) est considérée comme ayant un effet positif sur l'efficacité de la synthèse protéique microbienne sans modifier la production d'AGV. Cependant, elle a un effet négatif, sur la synthèse microbienne quand les animaux reçoivent de l'urée comme seule source azotée (JOUANY, 1994).

Par ailleurs, selon NOWAR (communication personnelle), l'effet négatif de la synthèse microbienne, pourrait être corrigé par l'incorporation de bentonite (grâce à sa capacité d'adsorption).

D'après BLAIN et al, (1994) cités par JOUANY (1994), la synthèse microbienne et la production de propionate dans le rumen augmentent considérablement en présence de Thiamine (vitamine B1).

IV - 3 - LES INHIBITEURS DE PROTEOLYSE OU DE DESAMINATION :

L'inhibition de la désamination des acides aminés est un objectif recherché pour valoriser l'azote des rations et pour améliorer l'efficacité de la synthèse microbienne. Si les acides aminés devaient être évacués intacts hors du rumen ou incorporés directement dans les protéines microbiennes plutôt que d'être dégradés en ammoniac, lequel sera ensuite utilisé pour synthétiser des acides aminés, on économiserait le coût énergétique de la resynthèse (JOUANY, 1994).

IV - 4 - AJOUT DE SUBSTANCES TAMPON :

L'activité microbienne peut-être renforcée par divers additifs capables de se révéler très efficaces.

Les substances tampons (Na HCO_3 , Na_2CO_3 , CaCO_3 et MgO) ont été largement utilisées comme adjuvants aux rations des ruminants pour maintenir le pH du rumen dans une plage de valeurs allant de 6 à 7, correspondant aux conditions optimales pour l'activité microbienne (JOUANY, 1994).

L'emploi de ces substances a été recommandé pour les animaux recevant des rations riches en concentrés énergétiques qui risquent de provoquer des acidoses. Leur effet provoque une amélioration de l'efficacité de la synthèse microbienne et une augmentation de la proportion d'acétate dans les AGV.

Selon JOUANY (1994), leur emploi entraîne un déplacement de la digestion des protéines et de l'amidon vers l'intestin grêle.

Enfin, un autre adjuvant, connu sous le nom de bentonite a été sélectionné pour son pouvoir tampon assez rémanent et sa capacité d'adsorber et de stocker l'ammoniac en excès résultant d'une fermentation trop rapide entraînant une élévation du pH dans le sens de l'alcalose (NOWAR, 1989 b).

IV - 5 - LA DEFAUNATION DU RUMEN :

La défaunation du rumen, c'est à dire l'élimination des protozoaires est une méthode courante pour évaluer leur effet global.

IV - 5 - 1 - EFFET SUR L'ECOSYSTEME MICROBIEN :

L'élimination des protozoaires provoque une augmentation du nombre total des bactéries qui s'explique par l'absence de prédation (JOUANY, 1994).

Selon le même auteur, les protozoaires sont associés étroitement à quelques bactéries symbiotiques, notamment aux bactéries méthanogènes. Une partie de ces bactéries est éliminée avec les protozoaires au cours de la défaunation.

IV - 5 - 2 - EFFET SUR LA DIGESTION DE L'AZOTE DANS LE RUMEN :

L'élimination des protozoaires diminue la dégradation des protéines alimentaires et microbiennes dans le rumen et réduit également la concentration d' NH_3 , ce qui explique l'excrétion moindre d'azote urinaire chez les animaux défaunés (JOUANY, 1994). La synthèse des protéines microbiennes est largement améliorée par la défaunation puisque les protozoaires consomment des quantités importantes de bactéries.

Les travaux de JOUANY (1978), USHIDA et al, (1986) ont montrés que la présence de protozoaires contribue à une baisse significative du flux d'acides aminés à l'entrée de l'intestin grêle.

IV - 5 - 3 - EFFETS SUR LES PRODUITS TERMINAUX DES FERMENTATIONS RUMINALES :

La défaunation entraîne une réduction de la proportion de l'acide butyrique au profit de l'acide propionique ou de l'acide acétique dans le mélange des AGV. Corrélativement, la méthanogénèse est diminuée de 30 à 45 %, ce qui représente un avantage certain dans le métabolisme énergétique des animaux ayant des besoins énergétiques élevés (JOUANY, 1994).

Une telle idée, a été constatée par FONTY et al (1995), selon lesquels, l'ajout de ciliés dans le rumen augmente la méthanogénèse de 30 à 45 %.

IV - 5 - 4 - EFFETS SUR LES PERFORMANCES ANIMALES :

La défaunation a un effet positif net sur la fourniture d'acides aminés aux animaux. Cela explique pourquoi la défaunation améliore la croissance des jeunes animaux quand ceux - ci sont nourris avec des rations à faible teneur en protéines (tab. II).

TABLEAU II : Effet de la défaunation sur les performances des animaux

(Selon différents auteurs in JOUANY, 1991)

Auteurs	Animal	Croissance (g/j)		Ingestion (g/j)	
		F	D	F	D
BIRD et LENG (1978)	Veau Agneau	530	757*	4150	4230
		70	130*	-	-
		8 ⁺⁺	11	-	-
DEMEYER et al (1982)	Agneau	102	140	878	964*
VAN NEVEL et al (1985)	Agneau	88	125*	1015	1085

F : Animaux faunés; D : Animaux défaunés

++ : Croissance de laine .

* : L'effet de la défaunation est significatif (P < 0,05).

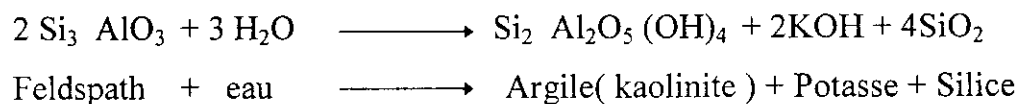
CHAPITRE II

L'ARGILE DANS L'ALIMENTATION DES ANIMAUX DOMESTIQUES

I - GENERALITES SUR LES ARGILES :

I - 1 - LEUR ORIGINE :

C'est l'altération des minéraux silicates (feldspath, micas,...) qui est la source première des argiles, le feldspath orthose par exemple, se décompose par une série d'étapes qui se résument en une réaction globale (SOLTNER, 1986) :



I - 2 - LEUR CONSTITUTION :

Les micelles d'argile sont des fins cristaux, constitués de feuillets dont la constitution chimique, l'épaisseur et l'écartement varient avec le type d'argile. Leur dimension varie de 0,01 à 1 micron (BONNEAU et SOUCHIER, 1979).

I - 3 - LEURS PROPRIETES :

I - 3 - 1 CARACTERE HYDROPHILE :

L'argile est hydrophile, c'est à dire a l'aptitude de fixer de l'eau. Celle-ci entoure les micelles et pénètre entre les feuillets qui s'écartent plus ou moins selon le type d'argile: La montmorillonite est plus apte à se gonfler que l'illite, et surtout que la kaolinite (SOLTNER, 1986).

I - 3 - 2 PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES :

a - Pouvoir absorbant et mécanismes d'échange d'ions :

Selon SOLTNER (1986), deux expériences simples mettent en évidence le pouvoir absorbant :

- Du purin, d'odeur ammoniacale et de couleur foncée, est versée sur un entonnoir rempli d'argile : Le filtrat a perdu son odeur et sa couleur.

Expérience réalisée en 1850 ne fut interprétée que 17 ans plus tard; on comprit alors que l'ammoniac était retenu par l'argile.

- Une solution de KCl (contenant à l'état dissocié des cations K^+ et des anions Cl^-) est versée sur un entonnoir, rempli de terre argileuse. Le filtrat analysé contient :

- * Moins d'ions K^+ : Ces cations ont été retenus par l'argile;
- * Presque tout le Cl^- versé : Ces anions n'ont pas été retenu;
- * Du Ca^{++} : Ces cations ont été échangés contre les cations K^+ .

Le pouvoir absorbant est la propriété que possède l'argile, de retenir à sa surface des ions provenant du milieu.

b - Les ions fixés à l'argile sont échangeables :

Le remplacement des ions H^+ par des cations Ca^{++} , se fait selon la loi de l'échange de cations; c'est ainsi qu'un cation Ca^{++} prend la place de deux ions H^+ .

S'il y a fixation d'un cation sur l'argile, un autre doit être restitué au milieu. Autrement dit , tout départ de cations du milieu, oblige à restituer à celui ci une certaine quantité de ce même cation. Cet échange, que l'on appelle le « pouvoir tampon » fait des argiles un milieu stables (SOLTNER, 1986).

c - Nature des cations fixés :

D'après SOLTNER (1986), les cations habituellement fixés sur l'argile sont surtout des cations métalliques, parmi lesquels :

- Certains sont fixés en quantités importante : Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ .
- D'autres en quantité plus limitée :
 - * L'ion ammonium NH_4^+ .
 - * Les oligo-éléments : Mn^{++} , Zn^{++} , Cu^{++} .
 - * L'aluminium Al^{+++} .
 - * Le fer Fe^{++} ou Fe^{+++} .

L'intensité avec la quelle ces ions sont retenus est en général la suivante (dans le cas de la montmorillonite), par ordre d'absorption décroissante:

Al et oligo-éléments $> Ca > Mg > H > K > NH_4 > Na$

Selon le même auteur, cette intensité, cet ordre préférentiel de fixation s'explique par la valence et l'hydratation des ions. C'est ainsi que :

- Les ions bivalents Ca^{++} et Mg^{++} sont plus énergiquement retenus que les ions monovalents K^+ , Na^+ , NH_4^+ ;

- Les ions faiblement hydratés (Mg^{++} et surtout Ca^{++}), c'est à dire entourés d'une faible couche d'eau sont mieux fixés, et par conséquent exercent une action floculante plus énergique que les ions faiblement hydratés (Na^+ et K^+);

- L'intensité de fixation dépend aussi de l'état de saturation de l'argile; ainsi une argile dont le complexe contient 80 % de Ca pour 10 % de Mg, fixera plus facilement le Mg dont elle est pauvre.

d - La capacité totale d'échange :

D'après SOLTNER (1986), la capacité totale d'échange (T) ou capacité d'échange de cations (CEC) est la quantité maximale de cations qu'un poids déterminé d'argile (habituellement 100g) est capable de retenir. En l'exprime en milliéquivalents (m.e.q) pour 100 g d'argile pure.

L'équivalent d'un corps est le rapport masse atomique / valence de ce corps. Ainsi, une argile qui a une capacité totale d'échange de 20m.e.q pourrait retenir :

- En Ca : $20 \text{ m.e.q} \times 40/2 = 400 \text{ mg de Ca / } 100 \text{ g d'argile}$.

- En Na : $20 \text{ m.e.q} \times 23/1 = 460 \text{ mg de Na / } 100 \text{ g d'argile}$.

Enfin, la capacité totale d'échange (T) en m.e.q est en fonctions de la nature des colloïdes. (tab. III)

Tableau III : capacité totale d'échange (T) en m.e.q en fonction de la nature des Colloïdes (SOLTNER, 1986)

Nature des colloïdes	(T) en m.e.q / 100 g d'argile
kaolinite	3 à 15
illite	10 à 40
montmorillonite	80 à 150

II - UTILISATION DES ARGILES DANS L'ALIMENTATION DES ANIMAUX

DOMESTIQUES :

Au pâturage, les animaux consomment au fur et à mesure de la terre en broutant. Cette consommation peut atteindre 14 % de la matière sèche totale ingérée annuellement (FIELD et PURES 1964, ARNOLD et al 1966, HEALY 1973 rapportés par NOWAR 1989 a).

Par ailleurs, BURKITT (1969) a signalé que les bovins recevant des rations à haut niveau énergétique, consomment de la terre spontanément. De même, il a observé que cette consommation facultative diminue lors de l'addition de bentonite à la ration.

A partir de ces constatations, les chercheurs se sont intéressés à l'étude des propriétés physico-chimiques des argiles et ont pu montrer que l'apport des argiles; telles que la bentonite, la zéolite et la kaolinite, dans les rations des animaux domestiques apporte des améliorations considérables au niveau des performances liées à la production, la reproduction et la santé des animaux.

II - 1 ACTION DE L'ARGILE AU NIVEAU DU RUMEN :

II - 1 - 1 ACTION SUR LE pH

a - Protection contre les acidoses :

L'équilibre de la flore du rumen peut être perturbé accidentellement par un apport excessif d'amidon très fermentescible (blé - orge - avoine) ou de céréales broyées finement, il s'en suit une importante production d'acide lactique et une acidose (BERTIN, 1995).

En étudiant l'évolution du pH chez les vaches laitières alimentées à base d'ensilage, SLANINA (1974) a conclu qu'avec la bentonite, le pH se stabilise au voisinage de la neutralité (Fig. I).

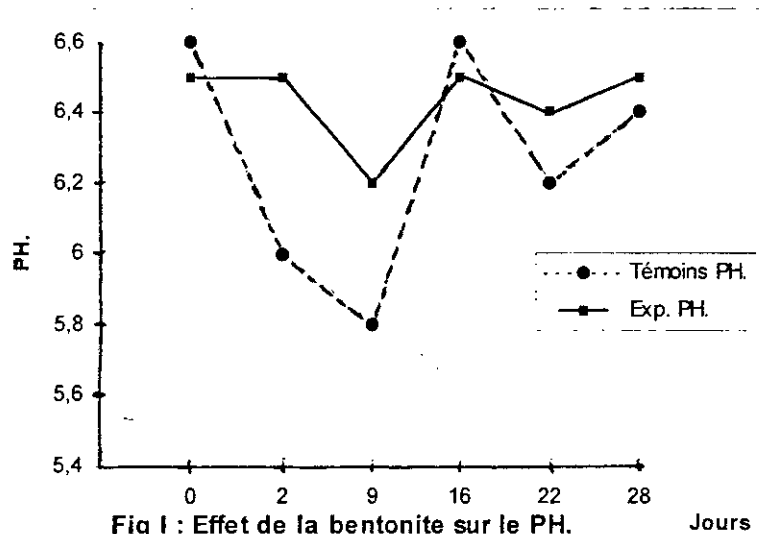


Fig 1 : Effet de la bentonite sur le PH.
(SLANINA, 1974)

D'autres part, les travaux de DUNN et al (1979); sur l'importance de la bentonite sodique dans la protection des effets nuisibles de l'acidose montrent que:

- Les régimes très concentrés acidifient le milieu ruminal avec risque de mortalité (tab. IV);
- Le traitement à la bentonite est d'une grande efficacité dans la protection de l'acidose;

Selon les mêmes auteurs, la bentonite donne un meilleur résultat quand elle est associée au bicarbonate de sodium.

TABLEAU IV : Mortalités enregistrées avec des régimes à base de céréales avec et sans bentonite (DUNN et al, 1979)

Traitements	Nombre de sujets morts
Témoin	12
2% de bentonite	2
2% NaHCO ₃	2
2% de bentonite + 2% NaHCO ₃	0

b - Protection contre les alcaloses :

La mauvaise utilisation de l'ammoniac conduit à son accumulation dans le rumen. La première conséquence est une élévation du pH ruminal (Alcalose si $\text{pH} > 7,2$) qui nuit gravement à l'activité de la flore, réduit l'appétit et favorise le développement de bactéries pathogènes. Le ruminant frappé d'alcalose météorise et en cas d'intoxication sur aigu, la mort peut survenir. Il existe des formes d'alcalose plus insidieuses et économiquement lourdes. En effet, l'excès d'ammoniac est une cause prédisposante majeure de diverses maladies : Syndrome de la vache couchée, infertilité, mortalités embryonnaires et avortement (BAUDET, 1994).

A ce sujet, ROGER (1994) rapporte qu'une dangereuse accumulation ruminale d'ammoniac, est la résultante d'une dysharmonie entre une ammoniogenèse à tendance explosive, et une protéosynthèse microbienne relativement lente et limitée.

Les travaux réalisés jusqu'à nos jours, confirment la possibilité de recourir à l'urée dans le cadre de la substitution ou de correction, dans les rations des ruminants. Cependant son utilisation exige une précaution strict afin d'éviter les risques d'alcalose.

Devant ce fait, plusieurs auteurs ont mis l'accent sur l'utilisation de la bentonite qui, grâce à son pouvoir tampon assez rémanent, et sa capacité d'adsorber et de stocker l'ammoniac en excès, empêche les risques d'alcalose.

Ainsi MARTIN et al (1969), RINDSIG et SCHULTZ (1970) ont constaté que la bentonite fixe l'ammoniac au niveau du rumen chez les vaches laitières.

Pour COLLINGS et al (1980), l'usage de la bentonite permet de réduire d'une manière significative l'azote fécal.

Par ailleurs, ABDELBAKI (1977) a indiqué que l'addition de zéolite dans des rations renfermant de l'urée, augmente les quantités d'azote retenu et du calcium.

