Unité de Service Enseignement
et Formation en Elevage
Campus de Baillarguet
TA A-71 / B
34 398 MONTPELLIER Cedex 5

UNIVERSITÉ MONTPELLIER II
UFR Sciences
Place Eugène Bataillon
34 095 MONTPELLIER Cedex 5

MASTER 2EME ANNEE

BIOLOGIE GEOSCIENCES AGRORESSOURCES

ET ENVIRONNEMENT

SPECIALITE PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES

ETUDE DE L'EFFET DE DIFFERENTS NIVEAUX DE FOURRAGE VERT SUR L'ALIMENTATION D'OVINS AU PATURAGE ET A L'AUGE EN ZONE TROPICALE HUMIDE

Présenté par

Emilie COBO

Réalisé sous la direction de : Mme Boval Maryline

Organisme et pays : INRA Antilles-Guyane en Guadeloupe

Période du stage : du 10 avril au 12 septembre 2007

Date de soutenance : 1 octobre 2007

Année universitaire 2006-2007

000096079

RESUME

Pour améliorer les productions animales en zone tropicale humide, des recherches conduites à l'INRA Antilles-Guyane visent à améliorer l'alimentation au pâturage, qui est le mode de gestion le plus répandu dans les pays du Sud mais toutefois moins connus que l'auge. Les principaux facteurs de l'ingestion qui distinguent le pâturage de l'auge sont à la fois liés au fourrage (caractéristiques prairiales) et à l'animal (comportement alimentaire).

De nombreuses études ont montré que l'augmentation des quantités proposées améliorait l'alimentation au pâturage, notamment dans des prairies tempérées. Une étude a été conduite à l'URZ du CRAG, pour tester cet effet au pâturage et à l'auge par des mesures de l'ingestion, de la digestibilité, du comportement alimentaire et des dynamiques digestives. Parallèlement, une approche méthodologique de la mesure de l'ingestion au pâturage suivant plusieurs méthodes (méthode de référence à l'auge, azote fécal et SPIR), a été réalisée afin d'apprécier l'aptitude des diverses méthode à estimer l'alimentation au pâturage.

Au pâturage, la digestibilité du fourrage prélevé est supérieure par rapport à l'auge. En revanche, l'ingestion est plus faible et la résultante, la fraction ingérée et digérée, est inférieure, de 16 % par rapport à l'auge. La faible densité de la prairie a pu limiter la préhension de grosses bouchées au pâturage. Même en accroissant leur durée d'ingestion (+ 1h20) par rapport aux animaux à l'auge, les béliers n'ont pu accroître leur ingestion. Sans compter qu'au pâturage, les béliers ont utilisé une partie du temps d'ingestion à développer un comportement sélectif qui a d'ailleurs conduit à une plus grande digestibilité de leur régime.
Les niveaux de fourrage proposés au pâturage n'ont eu aucun effet significatif sur l'ingestion ou la digestibilité. Il aurait fallu que le fourrage proposé ait une préhensibilité accrue, pour une meilleure efficacité de prélèvement de fourrage par bouchée. A l'auge, la digestibilité et l'ingestion ont été augmentées au niveau haut, du fait respectivement, de la possibilité de tri, différent de celui au pâturage, et de la densité de fourrage élevée dans les bacs en niveau haut.
De plus, les diverses méthodes utilisées pour déterminer l'ingestion et la digestibilité présentent des tendances générales, proches de celle obtenue avec la méthode de référence à l'auge. L'azote fécal et la SPIR peuvent donc être utilisés dans les études d'alimentation, à condition que les gammes étalons soient élargies, en particulier dans le cas de la SPIR.

Ainsi, l'étude se poursuit afin de conforter les hypothèses avancées mais surtout pour obtenir des données au pâturage, qui est un mode de conduite différant de l'auge, avec ses propres facteurs de l'ingestion.

Mots clés : alimentation, ingestion, digestibilité, ovin, auge, pâturage, méthodologies, comportement alimentaire, caractéristiques prairiales, zone tropicale humide.

ABSTRACT

To improve the livestock productions, the researches carried out by INRA Antilles-Guyane, aim at improving nutrition at pasture which is the most widespread mode of management in the countries of the South, but however, less known than in stalls. The determining factors of intake which discriminate pasture from stalls are both related to fodder (meadows characteristics) and animal (nutrition behaviour).
Several studies showed that increase of the amount distributed improved nutrition at pasture, particularly in temperate pastures. A study was led to the URZ of the CRAG, to test this effect at pasture and in stalls by measurements of intake, of digestibility, of the ingestive behaviour and dynamics of digestion. In addition, a methodological approach of intake measurement at pasture using several methods (method of reference in stalls, fecal nitrogen and NIRS), was realised to evaluate the potential of each method to estimate the differences in nutrition at pasture.

On pasture, the digestibility of taken forage is higher compared to in stalls. On the other hand, intake is weaker and the resultant, the amount of herbage ingested and digested, is lower by 16 % compared in stalls. The low density of meadow could limit the amount of herbage gripped per mouthful on pasture. Even by increasing their duration of intake (+ 1h20) compared to the animals in stalls, the rams couldn't increase their intake. Without counting that at pasture the rams spent time to be selective which induces indeed to a greater digestibility of their ration.
The levels of forage proposed at pasture did not have any significant effect on intake or digestibility. It would have been needed that forage proposed has an increased prehensibility for a better effectiveness of taking of fodder per mouthful. In stalls, digestibility and intake were increased at the high level, compared to the bottom level, by respectively, the possibility of sorting, differing from that with the pasture, and the density of fodder raised in the vats in high level.
Moreover, the various methods used to determine intake and digestibility offered similar general tendencies, as with the method of reference in stalls. Thus, faecal nitrogen and NIRS are usable in nutrition studies at pasture, provided that the range of standard is widened, particularly in the case of NIRS.