Toujours, dans le même contexte, les travaux de ABDELBAKI et NOWAR (1981) confirment les conclusions précédentes et prouvent que l'addition d'argile à raison de 8% dans la ration contenant de l'urée, améliore le bilan azoté des ovins de la race OSSIMI. Enfin, FONTY et al (1995) ont démontré que les pH élevés et les fortes concentrations ruminales d'ammoniac, réduisent la disponibilité du magnésium. Donc la croissance des micro-organismes est affectée.

II - 2 - ACTION SUR LA POPULATION MICROBIENNE :

Les micro-organismes du rumen ont un besoin en même temps d'énergie et d'azote sans possibilité de stockage. Cette indispensable simultanéité des approvisionnements microbiens en énergie et en azote, impose le synchronisme des apports de glucides fermentescibles et de protéines dégradables ou solubles (ROGER, 1994).

D'autres part, FONTY et al (1995) rapportent que la croissance des espèces bactériennes dépend à la fois, de la disponibilité de leur substrat énergétique préférentiel qui doit être présent en quantités suffisantes dans le milieu, de la concentration d'ammoniac et du pH.

Grâce à sa particularité d'échangeuse de cations, l'argile échange avec le milieu, les ions H^+ en excès (dans le cas d'un pH acide) contre du calcium, magnésium, cobalt ou d'autres éléments dont-elle est riche.

De ce fait, elle contribue non seulement à maintenir le pH dans une zone de neutralité, mais aussi à enrichir le milieu en minéraux, qui devient propice à la multiplication microbienne.

Ainsi, différents auteurs, ont signalé les conséquences suivantes :

- ROGER et al (1990), estiment que le magnésium active les cellulases et avec le calcium améliore l'adhésion;

- MESHY (1993), rapporte que l'effet négatif sur la cellulolyse est réduit, voir même supprimé par addition de Ca^{2+} ;

- POLLOCK (1994) souligne que certaines souches microbiennes diminuent chez les ruminants recevant une ration pauvre en cobalt. Les bactéries cellulolytiques semblent les plus exigeantes;

- En outre, FONTY et al (1995); rapportent que l'addition de 0,1 mg de cobalt à un régime à base de paille stimule la dégradation de la cellulose. De même, YVES (1989) rapporte que des moutons atteints de carences en cobalt ont été, effectivement guéris par suite de l'ingestion de 20 g de terre par semaine pendant 6 mois.

Récemment, IVAN et al (1992) ont montré que la bentonite augmente le rendement énergétique par diminution du nombre de protozoaires. En effet, les

protozoaires vivent en symbiose avec les bactéries méthanogènes. Ces bactéries sont éliminées au cours de la défaunation .

De même, l'emploi de substances tampon a permis à JOUANY (1994) d'observer :

- Une augmentation du nombre de bactéries en l'absence de prédation;
- Une amélioration dans la synthèse de protéines microbiennes;
- Une diminution de l'acide butyrique au profit de l'acide acétique et propionique.

II - 3 - ACTION SUR LE MELANGE DES AGV :

Le mélange d'acide gras volatils issus des fermentations ruminales comporte principalement de l'acide acétique (C₂) : de 45 - 70 %, de l'acide propionique (C₃) : de 15 - 25 %, de l'acide butyrique (C₄) : de 5 - 15 %. L'acide lactique ne s'accumule dans le rumen qu'à partir d'un pH inférieur à 5,5. Les proportions des acides gras volatils sont dépendantes du pH du rumen qui commande l'orientation des fermentations (ROGER, 1994).

Travaillant sur des régimes, contenant différents taux de concentré avec et sans bentonite sodique. COLLING et al (1979), JOHSON (1988) observent que la bentonite tend à faire augmenter les proportions de l'acide acétique et butyrique, tout en diminuant celle de l'acide propionique (tab. V).

Selon les mêmes auteurs, plus le niveau de concentré est élevé dans la ration, plus le milieu s'acidifie. Il en résulte une diminution de l'acide acétique (25%).

TABLEAU V : Proportions d'AGV (en %) de régimes riches en concentré, avec ou sans NaB (COLLING et al, 1979)

Traitements	A G V en (%)		
	acide acétique	acide propionique	acide butyrique
Maïs	61,29	31,26	7,12
Maïs + NaB	63,57	26,92	9,16
Blé	61,50	32,04	6,14
Blé + NaB	62,83	30,39	6,43

Cependant, il semble pour FISHER et MACKAY (1983) que la bentonite n'améliore pas les proportions molaires des acides gras volatils chez les vaches en lactation alimentées à base d'ensilage de graminées (tab. VI).

Les mêmes auteurs, concluent que la bentonite ne devrait pas être utilisée chez les vaches en lactation lorsque l'ensilage de graminées compose environ 45% de la ration.

TABLEAU VI : Proportions d'AGV en (%) dans un régime à base d'ensilage de graminées chez des vaches en lactation avec ou sans bentonite (FISHER et MACKAY, 1983)

Niveau de bentonite en (%)	Acide acétique	Acide propionique	Acide butyrique
0 %	46,7	27,5	19,4
0,6 %	47,5	28,8	20,1
1,2 %	46,4	27,2	19,9

II - 4 EFFET DE L'ARGILE SUR LA DIGESTIBILITE :

Nous avons vu précédemment, à travers les résultats de plusieurs auteurs, que l'addition d'argile améliore les conditions physico-chimiques du milieu ruminal par :

- Un échange de cations; nécessaires pour l'activité enzymatique et pour l'adhésion;
- La neutralisation du pH qui devient favorable à l'activité microbienne;
- L'élimination des protozoaires; le rendement énergétique augmente donc, par inhibition de la production de méthane.

Il est admis , que ces conséquences peuvent induire chez les ruminants une augmentation du rendement digestif. Ainsi, HUNTINGTON et al (1977) ABDELBAKI et NOWAR (1981 et 1986), ont observés chez les animaux recevant de la bentonite une amélioration de la digestibilité de la matière sèche, de la matière grasse, de la cellulose brute et des matières azotées.

En outre, PULATOV (1983), formulait que l'incorporation de zéolite, permet d'augmenter l'adhérence des micro-organismes aux parois végétales, ce qui facilite l'action des enzymes et augmente le rendement.

En revanche, selon FISHER et MACKAY (1983), l'utilisation de bentonite chez les vaches en lactation nourries d'ensilage de graminées, est d'aucune utilité et ne fait que déprimer la digestibilité (tab. VII).

TABLEAU VII : Digestibilité apparente de la MS, MO et MAT d'un régime à base d'ensilage de graminées avec ou sans bentonite (FISHER et MACKAY,1983)

Digestibilité : (%)	Niveau de bentonite (%)		
	0	0,6	1,2
Matière sèche	69,8	67,1	66,3
Matière organique	72,0	70,8	70,4
Matière azotée	67,2	64,7	65,0

Par ailleurs, COLLINGS et al (1980) rapportent que l'usage de bentonite sodique 3% dans le régime du porc durant les phases de croissance et de finition, rehausse d'une manière significative la digestibilité apparente de l'énergie (tab. VIII).

De même, NOWAR (1989 a) observe sur ovins, que la digestibilité apparente des composants de la ration augmente, au fur et à mesure, que la bentonite est incorporée (tab. IX).

TABLEAU VIII : Digestibilité apparente de l'énergie en (%) chez le porc nourri avec ou sans bentonite sodique (COLLINGS et al, 1980)

Phases	Niveau de bentonite		
	0%	2%	3%
Démarrage	85,3	84,8	82,0
Croissance	84,9	83,9	85,3
Finition	88,2	86,8	89,7

TABLEAU IX : Effet de l'utilisation de la bentonite chez les ovins sur la digestibilité apparente (%) (NOWAR, 1989 a) :

Phases	Niveau de bentonite		
	0%	2,5%	5%
Matière sèche	68,83	74,30	74,20
Matière organique	75,53	78,10	72,29
Matière azotée	69,58	70,83	73,66
Matière grasse	68,85	73,57	75,66
Cellulose brute	56,76	60,60	61,57

II - 5 EFFET DE L'ARGILE SUR L'INGESTIBILITE :

L'appétence d'un aliment est liée à sa capacité d'être digéré facilement. On conçoit donc, qu'un aliment n'est apprécié et consommé en quantités importantes, que s'il est digestible.

Il ressort des travaux de BLAXTER et al (1961), CORBETT et al (1963), DEMARQUILLY (1965) et NOWAR (1989 a) que l'amélioration de l'ingestibilité n'est qu'une conséquence d'une meilleure digestibilité. Ainsi, POND et YEN (1985) ont signalé que l'ajout de 2 % d'argile dans les rations de veaux, stimule les quantités journalières consommées.

Encore, ERWIN et al (1957) rapportés par COLLINGS et al (1980), VETTER (1967) ont observé que la fluctuation de la consommation journalière moyenne, était moins marqué chez des veaux recevant de la bentonite dans leur régime.

De même, pour HUNTINGTON (1977), la bentonite contribue à améliorer d'une manière significative l'ingéré quotidien. Par contre, FISHER et MACKAY, (1983) ne voient aucune différence significative entre les témoins et les animaux qui consomment la bentonite (tab. X).

Chez le porc, associée à la lincomycine, la bentonite améliore l'ingestibilité avec diminution de l'indice de consommation (COLLINGS et al, 1980) (tab. XI).

TABLEAU X : Effet de la bentonite sur l'ingéré quotidien (Kg) chez des vaches en lactation nourries à base d'ensilage de graminées. (FISHER et MACKAY, 1983)

Niveau de bentonite (%)	kg de MS ingérée /jour
0	22,1
0,6	21,9
1,2	22,6

TABLEAU XI : Effet de l'association (NaB + lincomycine) dans le régime du porc sur l'ingéré quotidien et l'indice de consommation (COLLINGS et al, 1980)

Niveau de NaB	0%	2%	3%
Ingéré quotidien (Kg)	1,89	2,01	1,96
Indice de consommation	2,02	1,90	1,83

Enfin, selon DUNN et al (1979), les meilleures consommations s'observent avec une association de bentonite et de bicarbonate de sodium. A raison de 2 %, ce mélange a permis d'augmenter l'ingestibilité de 19 et 16 %; respectivement pour les ovins et les bovins (tab. XII).

TABLEAU XII : Effet de la bentonite et du bicarbonate de sodium sur la consommation, le gain de poids et l'indice de consommation chez les ovins et les bovins (DUNN et al, 1979)

Espèce animale	Traitements	Consommation (kg)	GMQ (g)	IC
O V I N S	Témoin	0,86	164	6,44
	2% bentonite	0,88	180	7,56
	2% NaHCO ₃	0,85	146	7,29
	2% bentonite + 2% NaHCO ₃	1,02	226	4,64
B O V I N S	Témoin	8,1	1,5(kg)	5,51
	2% bentonite	8,3	1,5(kg)	5,54
	2% NaHCO ₃	8,2	1,6(kg)	5,08
	2% bentonite + 2% NaHCO ₃	9,4	2,1(kg)	4,62

II - 6 EFFETS DE L'ARGILE SUR LES PERFORMANCES ANIMALES :

II - 6 - 1 EFFET SUR LE GAIN DE POIDS :

La plupart des auteurs, ayant travaillé sur cet aspect, s'accordent à affirmer que l'ajout des argiles est d'une grande utilité dans l'amélioration du gain de poids.

(ERWIN et al 1957 rapportés par COLLINGS et al 1980, HUNTINGTON et al 1977, NOWAR et al 1988, SCHELL et al 1993).

KENDO et al (1969), rapportés par MUMPTON et FISHMAN (1977) concluent que l'argile entraîne une amélioration nette de croissance; ceci par la stimulation de l'appétabilité d'une part, et par la diminution de la fréquence des diarrhées d'autre part .

Les mêmes auteurs ont constaté que l'addition de 5 % de zéolite aux rations de veaux durant 180 jours, améliore le poids moyen de 20 % . Par ailleurs, les veaux testés consomment plus d'aliments. Cependant, le coût de l'aliment par kg de viande produit, était significativement moins élevé que celui des animaux témoins.

Des améliorations similaires , plus intéressantes, ont été signalées par DUNN et al (1979). Ces auteurs ont observé de meilleurs gains de poids (37 % chez les ovins et 40 % chez les bovins) quand la bentonite était associée au bicarbonate de sodium (tab. XII).

Chez le porc, les résultats de POWLEY et al (1981), font penser que des doses élevées de bentonite (5%), ne font que déprimer la croissance. Ces auteurs, constatent qu'avec 2% de bentonite, l'amélioration de croissance, est accompagnée d'une élévation de l'indice de consommation (tab. XIII).

TABLEAU XIII : Effet de la bentonite dans le régime du porc sur le gain de poids et l'indice de consommation (POWLEY et al, 1981)

Régimes	Performances	
	GMQ (g)	IC
40 % luzerne	640	4,5
40 % luzerne + 2% B	650	5,5
40 % luzerne + 5% B	610	4,2

Les résultats de NOWAR (1989 a), consolident les conclusions énoncées jusqu'ici par les différents auteurs. En effet, il a observé que l'administration de bentonite à raison de 5 % chez les ovins durant 8 semaines, autorise une performance de poids remarquable de l'ordre de 14 % (tab. XIV).

TABLEAU XIV : Effet de la bentonite sur les performances de croissance des ovins . (NOWAR, 1989 a)

Performances	Niveau de bentonite		
	0 %	2,5 %	5 %
Nombre d'agneaux	8	8	8
Poids moyen initial (kg)	20,50	21,0	21,0
Poids moyen final (kg)	35,63	36,75	38,25
Gain de poids moyen (kg)	15,13	15,75	17,25
Gain moyen quotidien (g)	270,0	281,3	308,0

II - 6 - 2 EFFETS DE L'ARGILE SUR LA PRODUCTION LAITIÈRE ET LE TAUX BUTYREUX :

L'effet positif qui exerce les produits argileux, réside sans doute dans leur pouvoir tampon qui privilégie l'acide acétique. Cet acide est précurseur du taux butyreux (BERTIN, 1995).

Selon le même auteur, un apport excessif d'amidon très fermentescible entraîne une production importante d'acide lactique. Il en résulte une diminution de la production laitière et un taux butyreux en chute libre (jusqu'à 20 g/l).

GOLLING et al (1979), concluent également que l'acidose favorise l'acide lactique. Par contre, le pH neutre est parfaitement favorable à la fermentation acétique et au taux butyreux. L'addition de bentonite sodique chez la vache laitière, stimule l'acétate, selon les mêmes auteurs.

Avec des régimes à base d'ensilage de graminées (70 %), FISHER et MACKAY (1983), ne voient pas de différences dans la production laitière et le taux butyreux entre les animaux témoins et ceux qui reçoivent la bentonite.

En revanche, avec des régimes contenant des niveaux élevés de concentré, RINDSIG et al (1969) observent des productions laitières et de matières grasses meilleures avec bentonite.

NOWAR et al (1989 a), en étudiant l'effet de la bentonite sur la production laitière et le taux de matière grasse, concluent que la limite de 5% d'incorporation retenue par beaucoup de chercheurs , est beaucoup trop sévère pour les bovins laitiers; puisqu'un niveau de 8% paraît encore conciliable avec la production laitière et le taux butyreux (2,5 % et 14,5 % respectivement). (tab. XV)

TABLEAU XV : Effet de la bentonite sur la production laitière , le taux de matière grasse et la consommation de la matière sèche (NOWAR et al, 1989 a)

Niveau de bentonite	kg lait/j	T.B (%)	kg MS ingérée / j
0 %	10,9	3,04	11,61
4 %	9,30	3,25	11,11
8 %	11,17	3,48	11,87

II - 6 - 3 EFFET DE L'ARGILE SUR LES PARAMETRES DE REPRODUCTION:

L'absorption intestinale des minéraux est sous contrôle hormonal (hormone parathyroïdienne). La sécrétion de cette hormone est contrôlée par la concentration du calcium sanguin. De ce fait, ROGER (1994) rapporte qu'il n'est pas exclu, qu'une hypocalcémie traduise une hypomagnésémie; responsable d'infertilité et de métrite.

En outre, selon le même auteur, une hypocalcémie au début de lactation (surtout chez les fortes productrices), entraîne une diminution de progestérone provoquant un arrêt de l'activité ovarienne et des chaleurs.

D'autres part, BAUDET (1994) considère que l'excès d'ammoniac, serait une cause prédisposante majeure d'hypomagnésémie; donc d'infertilité, de mortalités embryonnaires et d'avortement.

Le recours aux caractéristiques physico-chimiques de la bentonite représentés, dans son pouvoir tampon et sa capacité d'échange cationique dans les élevages de la République Tchèque, a permis d'améliorer les taux de fertilité et de naissance chez certaines races bovines locales (fig. II).

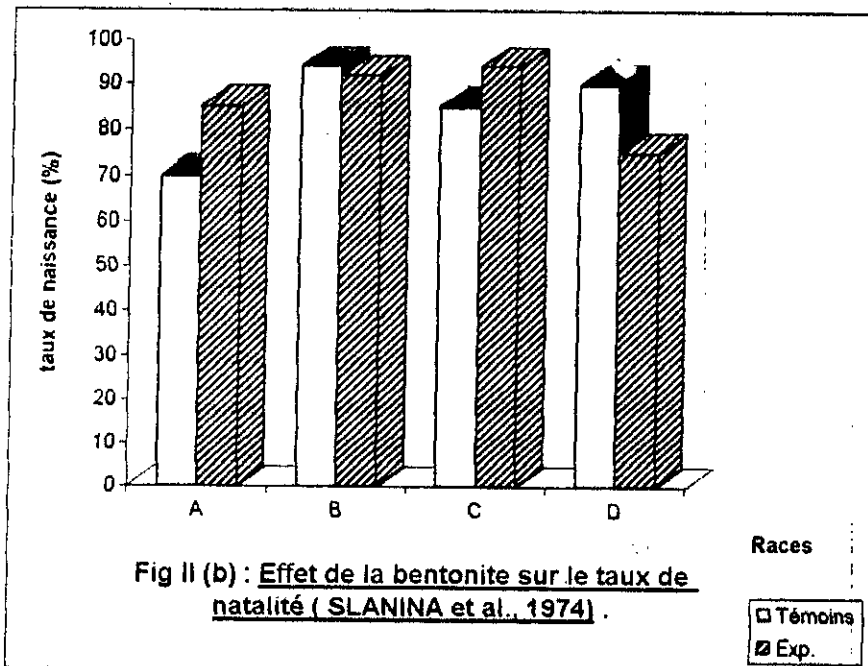
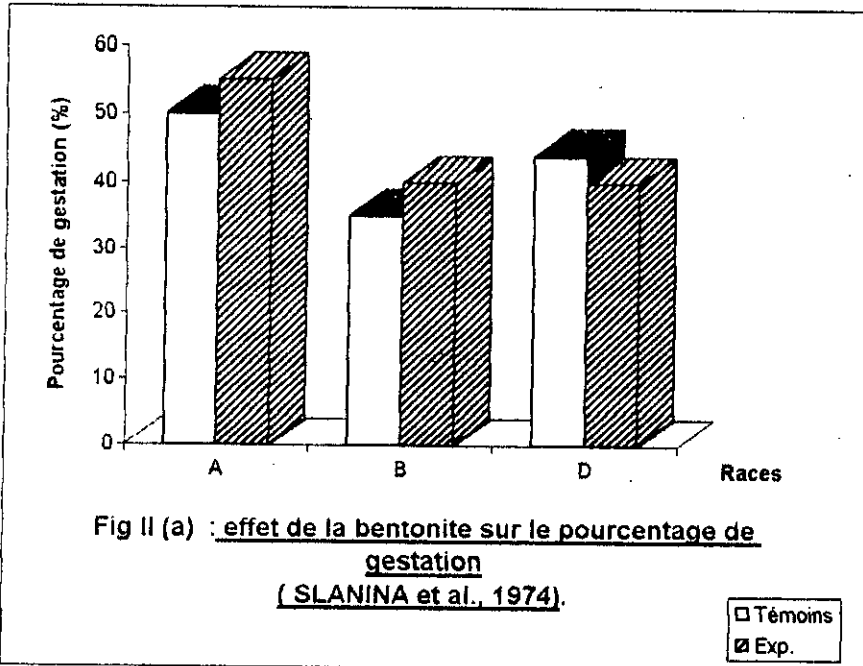
II - 6 - 4 EFFET DE L'ARGILE SUR LES PERFORMANCES AVIAIRES :

Récemment, SOUTHERN et al (1994) se sont intéressés à étudier le rôle de la bentonite sodique sur les performances de croissance, chez des poussins recevant des régimes déficitaires en macro-éléments, en vitamines et en protéines brutes. Il ressort de leur étude, que la bentonite (5%) serait capable de rehausser la consommation et la croissance. Elle améliore également, l'indice de consommation chez les oiseaux recevant des régimes pauvres en matière minérale. Par ailleurs, elle n'apporte aucune modification dans les régimes déficients en vitamines et en protéines brutes.

Bien que, pour GOLLINGS et al (1980), son utilisation en dehors de la phase démarrage, n'apporte aucun changement de performances chez le poulet de chair.

NOWAR et al (1989 b) montrent, sur poulet de chair qu'à raison de 6%, la kaolinite, permet les meilleures performances durant les phases de croissance et de finition (tab. XVI).

FIGURE II : EFFET DE LA BENTONITE SUR LES PARAMETRES DE REPRODUCTION



Chez les pondeuses d'oeufs de consommation, l'addition de 5% de bentonite au régime, améliore les qualités internes et le calibre de l'oeuf, ainsi que l'indice de consommation (QUISENBERRY et BRADLEY, 1984).

TABLEAU XVI : Effet de la kaolinite sur les performances du poulet de chair durant les phases (croissance et finition). (NOWAR et al, 1989 a)

Performances	Niveau de kaolinite					
	0 %	1 %	2 %	4 %	6 %	8 %
Poids initial (g)	80	80	80	80	77,5	77,5
Poids final (g)	2050	1985	1961	2025	1900	1995
Gain de poids (g)	1970	1905	1881	1945	1866,5	1917,5
Consommation (g)	6260	6690	7305	6530	5698	7260
Indice de consommation	3,18	3,51	3,88	3,36	3,13	3,79

II -7 ROLE PROTECTEUR CONTRE CERTAINES MALADIES METABOLIQUES:

II - 7 - 1 PROTECTION CONTRE LA FIEVRE VITULAIRE :

La fièvre vitulaire correspond à une grave hypocalcémie à l'entrée en lactation. Elle survient généralement, le jour du vêlage ou le lendemain. Elle résulte d'une brutale et massive exportation calcique lors du déclenchement de la sécrétion lactée. Les erreurs alimentaires en cours de tarissement, en seraient les causes prédisposantes majeures .

PARAGON (1994), rapporte que toutes les vaches connaissent une chute du calcium sanguin, plus ou moins marquée à la mise bas. Si cette hypocalcémie se maintient, c'est la fièvre vitulaire.

Des rations basiques distribuées avant mise bas, ont permis d'éviter la fièvre vitulaire (BAUDET, 1994).

L'argile compense l'acidose par l'échange des ions H^+ contre du Ca^{2+} ($2H^+$ contre $1Ca^{2+}$). Elle tamponne le milieu, l'enrichit en calcium et stimule l'adhésion des micro-organismes aux parois végétales.

D'autres part, ROGER (1994) considère que l'acidose n'est pas le seul facteur responsable de la fièvre vitulaire. En effet, une hyperphosphorémie peut déclencher une hypocalcémie.

L'utilisation de bentonite permet, selon SLANINA (1974) d'atténuer les cas d'hyperphosphorémie durant toute l'année, par le maintien du phosphore inorganique sanguin, à un niveau normal entre 6 et 7 mg/100 ml (fig. III).

II - 7 - 2 PROTECTION CONTRE LA TETANIE D'HERBAGE :

La tétanie d'herbage est caractérisée par des tremblements musculaires de l'épaule et de la cuisse et une perte d'appétit (l'animal se couche, se paralyse, et dans les cas extrêmes, meurt). Elle apparaît souvent au moment de la mise à l'herbe. Elle survient suite à une carence en magnésium (ROGER, 1994).

Le même auteur rapporte que les excès d'azote, tendent à élever le pH ruminal vers l'alcalose. Dans ces circonstances, une hypomagnésémie s'installe par indisponibilité de magnésium.

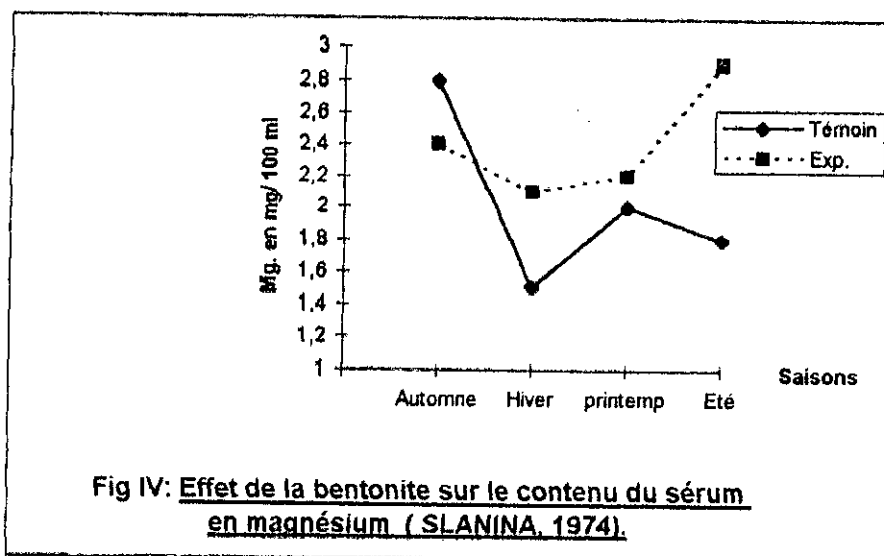
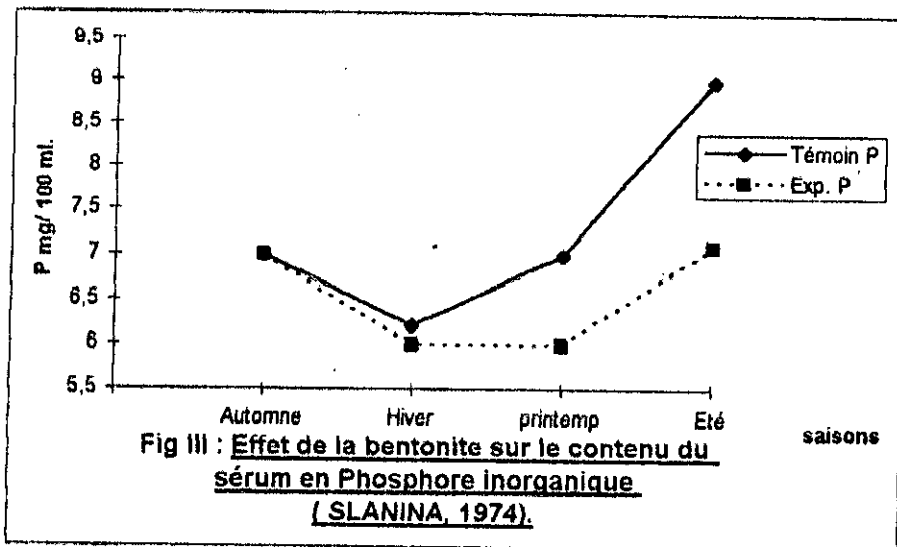
Selon SLANINA (1974), l'utilisation de la bentonite, permet d'atténuer l'apparition de cette maladie, par l'échange d'ions Mg^{++} avec le milieu et permet d'élever le niveau de magnésium sanguin à la normale; entre 2 et 3 mg/100 ml durant toute l'année (fig. IV).

II - 7 - 3 PROTECTION CONTRE LA CETOSE :

La cétose résulte d'un blocage du métabolisme énergétique des acides acétique et butyrique, par défaut d'acide propionique. En effet, l'utilisation de l'acide acétique et butyrique est tributaire d'une disponibilité suffisante en acide propionique. Le rapport acétate / propionate doit se situer vers 2,2 - 2,5, l'excès d'acide acétique (supérieur à 60 %) conduit à la cétose (ROGER, 1994).

L'animal atteint par la cétose, présente une chute d'appétit associée à une diminution de la production lactée qui est souvent accompagnée d'un amaigrissement.

La bentonite réduit les risques de cétose grâce à son pouvoir tampon, qui permet de stabiliser les proportions des acides gras majeurs (SLANINA, 1974).



II - 8 ROLE PROTECTEUR CONTRE LES TOXINES :

La présence d'éléments toxiques dans les aliments peut être la cause de pertes importantes dans un élevage. Les foins moisissés et les ensilages pourris peuvent contenir des substances toxiques, de même que certaines intoxications qui peuvent survenir par des dérivés minéraux (arsenic, plomb, cuivre) ou organiques (urée). Généralement, ils sont toujours mal acceptés par l'animal.

Des chutes d'ingestion et de croissance ont été observées dans des régimes contaminés par 420 et 840 ppm d'aflatoxine. Cependant, avec bentonite sodique, le même régime améliore la croissance ($P < 0,01$) (LINDEMANN et al, 1993).

IVAN et al (1992), rapportent qu'avec bentonite, le nombre de protozoaires diminue, la première conséquence est une régression de la solubilité du cuivre et du zinc. Il en résulte, que l'empoisonnement par le cuivre est stoppé chez le mouton avec une diminution de la concentration du cuivre au niveau du foie.

Les recherches effectuées par CARSON et SMITH (1983), sur la toxine T-2 (mycotoxine) produite par des souches de *Fusarium* provenant du maïs, et provoquant des inflammations au niveau de la muqueuse intestinale et du tractus digestif montrent que les régimes à base de bentonite, améliorent les performances des rats traités, tout en réduisant l'absorption intestinale de la toxine T-2. Les mêmes auteurs concluent que la bentonite épargne les reins et le foie des intoxications, en éliminant les résidus de cette toxine par voie fécale (tab. XVII et XVIII).

En conclusion, on peut affirmer que les effets bénéfiques de la bentonite sur la santé des animaux, contribuera à réduire la consommation d'antibiotiques et par conséquent, à améliorer la qualité de la viande et du lait.

TABLEAU XVII : Effet de la bentonite sur la croissance et l'ingestion chez des rats nourris avec des régimes contaminés par la toxine T-2 (CARSON et SMITH, 1983) :

T-2 (mg/g)	Bentonite (%)				
	0	2,5	5,0	7,5	10,0
	Poids final (g)				
0	161,2	165,8	167,4	166,7	166,5
3	140,0	154,9	154,5	153,7	157,3
	Consommation (g) / rat				
0	218,8	218,8	233,3	232,4	238,3
3	168,3	197,8	201,0	208,6	216,6

TABLEAU XVIII : Principales voies d'excrétion de la toxine T-2 chez des rats nourris avec et sans bentonite (CARSON et SMITH, 1983) :

Voies d'excrétion de la toxine T2	Bentonite (%)			
	0	5,0	7,5	10,0
	(%)			
Urine	14,2	11,3	11,6	11,9
Fèces	18,6	36,4	46,6	47,9
Total	32,8	47,7	58,2	59,8

III - AUTRES UTILISATIONS :

III -1 UTILISATION DANS LA PREPARATION DE PRODUITS

PHARMACEUTIQUES :

Les argiles sont considérées comme étant des substances, capables de réaliser un film protecteur qui isole la muqueuse digestive des facteurs d'agression (acidité, germes, toxines. substances irritantes). Elles ne sont généralement pas absorbées mais elles sont éliminées par voie digestive. Pour ces raisons, elles agissent également au

niveau intestinal et présentent un intérêt pour lutter contre les inflammations de l'intestin (colites).

De nombreuses argiles naturelles peuvent être associées aux sels d'aluminium et de magnésium, augmentent ainsi leur pouvoir protecteur (Gastropulgite, Actapulgite, Bedelix, Smecta).

Ces argiles sont d'excellents adsorbants dont le pouvoir détoxiquant est important vis à vis des toxines microbiennes en particulier (MEDAU, 1984).

Utilisée dans la préparation d'une lotion dermatologique contre une allergie de contact, MARKS et al (1995) affirment que la bentonite améliore d'une manière significative, l'efficacité du produit contre cette allergie ($P < 0,0001$).

III - 2 UTILISATIONS DANS L'AMELIORATION DES SOLS :

Elle améliore la fertilité des sols, de types sablonneux-argileux. La bentonite appliquée aux sols sableux a donnée d'excellents résultats, vu que les sols se sont trouvés enrichis par des composantes argileuses, qui augmentent l'adsorption de l'eau et des matières nutritives. Sa capacité à gonfler, lui confert d'être exploitée pour aérer les sols et pour les rendre plus perméables. La bentonite est pulvérisée dans les champs, afin de les nettoyer et de les désinfecter (Anonyme, 1983).

DEUXIEME PARTIE

MATERIEL ET METHODES

MATERIEL ET METHODES

OBJECTIFS DE L'ETUDE :

Dans la présente étude, il est proposé d'étudier :

- D'une part, l'effet de l'addition d'argile sur l'ingestibilité, la digestibilité et la valorisation de l'azote non protéique (urée) mesurée par le bilan azoté et notamment diagnostiquer les possibilités d'intoxication à travers le profil sérologique et la chimie des urines.
- D'autres part, tester l'efficacité de l'incorporation de l'argile sur les performances de croissance de jeunes agneaux.

I-ESSAI N° 1: Effet de l'argile sur l'ingestibilité, la digestibilité et possibilités d'intoxications

I - 1 - DISPOSITIF EXPERIMENTAL :

La présente expérience et celle de l'essai N° 2 se sont déroulées dans l'animalerie du département de zootechnie de l'institut d'agronomie de Batna sur douze (12) béliers pesant en moyenne 60 kg ont été repartis en 3 lots dont un témoin et deux expérimentaux, maintenus dans des cages de digestibilité, et préalablement traités à l'IVOMEC 15 jours avant l'essai contre les parasites internes. Une phase d'accoutumance de 15 jours a été pratiquée durant laquelle les animaux recevaient du foin de triticales à volonté et un concentré ovin à raison de 500 g. La composition chimique des aliments calculée au laboratoire est représentée au tableau (XIX). Le concentré des lots expérimentaux a été additionné de 5 et 10% d'argile (soit 25 et 50 g). Il est à signaler que l'addition d'argile a été faite progressivement durant la phase d'adaptation.

Au cours de la phase expérimentale qui a durée 15 jours, à la même heure, les quantités d'aliments ingérées et excrétées sont contrôlées et aussitôt prélevés, les fèces font l'objet d'analyses de MS, MO, MM, MAT, MG et CB .

En fin d'expérience, et dans le but de voir d'éventuelles possibilités d'intoxication par l'argile, les urines de 24 heures ont été recueillies pendant 3 jours et analysées

(chimie des urines). Un prélèvement de sang a été également effectué afin de doser les transaminases.

Tableau XIX: Composition chimique des aliments utilisés :

Aliments Composition Chimique	Foin de triticale	Concentré	Urée	Argile
Matière sèche (%)	89.40	94.0	-	-
Matière minérale en (%) de la MS	7.25	3.20	-	83,7
Matière organique / à la MS	82.15	90.80	-	-
MAT (%)	8.56	13.78	2875 ¹ g	0,04
CB (%)	43.99	14.66	-	-
MG (%)	3.40	4.2	-	-
PDIN (g/kg MS)	53	101	1443 ¹	-
PDIE (g/kg MS)	58	104	-	-
CEC (m.e.q / 100 g)	-	-	-	24

(1) : à partir des tables de l'INRA (1978)

I - 2 TECHNIQUES ANALYTIQUES :

I - 2 - 1 - LA MATIERE SECHE :

La matière sèche est obtenue par dessiccation de 5 grammes de produits dans une étuve à une température de 105°C jusqu'à poids constant.

I - 2 - 2 - LES MATIERES AZOTEES TOTALES

L'azote total est dosé par la méthode KJELDAHL (LE COQ, 1965), l'échantillon est minéralisé par l'acide sulfurique concentré (25 ml) en présence de sulfate de potassium (10 g) et d'un catalyseur (sulfate de cuivre); lorsque la minéralisation est complète, l'ammoniac formé est déplacé par la soude (100 ml à 40%), distillé et recueilli dans un volume connu de solution titrée d'acide sulfurique dont l'excès est dosé en retour par une solution titrée de soude.

Les résultats sont exprimés conventionnellement en multipliant la teneur en azote par le facteur 6,25.

I - 2 - 3 - LA MATIERE GRASSE : (Méthode AFNOR, 1985)

Les matières grasses des aliments ne peuvent être obtenues en totalité par extraction directe. En revanche, des substances non lipidiques sont généralement extraites (chlorophylle). Cependant, il est admis que le résidu sec à 102 °C en 2 heures de temps, après épuisement par un solvant approprié (éther diéthylique) correspond aux matières grasses de l'échantillon. L'extraction a lieu dans un appareil SOXHLET.

I - 2 - 4 LES CENDRES BRUTES :

Les cendres ou matières minérales sont conventionnellement le résidu de la substance après son incinération dans un four à moufle à une température de l'ordre de 600 °C, jusqu'à obtention d'un résidu blanc ou gris. Une durée d'incinération de 6 à 7 heures donne généralement satisfaction.

I - 2 - 5 LA CELLULOSE BRUTE :

L'échantillon est soumis à deux hydrolyses successives en milieu acide puis alcalin. Après neutralisation et filtration, l'insoluble est lavé, séché, pesé puis incinéré à 550°C et pesé à nouveau. La différence entre les deux pesées représente les matières cellulosiques.

I - 2 - 6 CHIMIE DES URINES : (HENRY, 1979)

Les différents tests sont basés sur la colorimétrie par l'utilisation de bandelettes urinaires AMES.

La récolte des urines se fait dans un récipient sec et propre en présence d'un conservateur (20 ml d'acide sulfurique à 10 % de concentration) pour empêcher la dégradation de l'azote, des corps cétoniques et de la bilirubine.

- Sortir une bandelette AMES, plonger les zones réactives de celle ci dans l'urine et retirer immédiatement.
- Eliminer l'excès d'urine en tapotant légèrement la bandelette sur le bord du récipient.
- Pour chaque test comparer les zones réactives avec une échelle colorimétrique, aux temps indiqués.

a - Les corps cétoniques :

Lecture visuelle de la bandelette AMES au bout d'une minute. L'acétone et l'acide diacétique sont les produits de dégradation des lipides. Chez les herbivores, une acétonémie se développe dans le cas où le métabolisme glucidique ne suit pas les besoins de l'organisme, et ce dernier puise de ses réserves. A l'état normal, on ne trouve pas de corps cétoniques dans les urines.

b - La bilirubine :

La recherche de la bilirubine a été appuyée par le test de la MOUSSE (COLE, 1979).

- Sur bandelette, lecture visuelle au bout de 60 secondes.
- Test de la MOUSSE : On place dans un flacon de l'urine fraîchement émise et on agite. Dans l'urine normale, il se forme une mousse blanche, tandis

qu'avec de l'urine contenant de la bilirubine la mousse est vert-jaunâtre ou brune.

On ne trouve normalement pas de bilirubine dans l'urine du mouton. COLE (1979), rapporte qu'une augmentation de la bilirubine urinaire, indique une pathologie hépatique.

c - Le glucose :

Lecture se fait visuellement au bout d'une minute, la bandelette vire au bleu dans le cas de présence de glucose.

d - le sang :

Lecture visuelle au bout de 50 secondes. Ce test détecte l'hémoglobine des globules rouges lysées ou intactes. Il constitue donc un excellent complément à la microscopie qui ne tient compte que des globules intactes

e - Le pH :

Lecture directe sur pH-mètres. La mesure du pH, peut également se faire sur papier indicateur de pH.

I - 2 - 7 PROFIL SEROLOGIQUE :

a - La créatinine :

La créatinine est déterminée par la méthode cinétique au picrate alcalin (méthode colorimétrique utilisant un spectrophotomètre).

La créatinine donne avec l'acide picrique en milieu alcalin une coloration jaune-orange lue à $\lambda = 500$ nm. La technique de dosage est rapportée en ANNEXE D

La concentration sanguine est déterminée par la formule :

$$\text{CS (mg/100 ml)} = \frac{\text{Densité optique échantillon}}{\text{Densité optique étalon}} \times \text{concentration de l'étalon}$$

b - Les transaminases :

Des modifications de l'activité enzymatique du sérum peuvent résulter d'une augmentation d'enzymes suite à une désorganisation des cellules hépatiques. Ces enzymes comprennent la transaminase glutamique pyruvique (TGP) et la transaminase glutamique oxalo-acétique (TGO). Ces enzymes ont une large répartition dans les

tissus animaux et elles existent en petites quantités dans le sérum de tous les animaux sous l'effet de la destruction normale des tissus (renouvellement) et de la libération d'enzymes qui en résulte. (une enzyme n'augmente que lorsqu'elle est libérée par des tissus lysés)

Le dosage des transaminases dans le sérum a été réalisé par spectrophotomètre selon la méthode scandinave de chimie clinique (SCE, 1974). La technique est rapportée en ANNEXE D.

I - 2 - 8 LA CAPACITE D'ECHANGE CATIONIQUE (CEC) :

Méthode de saturation à l'acétate d'ammonium (1 N, pH 7) et déplacement de l' NH_4^+ par Kcl (1 N), puis distillation d' NH_4^+ par vapeur.

I - 2 - 9 IDENTIFICATION DE L'ARGILE :

Par diffractométrie aux rayons X en poudre.

Le type d'argile utilisé est un mélange de Smectite (15,5 %) et de Mica (84,5 %) (fig. V).

I - 3 LA DIGESTIBILITE :

Le coefficient d'utilisation digestive apparent des différents composants de la ration est déterminé par la formule suivante :

$$\text{CUD } (\%)_{\text{apparent}} = \frac{\text{Ingestat} - \text{Excretat}}{\text{Ingestat}} \times 100$$

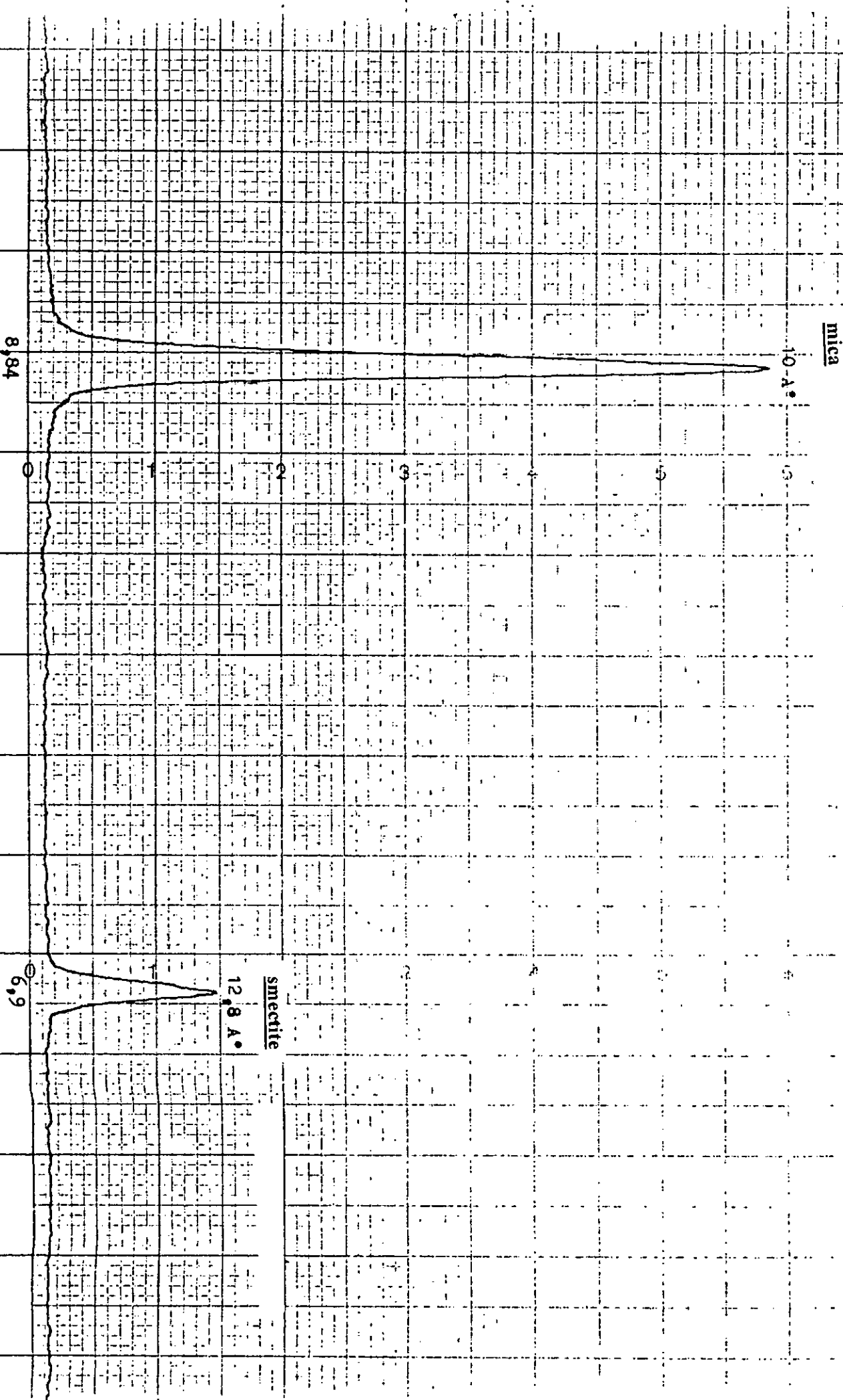
I - 4 ANALYSE STATISTIQUE :

Les analyses de variance des différents paramètres mesurés sont suivies par une comparaison de moyennes selon le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% (DAGNELIE, 1975).



Appareil philips RX
Diffracton en poudre

Fig V : Identification de l'argile utilisée par diffractométrie aux rayons X



II - ESSAI N° 2 : Effets de l'argile sur la valorisation de l'azote non protéique, la digestibilité et l'ingestibilité

II - 1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL:

Les mêmes animaux, ainsi que le foin et le concentré ayant servis pour la première expérience ont été reconduits pour cet essai dans les mêmes conditions expérimentales que l'essai (1). Les 12 béliers ont été repartis en 3 lots de 4, pour lesquels le foin a été distribué à volonté et une même quantité de concentré (250 g) et d'urée (40g) pour tous les lots. Les animaux du lot témoin n'ont pas reçus d'argile, les rations des lots expérimentaux étaient additionnées de 2,5 et 5% d'argile. Notons enfin que l'apport d'urée s'est fait d'une manière progressive durant une phase d'adaptation de 15 jours.

Un déséquilibre volontaire entre PDIE - PDIN a été provoqué pour voir le devenir de l'ammoniac en excès, en présence et en l'absence d'argile, ainsi que le comportement de l'animal.

Au cours de la période expérimentale qui a durée 15 jours, les quantités de foin distribuées ont été ajustées quotidiennement pour que les animaux ne soient pas privés afin de fixer l'ingestibilité optimale. Durant cette phase, les teneurs en matière sèche du foin refusé et les fèces ont été également déterminées (à la même heure). Pendant les 3 derniers jours de l'expérience, les urines de 24 heures émises ont été recueillies selon la méthode de HENRY (1979) dans des récipients propres dans lesquels on mis préalablement un conservateur (20 ml d'acide sulfurique à 5 - 10 % de concentration) afin de mesurer le bilan azoté et de voir les réactions des animaux à travers la chimie des urines (bilirubine, pH et corps cétoniques). Egalement le sang a été prélevé afin de doser les transaminases et la créatinine des animaux des différents lots.

II - 2 LE BILAN AZOTE :

Il s'agit de la quantité d'azote retenue par l'organisme de l'animal pour la couverture de ses besoins d'entretien et de production. La quantité d'azote retenue est obtenue par différence entre la quantité d'azote ingérée et la somme d'azote urinaire et fécal.

II - 3 CALCUL DES PDIE - PDIN :

Les PDIE et PDIN ont été déterminées à partir d'équations de régression (INRA, 1978).

II - 4 ANALYSE STATISTIQUE :

Les analyses de variance des différentes variables mesurées sont appuyées par une comparaison de moyennes selon le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% (DAGNELIE, 1975).

III - ESSAI N° 3 : Effets de l'argile sur la croissance de jeunes agneaux

III - 1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL :

24 agneaux âgés de 5 mois \pm 1 semaine, pesant en moyenne 25.4 kg, ont constitué sur 3 lots de huit agneaux chacun (tab. XX).

L'expérience s'est déroulée en Mars 1996 chez un éleveur privé et s'est étalée sur 8 semaines. Notons que cette année était exceptionnelle de part sa pluviométrie et sa répartition tout le long de l'année, ce qui a permis une offre fourragère importante.

Pendant la journée, les animaux sont mis au pâturage libre sur parcours et dès leur retour, le soir un concentré ovin (le même que celui de l'essai 1 et 2) leur est offert à raison de 300 g par sujet et par jour, additionné de 0 - 2,5 ou 5 % d'argile, respectivement pour le lot témoin, l'expérimental 1 et 2.

Signalons enfin que les animaux des différents lots ont été traités contre les parasites internes à l'IVOMECC 15 jours avant l'expérience. Egalement trois (3) couleurs de peinture ont servis pour l'identification des animaux.

TABLEAU XX : Poids vifs initiaux (kg) des animaux des différents lots :

ANIMAUX	LOTS		
	Témoin	2,5%	5%
1	25,50	25,0	25,30
2	25,0	25,60	25,50
3	25,80	25,40	25,80
4	26,0	25,70	25,0
5	25,70	26,0	25,0
6	25,20	26,0	25,10
7	25,0	25,0	25,20
8	25,90	25,10	26,0
Moyenne	25,51	25,47	25,36
Ecart type	0,40	0,42	0,37
Signification	Différence non significative		

TROISIEME PARTIE

RESULTATS

ET

DISCUSSIONS

RESULTATS ET DISCUSSIONS

I - ESSAI N° 1 :

I - 1- RESULTATS :

Tableau XXI : Résultats de la digestibilité et l'ingestibilité :

Lots		Témoin	5%d'argile	10% d'argile	Signification
D I G E S T e n (%) I B I L I T E	MS	62.07 ^(a)	62.71 ^(a)	54.17 ^(b)	P = 0.01
	MM	59.63 ^(b)	72.54 ^(a)	48.26 ^(c)	P = 0.0008
	MO	60.01 ^(a)	62.07 ^(a)	54.68 ^(b)	P = 0.01
	MAT	75.13 ^(b)	81.94 ^(a)	71.99 ^(b)	P = 0.007
	MG	71.21 ^(b)	76.96 ^(a)	57.88 ^(c)	P = 0.06
	CB	62.57 ^(a)	66.11 ^(a)	56.03 ^(b)	P = 0.003
INGESTIBILITE g MS foin / sujet/j		(b) 614.7 ± 10.23	(a) 636.4 ± 12.22	(b) 608.1 ± 4.92	P = 0.006

(a - b - c) : significativement différents

Tableau XXII: Chimie des urines et transaminases :

Lots		Témoin	5%d'argile	10% d'argile	Signification
Chimie des urines	Glucose (g/l)	négatif	traces	faible	
	Sang (mg/l)	négatif	négatif	traces	
	Bilirubine (g/)	négatif	négatif	négatif	
	corps cétoniques	négatif	négatif	faible	
Transaminases	TGO (U/ 100ml)	(b) 93 ± 2.58	(b) 96 ± 2.16	(a) 103. ± 4.08	P = 0.003
	TGP (U/ 100ml)	(b) 18 ± 0.82	(b) 19 ± 0.82	(a) 21 ± 1.83	P = 0.02

(a - b - c) : Significativement différents.

Fig n° VI : REPRESENTATIONS GRAPHIQUES DE LA DIGESTIBILITE DE L'ESSAI N° I

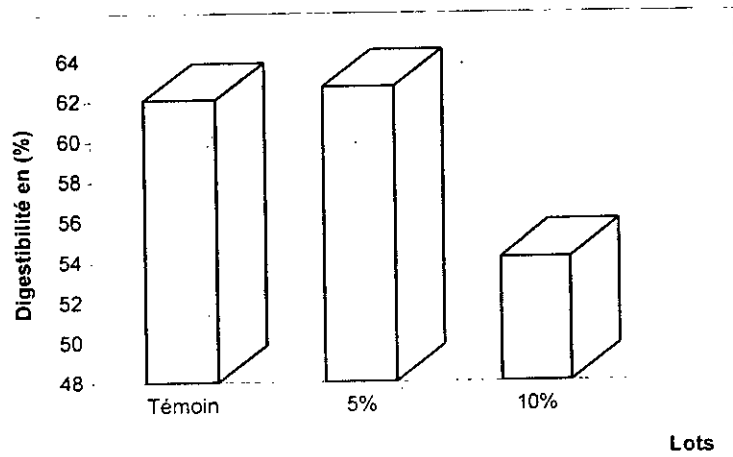


Fig VI (a) : Digestibilité de la matière sèche

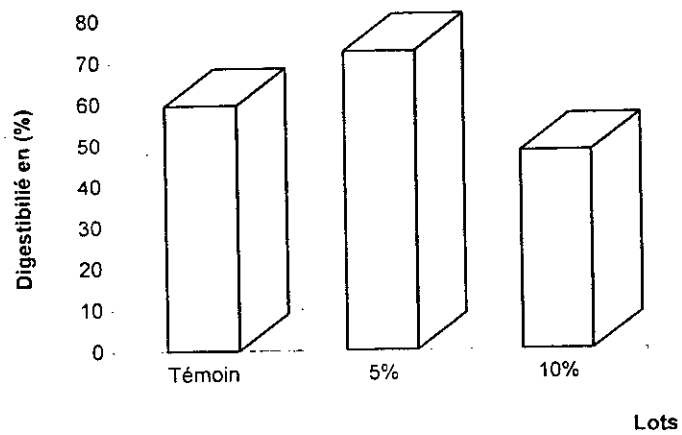
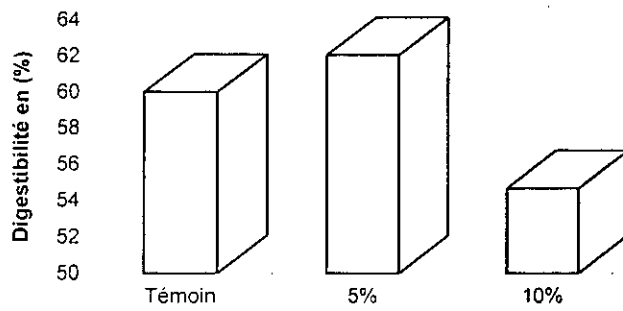


Fig VI (b) : Digestibilité de la matière minérale

**Fig n° VI : REPRESENTATIONS GRAPHIQUES DE LA DIGESTIBILITE
DE L'ESSAI N° : I**



FigVI (c) : Digestibilité de la matière organique Lots

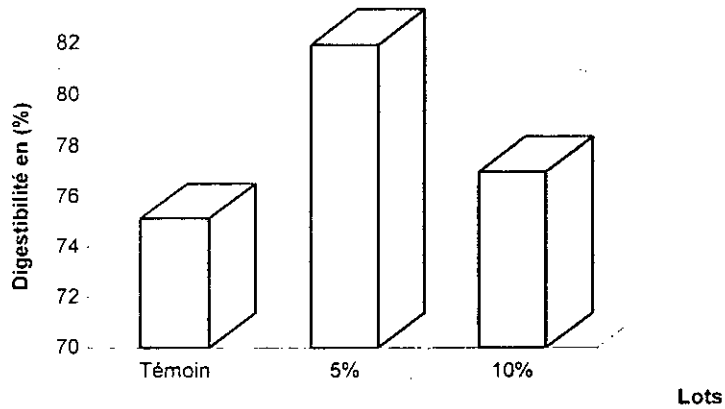
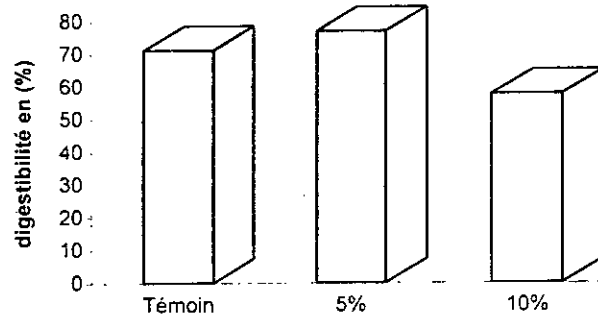


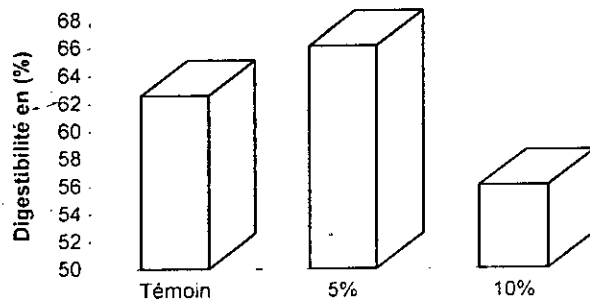
Fig VI (d) : Digestibilité des matières azotées totales

Fig n° VI : REPRESENTATIONS GRAPHIQUES DE LA DIGESTIBILITE DE L'ESSAI N° : I



Lots

Fig VI(e) : digestibilité de la matière grasse



lots

Fig VI (f) : Digestibilité de la cellulose brute

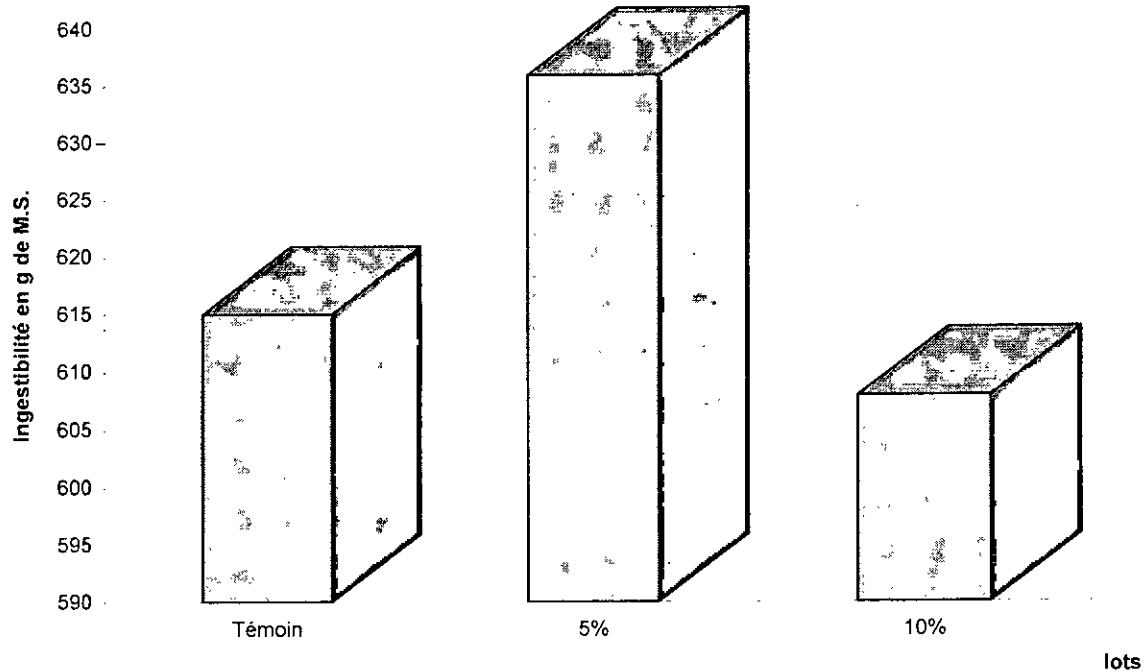


Fig VII : Quantités journalières moyennes consommées en grammes de matière sèche
(ESSAI I)

I - 2 DISCUSSIONS :

Au cours de cet essai et celui qui suit, nous avons utilisé des rations simplifiées réduites à un seul fourrage afin d'écartier d'éventuelles complémentarités.

D'une manière générale, avec 5% d'argile, il a été observé les meilleurs rendements de digestion, cela est vraisemblablement lié à une activité enzymatique optimale favorisée par des conditions physico-chimiques plus stables et plus propices (pH, adhérence, échange de cations). En effet, l'argile agit sur le pH par un échange de cations (Ca, Mg, ...), le milieu devient neutre et s'enrichit en conséquence en minéraux. Aussi, il semble selon ROGER (1994) et JOUANY (1994), que l'effet combiné de la part du concentré rentrant dans les rations (ne dépassant pas les 75%) et la stabilité du pH ont permis une économie d'énergie (par diminution de méthane), de ce fait ils ont favorisés une protéosynthèse microbienne importante et déplacement de la digestion des protéines et de l'amidon vers l'intestin grêle.

A ce propos, PULATOV (1983) rapporte également que l'addition de zéolite permet d'augmenter l'adhérence des micro-organismes aux parois végétales. Ce qui facilite l'action des enzymes et augmente le rendement. De même, JOUANY (1994), signale que l'adhésion permet aux micro-organismes de rendre leur action plus efficace en concentrant les enzymes hydrolytiques sur les tissus cibles.

En se référant aux résultats de ROGER et al (1990) qui concluent que le magnésium active les cellulases et avec le calcium améliore l'adhésion. On ne peut que retenir l'hypothèse formulée à propos de l'effet de l'argile sur l'activité enzymatique.

Toujours, dans le même contexte, SHRIVER (1991) cité par FONTY et al (1995) considère que les pH acides réduisent l'attachement microbien de 43% avec une chute dramatique de la digestibilité de la cellulose brute.

De toute manière, les résultats de la digestibilité du lot 5% sont en parfaite accord avec ceux rapportés par COLLINGS et al (1980), NOWAR et al SHAWABEKH (1988) qui ont observés une amélioration de la digestibilité apparente de la matière sèche et des protéines chez des ovins nourris avec des rations contenant la bentonite. Ces auteurs, lient cette performance au métabolisme des minéraux; facteur essentiel pour la plupart des réactions enzymatiques. Ce qui confirme nos

résultats, du fait que l'utilisation de la matière minérale était meilleure avec 5 % d'argile.

Par ailleurs, XANDE et DEMARQUILLY (1983), en étudiant la valeur alimentaire des pailles de céréales ont rapporté qu'une diminution dans l'ingestion est généralement suivie d'une diminution dans la quantité de salive émise donc de rumination, entraînant une modification des conditions physico-chimiques du rumen qui deviennent peu propices à une activité cellulolytique intense.

L'influence positive de la dose de 5% d'argile sur l'ingestibilité est due essentiellement à l'amélioration de la digestibilité. Cette observation rejoint celles de BLAXTER et al (1961), CORBETT et al (1963), DEMARQUILLY (1965) et NOWAR (1989 a), qui rapportent que la vitesse d'ingestion chez les ruminants est étroitement liée à la vitesse de digestion dans le rumen. Une telle idée a été également signalée par CRAMPTON (1957). En outre, BLAXTER et al (1956), estiment que l'accroissement du niveau d'ingestion est accompagné d'une accélération du transit digestif.

La faible performance observée en matière d'ingestibilité et de digestibilité avec 10% d'argile est imputable à la dose pratiquée. En effet, NOWAR (1989b) a établi que des doses élevées de bentonite chez les ovins, ralentissent d'une manière spectaculaire la vitesse de transit et d'ingestion sans pour cela qu'il observe de signes d'intoxications. Quoique, en étudiant la faiblesse des CUD et d'ingestibilité du lot 10 % en relation avec la chimie des urines et le profil sérologique, on en déduit les conclusions suivantes :

- l'urine normale ne contient pas de glucose. Cependant, il est présent en faible quantité chez le lot 10 %. A ce propos, COLES (1979), rapporte que des affections hépatiques peuvent entraîner une glycosurie, ce qui laisse penser qu'à des doses élevées, l'argile ne peut être que gênante et sans aucune utilité chez les ovins. Quoique, selon NOWAR (communication personnelle), des doses de 10 % peuvent être apportées sans risques pathologiques chez les bovins;

- A l'état normal, on ne trouve pas de corps cétoniques (l'acétone et l'acide diacétique) dans les urines. La présence de corps cétoniques en faibles

quantités chez le lot 10 % est due probablement à un effet de stress métabolique. En effet, PATERSON (1967), rapporte qu'une cétonurie dite physiologique peut apparaître dans certains états de stress, de changements de régimes, de gestation ou lors d'un effort physique intense;

- A raison de 10 %, les hématies sont faiblement lysées. On en déduit, qu'une telle dose ne peut être administrée chez les ovins ;

- Absence de bilirubine par le test des BANDELETTES et celui de la MOUSSE. En conséquence, l'hypothèse de lésion des cellules hépatiques suite à un effet perturbateur d'une dose élevée d'argile est écartée;

- L'augmentation des unités d'activité des transaminases glutamiques oxaloacétiques et des transaminases glutamiques pyruviques chez le lot 10 %, reste dans les normes et épargne les cellules du foie d'une dégénérescence ou d'une destruction.

En conclusion, l'utilisation de doses supérieures ou égale à 10 % dans les rations des ovins ne peuvent être que gênantes et perturbatrices du métabolisme, sans pour cela qu'elles engendrent des affections pathologiques.

En contre partie, la dose de 5 % améliore la digestibilité et l'ingestibilité.

I - 3 CONCLUSION :

Les résultats d'ingestibilité et de digestibilité confirment que l'incorporation d'argile à raison de 5 % est d'une grande utilité dans les conditions alimentaires algérienne. Toutefois, la présence d'argile en quantités élevées dans les rations est sans conséquences pathologiques chez l'animal, mais qui reste non concluante vis à vis de notre objectif, car elle ne fait que déprimer la digestibilité et l'appétit.

II - ESSAI N° 2 :

II - 1 RESULTATS :

Tableau XXIII : Résultats de la digestibilité et l'ingestibilité :

Lots		Témoin	2.5% d'argile	5% d'argile	Signification
DIGESTIBILITE	MS	46.75*	48.55*	52.25*	P = 0.07
	MM	20.10 ^(b)	14.90 ^(c)	32.42 ^(a)	P = 0.04
	MO	42.79*	45.29*	48.36*	P = 0.12
	MAT ⁽¹⁾	25.47 ^(c)	41.37 ^(b)	49.56 ^(a)	P < 0.00001
	MG	57.38 ^(b)	66.92 ^(a)	69.27 ^(a)	P = 0.02
	CB	49.01 ^(c)	55.18 ^(b)	60.66 ^(a)	P = 0.002
INGESTIBILITE g MS / animal/j		(b) 597.85 ± 14.69	(b) 608.35 ± 22.83	(a) 677.65 ± 19.27	P = 0.0005

* : Différence non significative

(1) : Il s'agit de : $\frac{N \text{ ingéré} - (N \text{ fécal} + N \text{ urinaire})}{N \text{ ingéré}} \times 100$

Tableau XXIV : Chimie des urines, transaminases et créatinine :

Lots	Témoin	2,5% d'argile	5% d'argile	Signification
CHIMIE DES URINES				
corps cétoniques	Faible	traces	traces	
Bilirubine	Faible	négatif	négatif	
pH	(b) 4.9 ± 0.22	(a) 6.6 ± 0.41	(a) 6.9 ± 0.26	P < 0.00001
ANALYSES SEROLOGIQUES				
Créatinine (mg/ 100 ml de sérum)	(c) 1.92 ± 0.03	(b) 1.50 ± 0.08	(a) 1.27 ± 0.03	P < 0.00001
TGO (U / 100 ml)	(c) 126.00 ± 3.16	(b) 114.00 ± 3.65	(a) 96.00 ± 2.94	P < 0.00001
TGP (U / 100 ml)	(c) 23.7 ± 1.69	(b) 19.3 ± 1.70	(a) 16.8 ± 0.36	P = 0.0003

(a - b - c) : Significativement différents.

Fig VIII: REPRESENTATIONS GRAPHIQUES DE LA DIGESTIBILITE DE L'ESSAI N° 2

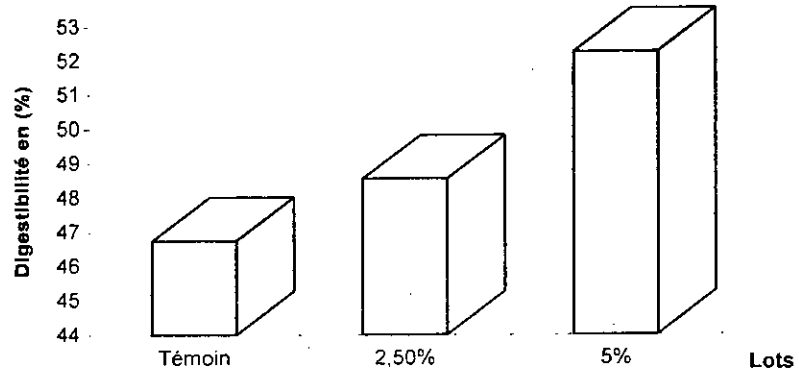


Fig VIII (a) : Digestibilité de la matière sèche

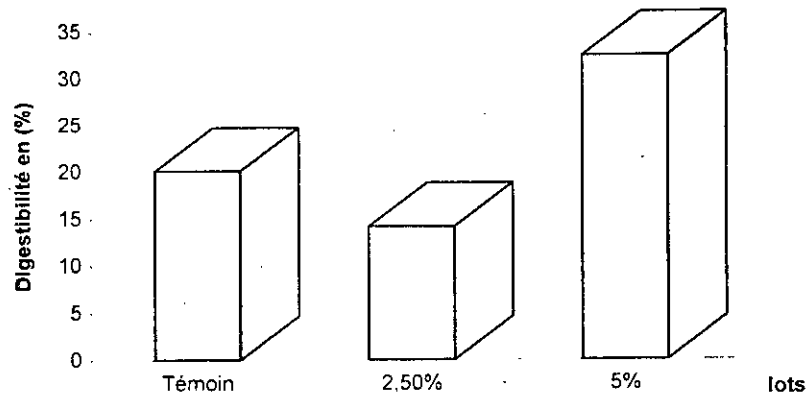


Fig VIII (b) : Digestibilité de la matière minérale

Fig VIII : REPRESENTATIONS GRAPHIQUES DE LA DIGESTIBILITE DE L'ESSAI N° II

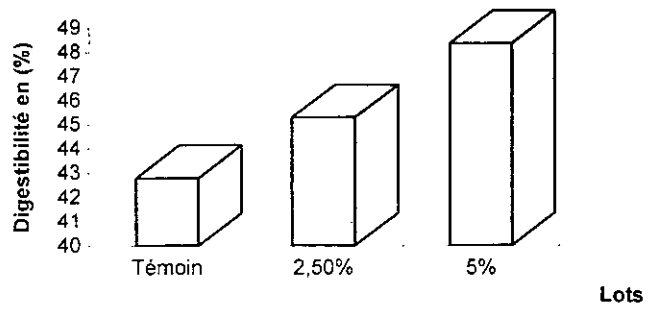


Fig VIII (c) : Digestibilité de la matière organique

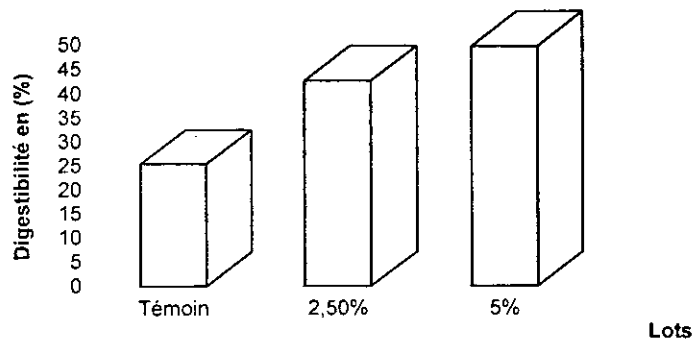


Fig VIII (d) : Digestibilité de la matière azotée totale

Fig VIII : REPRESENTATIONS GRAPHIQUES DE LA DIGESTIBILITE DE L'ESSAI N° II

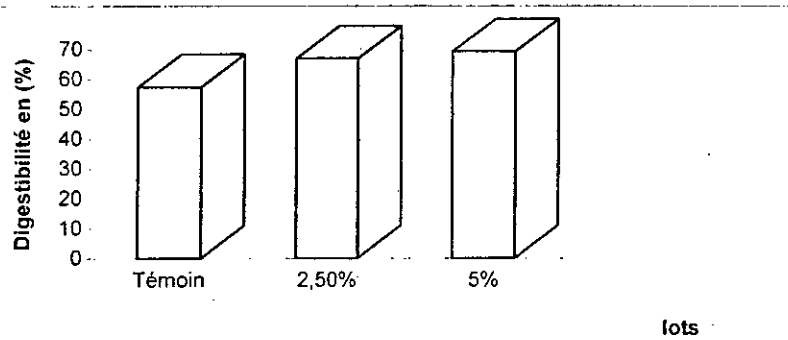


Fig VIII (e) : Digestibilité de la matière grasse

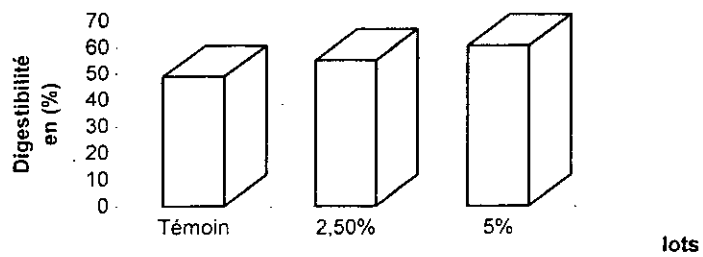


Fig VIII (f) : Digestibilité de la cellulose brute

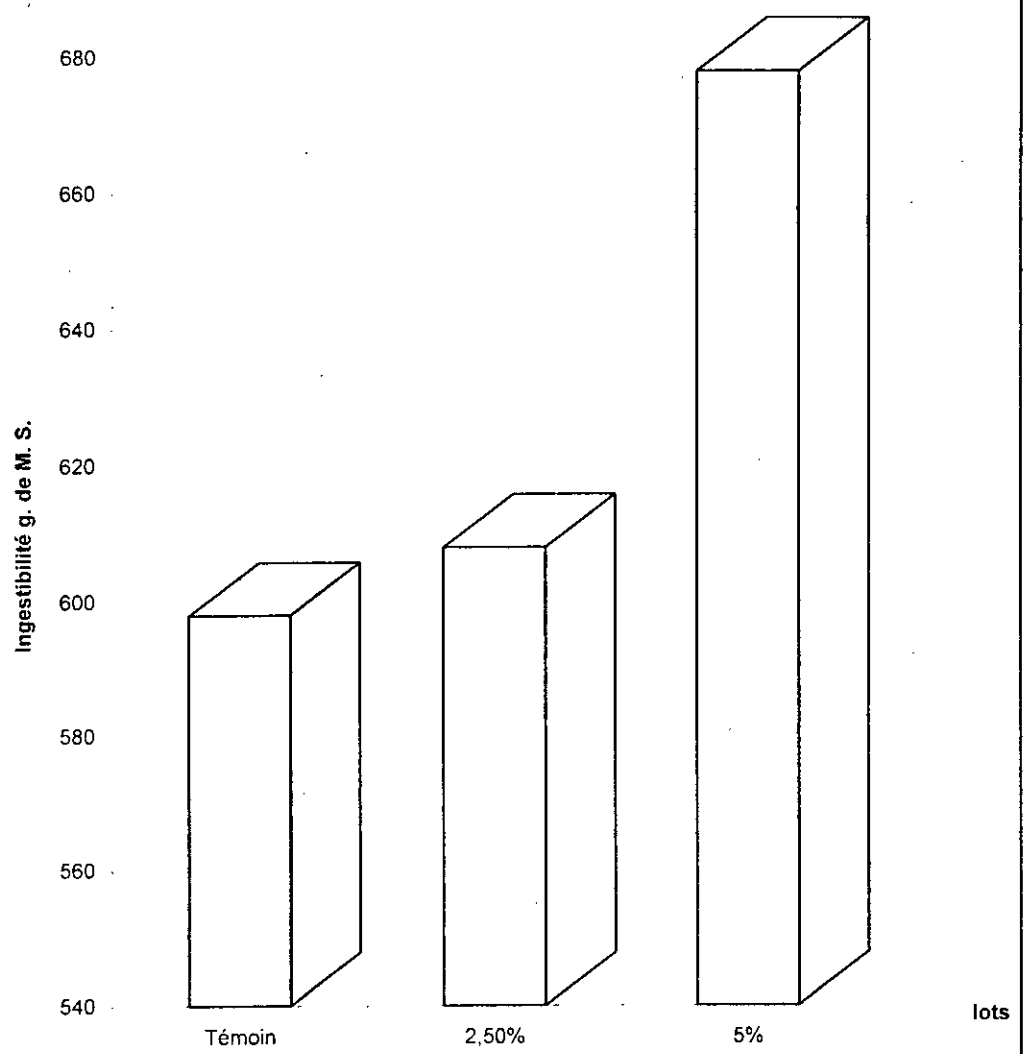


Fig IX : Quantités journalières moyennes consommées en grammes de matière sèche

II - 2 DISCUSSIONS :

a - Ingestibilité :

Les quantités de foin ingéré ont été plus importantes quand le régime contenait de l'argile. Ainsi, le passage de 0 à 5 % d'argile avait amélioré d'une manière significative l'ingestion de 13,3 % ($P = 0,0005$). Ce résultat coïncide avec ceux de COLLINGS et al (1980), POWLEY et al (1981), SCHELL et al (1993), rapportant que l'addition de bentonite chez le porc améliore significativement les quantités journalières consommées. Par ailleurs, chez les ruminants, DUNN et al (1979), ont conclu que la consommation la plus élevée ne s'opère qu'avec un mélange de bentonite et de carbonate de sodium.

Ce fait montre, que plus grande est la quantité de foin ingéré, meilleure est la digestibilité de la ration. Celle ci apparaît comme une caractéristique très liée à l'association d'argile dans le régime. Une telle relation, a déjà été mise en évidence par BLAXTER et al (1961), CORBETT et al (1963) et DEMARQILLY (1965), ROGER (1994), qui rapportent que l'ingestibilité est liée à la vitesse de vidange qui dépend de la rapidité de réduction en petites particules, donc de la digestibilité.

Il est également possible de penser que le fait que les animaux recevant l'argile consomment plus de matière sèche, cela semble dû d'avantage à une activité microbienne meilleure, nécessitant comme condition préalable la satisfaction des besoins en cobalt (POLLOCK, 1990), en magnésium; nécessaire à la croissance et l'adhésion de la plupart des micro-organismes (ROGER et al, 1990) et en calcium. (MESCHY, 1993). D'autre part, en se référant aux conclusions de ROGER (1994) à propos de l'ingestion, il semble que l'ammoniac en présence de minéraux (surtout le phosphore apporté par l'argile) stimule la croissance des bactéries cellulolytiques. Ainsi, la protéosynthèse microbienne et le niveau de la consommation volontaire finissent par être améliorés.

La différence observée dans les quantités ingérées chez le lot témoin " recevant le régime urée sans argile ". Peut être expliquée en partie par une diminution de l'activité microbienne sous l'effet d'une élévation du pH dans le sens de l'alcalose (déduction faite à travers le bilan azoté). A ce propos,

BAUDET (1994), affirme que l'augmentation du pH, perturbe l'activité microbienne et sa multiplication et réduit en conséquence l'appétit. En outre, ROGER (1994), rapporte que l'utilisation de l'azote non protéique diminue la consommation de la matière sèche quand l'amidon ou l'énergie soluble fait défaut.

b - Le bilan azoté :

L'influence positive marquée de l'effet argile sur le bilan azoté (16 et 24.1 points), respectivement pour les lots 2,5 et 5 % est due essentiellement à une meilleure valorisation de l'ammoniac en excès, en présence d'argile. Cette dernière étant sélectionnée pour sa capacité d'adsorber et de stocker l'ammoniac résultant d'une fermentation trop rapide, entraînant une élévation du pH dans le sens de l'alcalose.

En revanche, face au déséquilibre entre PDIE - PDIN, les capacités de synthèse de l'ammoniac "chez le lot témoin" étant dépassées et la croissance microbienne semble être affectée également. A ce sujet, FONTY et al (1995), soulignent que le taux maximum de croissance microbienne dépend de la concentration d'ammoniac. Les mêmes auteurs rapportent, que l'augmentation du pH sous l'effet de fortes concentrations ruminales d'ammoniac, réduit la disponibilité du magnésium; donc la croissance de la microflore se trouve perturbée. Une telle idée, a été rapportée par BAUDET (1994), qui a souligné que la mauvaise utilisation de l'ammoniac, conduit à son accumulation dans le rumen. La première conséquence est une élévation du pH qui nuit gravement à l'activité microbienne ruminale; fait se répercutant sur le rendement azoté d'une part et sur la digestibilité des autres constituants de la ration d'autre part.

Par ailleurs, plusieurs auteurs ont montré l'importance de la bentonite dans la fixation de l'ammoniac. Ainsi, MARTIN et al (1969), ont montré que l'ammoniac se fixe à la bentonite in vitro. RINDSIG et SCHULTZ (1970), ont rapporté également que la bentonite fixe l'ammoniac au niveau du rumen chez les vaches laitières. NOWAR (1989 b), conclu que le tourteau de soja pouvait être substitué par l'urée jusqu'à 77 % sans aucun risque de toxicité.

Enfin, selon NOWAR (communication personnelle), l'effet négatif de la synthèse protéique microbienne pourrait être corrigé par addition de bentonite.

c- Digestibilité :

D'une manière générale, les sujets alimentés à raison de 5 % d'argile ont donnés lieu à des différences significatives dans les coefficients d'utilisation digestive de la cellulose brute, de la matière minérale et de la matière grasse de 11,6 points ($p < 0,002$), 12,3 points ($P = 0,04$) et 12 points ($P = 0,02$) respectivement.

Par contre, sans qu'on puisse trouver une explication, on observe des améliorations non significatives dans la digestibilité de la matière organique et de la matière sèche.

Nous pensons que devant le déficit en énergie nécessaire à l'utilisation de l'urée, l'ammoniac en excès a été piégé entre les feuillets de l'argile. Cet état motive la microflore à utiliser au maximum les principales sources d'énergie représentées par la cellulose, la matière grasse et même celle qui est stockée par elle même. De même, la meilleure digestibilité de matière minérale chez le lot 5 %, semble être due à la capacité d'échange cationique que possède l'argile vis à vis de certains minéraux

" cobalt, calcium, magnésium " nécessaires pour la croissance et l'activité de la plupart des micro-organismes et qui jouent un rôle catalytique de la majorité des réactions enzymatiques.

Ces derniers faits, semblent montrer, que l'origine la plus probable de l'amélioration des différents CUD, se situe bien au niveau de la satisfaction des besoins des micro-organismes en minéraux et au niveau de la stabilité du pH (grâce à son pouvoir tampon, l'argile s'oppose à l'alcalose en fixant l'ammoniac).

Enfin, les résultats de la digestibilité ne s'éloignent pas de ceux de NOWAR et AL SHAWABEKH (1988), qui ont observé une amélioration du coefficient d'utilisation digestive et de la valeur nutritive, quand la dose de bentonite augmente et ceci jusqu'au seuil de 5 %. De même, NOWAR et al (1988) ont rapporté que le rendement alimentaire s'améliore en présence de bentonite.

En revanche, le même effet a été observé chez le manogastrique par COLLINGS et al (1980), qui estiment que la bentonite améliore d'une manière significative la digestibilité de la matière sèche chez le porc.

d- chimie des urines et profils sérologiques :

- Les corps cétoniques :

Devant la situation de La présence de corps cétoniques chez le lot témoin recevant de l'urée sans argile, et avec l'indisponibilité d'une source d'énergie nécessaire à l'utilisation de l'ammoniac en excès, nous amène à penser que l'animal puise probablement de ses réserves, augmentant ainsi la concentration des corps cétoniques dans l'urine. Par ailleurs, chez les lots recevant l'argile, les corps cétoniques sont pratiquement absents malgré la même situation de déséquilibre entre PDIE - PDIN. Cela suppose, qu'en présence d'argile, l'ammoniac en excès est adsorbé et stocké par cette dernière et n'est libéré que lorsque l'organisme en aura besoin. En conséquence l'utilisation des matières azotées est meilleure (le bilan azoté confirme bien cette idée) et les risques de toxicité sont écartés. Une telle idée, rejoint celle de RINDSIG et SCHULTZ (1970), NOWAR (1989 b) qui rapportent qu'en présence de bentonite, l'excès d'ammoniac est adsorbé entre les feuillets de l'argile; donnant ainsi à une population microbienne abondante, le temps nécessaire pour l'utiliser. Donc, le bilan azoté fini par être amélioré.

- La bilirubine :

On ne trouve normalement pas de bilirubine dans l'urine du mouton, par contre elle est présente chez les animaux présentant des lésions des cellules hépatiques (COLES 1979).

Les résultats des lots expérimentaux recevant de l'urée avec argile sont négatifs. Il en résulte un fonctionnement normal du foie malgré l'excès d'azote fermentescible par rapport à la quantité d'énergie disponible. Cela nous a permis de formuler deux hypothèses :

* L'excès d'ammoniac n'a pas échappé à travers la paroi du rumen et n'a pas non plus fatigué le foie, mais il a été capté par l'argile;

* Le peu de pertes d'azote par la voie urinaire chez les lots expérimentaux, suppose que le foie de ces animaux n'était pas sollicité et fatigué par l'ammoniac en excès.

Par contre, chez les animaux du lot témoin " absence d'argile " la bilirubine est présente; cela est dû en grande partie à l'effet négatif de l'ammoniac en excès qui a rejoint le foie avec risque de fatigue de cet organe.

Ces derniers faits montrent que l'argile joue le rôle d'un véritable réservoir vis à vis de l'ammoniac.

- Le pH :

Selon COLE (1979), le régime alimentaire et l'état métabolique jouent un rôle important dans le pH normal des urines, c'est ainsi que les animaux recevant une alimentation végétale ont tendance à produire une urine alcaline, tandis que l'urine est normalement acide chez les animaux ayant une alimentation à base de céréales ou riche en protéines.

On peut se demander si l'acidification de l'urine des animaux du lot témoin n'a pas eu pour origine l'excès d'ammoniac du fait que chez les lots expérimentaux, le pH des urines est neutre, suite à la fixation de l'ammoniac par l'argile et le bilan azoté très significatif montre bien une meilleure utilisation de l'azote par les animaux recevant l'argile.

- Créatinine :

Une élévation du taux de créatinine (supérieur à 2 mg/100 ml) indique une atteinte fonctionnelle ou lésionnelle grave du rein. Les valeurs normales dans le sérum sont indiquées comme étant 1 à 2 mg/100 ml (COLES , 1979).

A travers les résultats, on constate que les taux de créatinine des lots expérimentaux sont significativement différents du lot témoin ($P < 0,00001$) et que dans la situation la plus extrême (1,92 mg/100 ml chez le témoin) on reste dans la norme des valeurs normales. Ceci épargne le rein d'une atteinte

quelconque et n'empêche pas de dire que l'argile contribue d'une manière positive à améliorer les fonctions rénales par abaissement du taux de créatinine.

- Les transaminases " TGO - TGP " :

L'augmentation de la " TGP " dans le sérum , témoigne d'une dégénérescence ou d'une destruction des cellules du foie.

La " TGO " n'est pas spécifique du foie mais on l'utilise pour la mesure du degré de nécrose hépatique si les autres organes ne sont pas malades. Comme ces enzymes ont principalement leurs fonctions à l'intérieur des cellules, leur augmentation dans le sérum est souvent le reflet d'une destruction ou d'une altération des cellules.

Les valeurs normales selon BLINCO et DYE (1958) sont :

* TGO : 128 U / 100 ml

* TGP : 23.2 U / 100 ml

Le dosage des transaminases a montré des élévations des taux de TGP et TGO du lot témoin mais qui restent au voisinage de la normale. Cela témoigne d'une activité enzymatique plus élevée; motivée par un excès d'ammoniac. On assiste alors, à une réaction de défense en produisant d'avantage ces enzymes afin de se débarrasser de l'excès d'ammoniac. La présence des transaminases en quantités plus élevées chez le lot témoin nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

* L'excès d'ammoniac en absence d'argile, augmente l'activité enzymatique et peut avec le temps fatiguer le foie;

* Le dosage de la TGO, montre bien qu'on est aux limites de toxicité; hypothèse justifiée par le dosage de la bilirubine de l'urine;

* Les transaminases dosées n'ont fait que consolider les conclusions tirées à propos du rôle de l'argile dans la fixation de l'ammoniac et l'amélioration du bilan azoté.

II - 3 CONCLUSION :

L'urée peut être un bon correcteur du déficit protéique qu'accuse les rations de bases algériennes, à condition de maîtriser son uréolyse rapide.

A raison de 5%, l'argile contribue à une meilleure maîtrise de l'ammoniogénèse dans le rumen et améliore d'une façon remarquable le bilan azoté. Les risques de toxicité ont été écartés chez les animaux recevant l'urée avec argile.

Enfin, l'argile peut constituer un véritable réservoir vis à vis de l'ammoniac en excès, empêchant ainsi sa fuite à travers la paroi du rumen.

III - ESSAI N° 3 :

III - 1 RESULTATS :

Tableau XXV : Poids vifs initiaux et finaux des animaux des différents lots (en kg)

Poids vifs moyens	Témoin	2.5% d'argile	5% d'argile	Signification
Poids initial	* 25.51 ± 0.40	* 25.47 ± 0.42	* 25.36 ± 0.37	P = 0.74
Poids final	(c) 33.55 ± 0.45	(b) 34.96 ± 0.44	(a) 35.92 ± 0.32	P < 0.00001
Différence de poids (kg)	(c) 8.0 ± 0.19	(b) 9.49 ± 0.08	(a) 10.56 ± 0.30	P < 0.00001
GMQ (g/j)	(c) 143.00 ± 3.44	(b) 169.0 ± 1.49	(a) 188.0 ± 5.37	P < 0.00001

(*) : Différence non significative.

(a - b - c) : Significativement différents.

III - 2 DISCUSSIONS :

L'analyse de l'évolution des poids vifs au cours de la phase expérimentale montre que :

- Durant les deux premières semaines de l'essai, l'hypothèse d'égalité de moyennes a été acceptée et que par conséquent il n'existe pas de différences entre les GMQ des différents lots. Ce qui laisse supposer que durant ce temps, les animaux recevant l'argile n'ont pas développés une microflore caractéristique au nouveau régime et qu'il leur a fallu 15 jours pour créer un environnement stable;

- A partir de la troisième semaine, la croissance commence à être significative statistiquement et ce, jusqu'à la fin de l'essai où l'on a enregistré des gains de poids de 2,5 et 1,5 kg, respectivement pour les lots 5 et 2,5 % ($P < 0,00001$) en comparaison avec le lot témoin " sans argile ". Ce résultat est en parfait accord avec ceux de HUNTINGTON et al (1977), NOWAR et al (1988), qui ont conclu à travers leurs études sur les ovins que la bentonite améliore le gain moyen quotidien et l'indice de consommation. Cependant, NOWAR (1989 a), observe une différence de poids de 3 kg au cours de huit semaines sur agneaux; cette amélioration est probablement induite par l'effet race, âge des animaux et mode d'élevage (intensif). DUNN et al (1979) quand à eux, estiment que pour être efficace, la bentonite doit être additionnée par le carbonate de sodium. Ainsi, ils ont amélioré le GMQ de 37 %, le même effet a été observé chez les monogastriques (porc) avec 5% de bentonite par VETTER (1967), SCHELL et al (1993). En revanche, pour COLLINGS et al (1980), POWLEY et al (1981), une dose de 2 % de bentonite semble être efficace dans l'amélioration du GMQ chez la même espèce animale.

VETTER (1967), COLLINGS et al (1980), expliquent cette croissance par une amélioration de la digestion sans donner les phénomènes métaboliques motivant cette amélioration. Cependant, NOWAR (communication personnelle), affirme que plus les conditions physico-chimiques du rumen sont favorables à l'activité microbienne et à sa multiplication, meilleur est la digestibilité;

l'organisme profite alors au maximum de l'aliment offert pour répondre à ses besoins d'entretien et de croissance.

III - 3 CONCLUSION :

Par rapport aux témoins, l'argile a permis d'améliorer d'une manière significative le gain moyen quotidien des animaux des lots expérimentaux.

Cependant, pour être efficace, les animaux doivent être accoutumés à l'argile pour que la population microbienne se stabilise et l'activité enzymatique soit intense, en effet, la croissance n'a commencée à être significative qu'à partir de la troisième semaine.

CONCLUSION GENERALE

Cette étude présente surtout comme originalité les possibilités offertes par l'argile utilisée (mélange d'illite et de smectite) en vue d'accroître non seulement le rendement de la digestion, l'ingestion et la croissance, mais aussi de maîtriser l'ammoniogénèse dans le rumen.

A travers les résultats obtenus, l'argile s'est révélée d'une importance particulièrement notable avec le taux de 5%. Son emploi ne peut être que justifié devant la situation de sécheresse qui touche le pays depuis plusieurs années et la médiocrité des rations de base offertes au cheptel algérien et qui restent loin de couvrir les besoins d'entretien.

Cependant, on est conduit à se demander si les résultats observés avec le type d'argile utilisée (CEC= 24 meq/100g) restent valables avec l'utilisation de bentonite pure possédant une capacité d'échange cationique élevée (CEC= 80-150). Autrement dit, peut-on retenir la dose de 5% avec bentonite? ou encore, des doses de bentonite inférieures à 5% ne seraient-elles pas en mesure de réaliser les mêmes résultats?

D'autre part, les résultats observés avec 5% se maintiennent-ils avec les modes d'élevage ovins pratiqués en Algérie et les régimes les caractérisants (intensif, semi-intensif), la production recherchée et les autres espèces animales (bovins, caprins, volaille, lapin, etc...)?

Pour élucider ces questions, il convient de poursuivre les recherches dans le contexte algérien sur animaux fustilés dans le but d'étudier de près les fermentations ruminales et le comportement du faciès microbien afin de standardiser l'emploi des argiles dans nos élevages.

Enfin, sachant que le produit en question est abondant dans la nature (voir dans le pays même), il est fort souhaitable que les efforts se conjuguent par les structures concernées (ONAB, ITEBO, ITPE, offices du lait, chambres d'agriculture, et services agricoles) afin de favoriser la généralisation de l'emploi des argiles, en vue d'une meilleure exploitation des disponibilités alimentaires animales.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDELBAKI S. M. S., 1977. Study on effects of zéolite and carbamide contents of rations on some physiological functions in sheep. Ph.D. thesis, Sofia. p 126.
- ABDELBAKI S. M. S., NOWAR M. S., 1981. Studies on dietary soil in sheep rations. Res. Bull, N° 438. Zagazig. Agric.
- ABDELBAKI S. M. S., NOWAR M. S., 1986. Rice hulls with cassova and urea in complete rations for ruminants. 3 rd Int rice. Conf. Alexandria, Egypt
- AFNOR (1981). Detremination de la teneur en sucres réducteurs des produits amylacés, vol 3.
- AKIN D. E., GORDON G. L., HOGAN J. P., 1983. Rumen bacterial and fungal degradation of digitaria pentzii grown with and without sulfu. Appl. Environ. Microbiol., 76, 738 - 748.
- AKIN D. E., LYON C. E., WINDHAM W. R., RIGSBY L.L., 1989. Physical degradation of lignified stem tissues by ruminal fungi. Appl. Environ. Microbiol., 55, 611 - 616.
- ANONYME., 1983. Les gisements de bentonite en Algerie. Fiche technique, SONAREM.
- BAUDET H. M., 1994 . Fièvres du lait : L'intérêt d'une ration acidogène. PLM., 240 (10): 51- 55.
- BERTIN C., 1995. Prevenir l'acidose. PLM., 247 (5) : 56 - 57.
- BLAXTER K. L., MC GRAHAM N., WAINMAN R.W., 1956. Some observations on the digestibility of food by sheep, and on related problems. Brit . J. Nut., 10 : 69 - 91.
- BLAXTER K. L., WAINMAN R.W., WILSON R. W., 1961. The regulation of food intake by sheep. Anim. prod., 3: 51- 61
- BLINCO C., DYE W. B., 1958. Serum transaminase in white muscle disease. J. Anim - sci., 17 : 224.
- BONNEAU M., SOUCHIER B., 1979. Constituants et propriétés du sol. Pedologie, T 2. Edit Masson, Paris.
- BURKITT W. H., 1969. Sodium bentonite addition to high concentrate pelleted rations fed finishing yearling cattle. Feeds tuffs, 45.

- CARSON M. S., SMITH T. K., 1983.** Role of bentonite in prevention of T2 Toxicosis in Rats. *J. Anim. Sci*, 57 (6) : 1498 - 1506.
- COLES E. H., 1979.** Le laboratoire en clinique vétérinaire. 2° ed, vigot. 641 p.
- COLLING D. P., BRITTON R. A., FARLIN S. D., NIELSEN M. K., 1979.** Effects of adding sodium bentonite to high grain diets for ruminants lambs. *J. Anim. Sci*, Vol 48 (3): 641 - 648.
- COLLINGS G. F., THOMASSON S. A., KU P.K., MILLER E. R., 1980.** Sodium bentonite in swine diets. *J - Anim. Sci.*, 50 (2) : 272 -277.
- CORBETT J. L., LENGLANDS J. P., REID G. W., 1963.** Effets of season of growth and digestibility of herbage on intake by grazing dairy cows. *J. Brit. Sci.*, 11: 107.
- CRAMPTON E. W., 1957.** Interrelation between digestible nutrient and energy content, voluntary dry matter intake, and the overall feeding value of forages. *J. Anim. Sci.*, 16 : 546 - 552.
- DAGNELIE P., 1975.** Théories et méthodes statistiques. Applications agronomiques. Vol 2, 2° edit.
- DEMARQUILLY C., 1965.** Facteurs de variation de la qualité d'herbe consommée par le mouton. *Fourrages* 22 : 84 - 97.
- DEVISM J., 1988.** Les micro-organismes dans l'alimentation des ruminants. *PLM* 172 (7 - 8) : 111 - 114.
- DUNN B. H., EMERICK R. J., EMBRY L. B., 1979.** Sodium bentonite and sodium bicarbonate in high concentrate diets for lambs and steers. *J. Anim. Sci.*, 48 (4) : 764 - 769.
- EADIE J. M., 1962.** Inter relationships between rumen ciliate protozoa. *J Gen. Microbiol.*, 29 : 579 - 588.
- FISHER L. J., MACKAY V. G., 1983.** The investigation of sodium bicarbonate or bentonite as supplements in silages fed to lactating cows. *Can. J. Anim. Sci.*, 63 : 939 - 947.
- FONTY G., GOUET PH., JOUANY J. P., SENAUD J., 1987.** Establishment of the microflora and anaerobic fungi in the rumen of lambs. *J. Gen. Microbiol.*, 129 : 213 - 223.

FONTY G., JOUANY J. P., FORANO E., GOUET PH., 1995.

Nutrition des ruminants domestiques : l'écosystème microbien du réticulo rumen. ed INRA - Route de Saint CYR, Paris.

FORD C. W., ELLIOTT R., MAYNARD P. J., 1987. The effect of chlorite delignification on digestibility of some grass forages and on intake and rumen microbial activity in sheep fed barley straw. *J. Agr. Sci.*, 108 : 129 - 136.

HENRY J. B., 1979. Clinical diagnosis and management by laboratory methods, 16 th ed. Philadelphia sannders.

HUNGATE R. E., 1966. The rumen and its microbes. *Cornell. Vet.*, 42 : 423 - 449.

HUNTINGTON G. B., EMERICK R. J., EMBRY L. B., 1977.

Sodium bentonite or sodium bicarbonate as aids on feeding high concentrate diets to lambs. *J. Anim Sci.*, 45: 804 - 811.

I-N-R-A., 1978. Alimentation des ruminants. Edit, INRA. Paris.

IVAN M., DAYRELL M., HIDROGLOU M., 1992. Effects of bentonite and monensin on selected elements in the stomach and liver of fauna-free and faunated sheep. *J. Dairy. Sci.*, 75 (1) : 201 - 208.

JOBLIN K. N., 1989. The roles of protozoa and fungi in ruminant digestion. Penambul books, 259 - 260, Australia.

JONES R. J., MEGARRITY R. G., 1986. Success ful transfer degrading bacteria from Hawaian goats to Australian ruminants to over come the toxicity of leucaena. *Aust. Vet. J.*, 63 : 259 - 262.

JOUANY J. P., 1978. Contribution à l'étude des protozoaires ciliés du rumen: leur dynamique, leur rôle dans la digestion et leur intérêt pour le ruminant. Thèse de Doctorat. Univ; de Clermont II.

JOUANY J. P., 1991. Métabolisme des micro-organismes du rumen et digestion chez les ruminants. ed INRA. Paris., 239 - 261.

JOUANY J. P., 1994. Les fermentations dans le rumen et leur optimisation. *INRA Theix. Prod. Anim.*, 7 (3) : 207 - 222.

LATHAM M. J., HOBBS D. G., HARRIS P. J., 1979. Adhesion of rumen bacteria to alcali treated plant. *Ann. Rech. Vet.*, 10 : 224 - 245.

- LECOQ Y., 1969.** Manipulation d'analyse alimentaire et analyses usuelles. edit. Ducom. Paris.
- LINDEMANN M.D., BLODGETT D. J., KORNEGAY E. T., SCHURIG G. G., 1993.** Potential ameliorators of aflatoxicosis in weanling - growing swine. *J. Anim. Sci.*, 71 (1) : 171 - 178.
- MARKS J. G., FOWLER J. F., SHERETZ E. F., RIETSCHER R. L., 1995.** Prevention of poison ivy and poison oak allergic contact dermatitis by quaternium -18 bentonite. *J. Amer. Acad. Dermatol.*, 33 (8) : 212 - 216.
- MARTIN L. C., CLIFORD A. J., TILLMAN A. D., 1969.** Studies on sodium bentonite in ruminant diets containing urea. *J. Anim. Sci.*, 29 : 777.
- MATTHEWS A., 1988.** Product evolution at work. *Feed management.*, 39 : 11 - 19.
- MESCHY F., 1993.** Rien ne se fera sans les minéraux. *PLM.*, n° 227 (7 - 8) : 32 - 33.
- MEDAU J., 1984.** Dictionnaire vidal. 60° edit. 1252 - 1253.
- MUMPTON F. A., FISHMAN P. H., 1977.** The application of naturel zéolites in animal science and agriculture. *J. Anim. Sci.*, 45 (5) : 1188.
- NOWAR M. S., 1989 a.** Effect on feeding Jordonian clays on digestibility and daily feed intake to lambs. *Rech - activ - univ of Oman* : 12 - 15.
- NOWAR M. S., 1989 b.** Effect of adding Jordonian clays on nitrogen balance and ration, digestibility in ruminant diets containing high levels of urea. *Rech - activ - univ of Oman* : 27 - 31.
- NOWAR M. S., AL SHAWABEKH K., 1988.** Frist results in JORDAN on the effect of feeding Jordania clays: effect on digestibility with special reference to the effect on blood hematology. *Rech - activ- univ of Oman* : 43 - 47 .
- NOWAR M. S., AL SHAWABEKH K., KHOURY H. N., 1988.** First results in JORDAN on the effect of feeding Jordonian clays: effect on fattening lambs performance with special reference to the effect on blood hematology, liver and kidney functions and parasitological and serological examinations. *Rech- activ- univ of Oman* : 41 - 42 .

- NOWAR M. S., OUADIA L., HARB M., CHAKIB A., EL FATAFTA A., AL SHAWABEKH K., KHOURY H. N., SAYED K., 1989 a.** The effects of bentonite on milk production and milk fat percentage. Final rep. Clay addition in the animal food. Agri. Fac. Univ of Oman : 15 - 18
- NOWAR M. S., OUADIA L., HARB M., CHAKIB A., EL FATAFTA A., AL SHAWABEKH K., KHOURY H. N., SAYED K., 1989 b.** Effects of différent levels of kaolinite on the performances of chicken. Final rep. Clay addition in the animal food. Agri. Fac. Univ of Oman : 18 - 19.
- PARAGON S., 1994.** Des rations à profil acidogène. Pourquoi ? Pour qui ? Comment ? PLM., 240 (10) : 51 - 55.
- PATERSON T., 1967.** Materiel and fetal keton concentration in plasma and urine concet., 22 (4): 865.
- PETKOV A., ENEV E. I., 1979.** Rumen digestion parameters in lambs fed with pelleted diet. Ann. Rech. Vet., 10 : 440 - 441.
- POLLOCK J. M., 1994.** Le couple vitamine E et sélénium renforce l'immunité. Rech en science vete., '56 : 100 - 107.
- POND W. G., YEN L. H., 1985.** Changes in concentrations of rumen and blood constituents in ewes during adaptation to dietary urea with and without kaolinite. Nutr. Repport Internat., 32 (2) : 425 - 437.
- POWLEY J.S., CHEEKE P. R., ENGLAND D. C., DAVIDSON T. P., KENNICK W.H., 1981.** Performance of growing - finishing swine fed high levels of alfalfa meal: effects of alfalfa level dietary additives and antibiotics. J. Anim - Sci., 53 (2): 308 - 316.
- PULATOV V., 1983.** Biological properties of zéolites. Trudy uzbekskogo skogoi veterinarnago institua., 35 : 30 - 33.
- QUISENBERRY J. H., BRADLEY J. W., 1984.** Sodium bentonite feeding experiment. Feed stuffs., 36 (11) : 23.
- RINDSIG R. B., SCHULTZ L. H., 1970.** Effect of bentonite on nitrogen and mineral balances and ration digestibility of high grain rations fed to lacting daïry cows. j - Daïry - Sci., 53 : 888.

- RINDSIG R. B., SCHULTZ L. H., SHOOK G. E., 1969.** Effects of the addition of bentonite to high-grain dairy rations which depress milk fat ratio. *J. Dairy. Sci.*, 52 : 1770.
- ROGER W., 1994.** Alimentation de la vache laitière. 2° edit. France Agricole.
- ROGER V., FONTY G., KOMISARCZUK B. S., GOUET P h., 1990.** Effects of physico-chemical factors on the adhesion to cellulose avicel of the ruminal bacteria. *Br. j. Nutr.*, 54 : 105 - 119.
- RUSSELL J. B., BALDWIN R. L., 1978.** Substrate preferences in rumen bacteria evidence of catabolite regulatory mechanisms. *Appl. Environ. Microbiol.*, 36 : 319 - 329.
- RUSSELL J. B., SHARP W. M., BALDWIN R. L., 1979.** The effect of pH on maximum bacterial growth rate and its possible role as a determinant of bacterial competition in the rumen. *J. Anim. Sci.*, 48 : 251 - 255.
- S C E, 1974.** The committee on enzymes of the scandinavian society for clinical chemistry and clinical physiology. *Scand. J. Clin. Lab.*, 33 : 291.
- SCHELL T. C., LINDEMANN M. D., KORNEGAY E. T., BLODGETT D. J., DOERR J. A., 1993.** Effectiveness of different types of clay for reducing the detrimental effects of aflatoxin-contaminated diets on performance and serum profiles of weanling pigs. *J - Anim - Sci.*, 71 (5) : 1226 - 1231.
- SLANINA L., 1974.** Pufferung des panseninhaltes mit montmorillonit bei industriemäßiger rinderhaltung. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.*, 81 (12) : 549 - 604.
- SLANINA L., SOKOL J., LEHOCKY J., ROSIVAL I., 1974.** Celorocná pufrácia kr'mnej dávky, montmorillonitom (Bentonitom) u dojnic' a jej VPLYV Na Zdravotny' stav, hematologické a biochemické ukazovatele. *Vet. Med. Praha.*, 19 (8) : 463 - 472.
- SOLTNER D., 1986** Les bases de la production végétale, tome 1. Le sol. 14° edit.

- SOUTHERN L. L., WARD T. L., BIDNER T. D., HERBERT L. G., 1994.** Effect of sodium bentonite or hydrated sodium calcium aluminosilicate on growth performance and tibia mineral. *Poult. Sci.*, 73 (6) : 848 - 854.
- USHIDA K., JOUANY J. P., THIVEND P., 1986.** Role of rumen protozoa in nitrogen digestion in sheep given two isonitrogenous diets. *Br. J. Nutr.*, 56 : 407 - 419.
- VETTER R. L., 1967.** Evaluation of bentonite in a high concentrate finishing ration for steers. *J. Anim - Sci.*, 89 (3) : 1110 - 1119.
- WINDHAM W. R., AKIN D. E., 1984.** Rumen fungi and forage fiber degradation. *Appl. Environ. Microbiol.*, 48 : 473 - 476.
- XANDE A., DEMARQUILLY C., 1983.** Influence du traitement mécanique et chimique à la soude sur la valeur alimentaire des pailles de céréale mesurée sur moutons. *Ann. Zoot (32)*, 341 - 356 . INRA theix.
- YVES C., 1989.** Les oligo-éléments en agriculture et en élevage. Ed. INRA. Route SAINT CYR. Paris.

ANNEXE A

ESSAI N° 1

TABLEAU I : Quantités moyennes d'aliments consommés (g/ sujet/d) :

Aliments	LOTS															
	Témoin				5%				10%							
	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4				
g MS de foin	617,9	600,8	625,2	614,9	652,3	622,8	633,7	636,9	613,5	606,5	610,3	602,1				
g MS concentré	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470				
Totale MS ingérée	1087,9	1070,8	1095,2	1084,9	1122,3	1092,8	1103,7	1106,9	1083,5	1076,5	1080,3	1072,1				

TABIEAU II : Composition chimique des fèces :

Composition chimique	LOTS											
	Témoïn				5%				10%			
	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4
MS (%)	47,5	48,2	50,6	46,7	44,1	43,5	43,8	45,2	49,6	51,2	52,7	50,4
MM (% MS)	10,92	14,98	13,67	6,74	11,74	9,93	8,65	10,66	13,04	13,34	13,49	13,71
MO (% MS)	89,07	85,02	86,32	93,25	88,25	90,06	91,84	89,33	86,95	86,11	86,50	86,29
MAT (% MS)	15,47	12,07	16,24	16,68	12,83	14,06	11,75	12,87	12,48	13,82	14,83	15,33
MG (% MS)	6,94	5,18	5,53	6,63	5,89	5,51	5,02	6,41	6,61	8,49	9,69	4,16
CB (% MS)	66,65	67,76	64,54	69,93	69,52	70,48	76,85	70,04	67,86	63,79	61,97	66,78
Quantités moyennes de MS de fèces récoltées en g /sujet /j												
	428,2	419,9	471,5	416,2	362,2	410,0	443,0	434,0	502,6	487,8	427,1	459,0

(*) : Les quantités d'argile distribuées aux lots expérimentaux (soit 25g et 50g) ont été retranché.

TABLEAU III : Résultats des transaminases :

Aliments	LOTS											
	Témoin				5%				10%			
	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
TGO (UI)	92	96	94	90	99	94	95	96	100	102	109	101
TGP (UI)	18	19	17	18	20	19	18	19	22	19	20	23

ANNEXE B

ESSAI N° 2

TABLÉAU I : Quantités moyennes d'aliments consommés (g/ sujet/l):

Aliments	LOTS															
	Témoin				2,5%				5%							
	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
g MS de foin	580,2	592,7	614,2	604,3	617,7	582,0	599,0	634,7	653,5	673,2	699,1	684,8				
g MS concentré	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	
Urée* (g)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	

(*) : 1 g d'urée à 46,6 %, équivalent 2,9g MAT (0,466 x 6,25).

40 g d'urée équivalent 116 g MAT (40 x 2,9).

TABIEAU II : Composition chimique des fèces :

Composition chimique	LOTS															
	Témoïn				2,5%				5%							
	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4				
MS (%)	43,60	46,20	50,30	48,40	49,70	45,40	43,20	47,60	50,20	44,30	48,70	51,50				
MM (%) MS)	9,86	10,40	8,15	8,26	9,05	10,79	9,95	10,50	9,36	8,80	9,85	7,18				
MO (% MS)	90,13	89,59	91,85	91,73	90,94	89,20	90,04	89,49	90,63	91,19	90,14	92,81				
MAT (% MS)	11,30	10,40	10,70	11,60	8,90	9,30	10,0	9,60	7,40	8,20	8,0	7,90				
MG(% MS)	2,70	3,0	3,10	2,80	2,60	2,80	2,20	2,40	1,90	2,60	2,0	2,80				
CB(% MS)	34,60	33,50	35,40	33,20	31,40	30,60	31,60	31,20	30,40	29,60	30,60	29,40				
Quantités moyennes de MS* de fèces récoltées en g /sujet /j																
	451,8	419,8	470,5	432,5	453,6	398,9	403,2	481,7	432,8	394,4	451,0	465,8				

(*): Les quantités d'argile distribuées aux lots expérimentaux (soit 6,25 g et 12,5 g) ont été retranchées.

TABIEAU III : Volumes moyens des urines émises par 24 heures et leur composition en MAT :

ANIMAUX	LOTS							
	TEMOIN		2,5%		5%			
	Volume des urines ml/24h	MAT (%)	Volume des urines ml/24h	MAT (%)	Volume des urines ml/24h	MAT (%)	Volume des urines ml/24h	MAT (%)
1	915	11,03	1005	8,44	9,35	6,61		
2	900	11,12	980	7,42	900	8,66		
3	1020	8,88	9,10	7,80	1005	7,17		
4	930	11,62	1030	7,56	890	7,57		

TABLEAU IV : Profils sérologiques et chimie des urines des animaux des différents lots :

Paramètres mesurés	LOTS											
	Témoin				2,5%				5%			
	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal	Animal
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
pH	4,6	5,0	4,9	5,1	6,3	6,9	7,0	6,2	7,0	6,8	6,6	7,2
Créatinine (mg/100 ml)	1,90	1,96	1,89	1,93	1,40	1,60	1,50	1,50	1,22	1,28	1,30	1,28
TGO (UI)	122	125	128	129	116	118	110	112	98	94	93	99
TGP (UI)	22,5	23	26,2	23,1	20,5	18,1	21,0	17,60	17,2	16,50	17,0	16,50

ANNEXE C

ESSAI N° 3

TABLEAU I : Poids vifs à huit semaines (kg) des animaux des différents lots :

ANIMAUX	LOTS		
	Témoin	2,5%	5%
1	33,30	34,50	35,90
2	33,10	35,20	35,90
3	34,20	34,80	35,70
4	34,0	35,30	35,70
5	33,70	35,40	35,90
6	33,0	35,50	35,80
7	33,0	33,40	35,80
8	33,80	34,60	36,70
Moyenne	33,51	35,0	35,92

ANNEXE D

**TECHNIQUES DE DOSAGE
DE LA CREATININE ET DES
TRANSAMINASES**

TECHNIQUES DE DOSAGE DE LA CREATININE (Méthode cénétique) :

1 - Réactifs : - Réactif 1 : acide picrique

- Réactif 2 : NaOH

- Réactif auxiliaire : acide trichloracétique

2 - Technique :

- Etalonner l'appareil à zéro avec le blanc (eau distillée, pH 7)

- Etalon : Pipeter 1 ml d'acide picrique, 1 ml de NaOH et 0,2 ml d'étalon (réactif 3). Bien mélanger. Lire la densité optique à 500 nm après 3 mn

- Echantillon : Pipeter 1 ml d'acide picrique, 1 ml de NaOH et 0,2 ml d'étalon (réactif 3). Bien mélanger. Lire la densité optique à 500 nm après 3 mn

3 - Calcul :

$$\text{Concentration sanguine} = \frac{\text{Densité optique échantillon}}{\text{Densité optique étalon}} \times \text{concentration étalon}$$

TECHNIQUES DE DOSAGE DES TRANSAMINASES (SCE, 1974) :

	TGO	TGP
Réactif 1 (tampon phosphate, aspartate α cetoglutarate)	1 ml	-
Réactif 2 (tampon phosphate, alanine α cetoglutarate)	-	1 ml
INCUBER 5 mn à 37 °C		
Sérum	0,2 ml	0,2 ml
Mélanger et mettre à 37 °C	1 heure	30 mn
Réactif 3 (2-4 dinitrphenyl - hydrazine)	1 ml	1 ml
Mélanger, laisser reposer 20 mn à température ambiante		
Soude 0,4 N	10 ml	10 ml
Mélanger , attendre 5 mn, doser au spectrophotomètre		