Thus, the study continues in order to consolidate the hypothesis advanced but especially to obtain data at pasture which is a mode of control different from stalls with its own factors of ingestion.

Key words : nutrition, intake, digestibility, sheep, stalls, pasture, methodologies, nutrition behaviour, meadow characteristics, wet tropical zone.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS 6
ABRÉVIATIONS 7
LISTES DES FIGURES ET TABLEAUX 8
INTRODUCTION 9

PARTIE A : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE 11
A-I- Ingestion en stabulation de fourrages verts par des ovins 11
A-I-1) Niveau d'ingestion 11
A-I-2) Facteurs influençant l'ingestion 11
A-I-2-a- Facteurs liés au fourrage 11
A-I-2-b- Facteurs liés à l'animal 14
A-I-2-c- Autres facteurs externes 15
A-II- Ingestion au pâturage par des ovins 16
A-II-1) Niveau d'ingestion des ovins au pâturage 16
A-II-2) Facteurs déterminant l'ingestion au pâturage 16
A-II-2-a- Facteurs prairiaux 17
A-II-2-b- Facteurs animaux : 18
A-III- Mesure de l'ingestion et de la digestibilité pour des ovins 20
A-III-1) Méthodologies utilisées à l'auge 20
A-III-2) Méthodologies utilisées au pâturage pour évaluer l'ingestion 20
A-III-2-a- Mesure de l'ingestion par la collecte de fourrage avant et après pâturage.. 20
A-III-2-b- Mesure de l'ingestion via comportement alimentaire 21
A-III-2-c- Méthodes basées sur l'excrétion fécale et la digestibilité 22

PARTIE B : MATERIEL ET METHODES 27
B-I- Présentation du site d'étude 27
B-II- Protocole 28
B-II-1) Contexte du sujet et objectifs de l'étude 28
B-II-2) Plan expérimental 29
B-II-3) Gestion des parcelles fourragères 29
B-II-4) Animaux et alimentation 29
B-IV- Mesures 30
B-IV-1) Mesure du fourrage 30
B-IV-2) Mesure de la digestibilité et de l'ingestion 31
B-IV-3) Mesure du comportement alimentaire 31
B-IV-5) Lecture des spectres des échantillons fécaux 32

PARTIE C : RESULTATS 34
C- I - Caractéristiques du fourrage proposé 34
C- II - Estimation de la digestibilité et de l'ingestion, comparaison des méthodes 34
C- II- 1) Effet du mode d'alimentation 36
C-II- 2) Effet du niveau proposé 36
C- III- Composition chimique du fourrage ingéré 36
C- IV- Variables du comportement alimentaire 37

PARTIE D : DISCUSSION 39

CONCLUSION 42
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 43
ANNEXES 48

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord M. Harry Archimède de m'avoir accueillie au sein de son Unité de Recherches Zootechniques ainsi que l'ensemble du personnel pour leur sympathie et leur accueil.

Je tiens à exprimer mes plus sincères remerciements à ma maître de stage, Mme Maryline Boval, pour m'avoir permis d'élargir mes connaissances en alimentation animale en régions chaudes. Je lui suis entièrement reconnaissante de m'avoir admise pour mon stage de Master 2 sur ce sujet qui me passionne et qui est en continuation avec mon stage de M 1. Grâce à l'ensemble de l'équipe Alimentation et Systèmes Pâturés, j'ai pu approfondir mes connaissances en alimentation tout en découvrant d'autres méthodologies et les particularités de l'élevage en zone tropicale. Je lui porte également tout ma gratitude pour m'avoir conseillée et s'être occupée de moi notamment à mon arrivée, lors de Dean et pendant la rédaction « stressée » de mon rapport.

Un grand merci également à Audrey, le footballeur, pour m'avoir fait participer à sa thèse dans la bonne humeur et pour ses nombreuses explications qui ont toujours été claires et précises.

Bien que je n'aie pas eu souvent l'occasion de participer aux analyses laboratoires, je tiens à adresser mes sincères salutations aux laborantins et laborantines pour leur disponibilité et leur amabilité.

Mille mercis également aux deux techniciens, Chickly et Pompom, qui m'ont si gentiment accueillies et encadrées tout au long de ce stage. Malgré un protocole assez lourd et des heures de travail parfois difficiles, ils ont su garder leur rigueur, leur motivation et leur convivialité ce qui a été un exemple pour moi.

Sans oublier l'équipe « porc » pour leur sympathie et leur aide au moment des mesures comportementales, surtout aux courageux des horaires de nuit.

Je ne remercierai jamais assez ma famille et mes amis qui m'ont soutenu même à sept milles kilomètres et qui ont su me réconforter et trouver les mots dans les moments difficiles.

Un petit clin d'œil à Jean-Christophe Munier pour son aide sur le terrain, ses nombreuses photos qui m'ont permis d'illustrer mon rapport, son soutien, sa patience et sa confiance en moi.

Je ne pouvais pas terminer ces remerciements sans parler des personnes qui m'ont soutenu dès mon arrivée, et qui ont aussi rendu par la suite mon séjour en Guadeloupe très agréable : Mélanie, Hugues, Lucina, Félix, les thésards et les stagiaires.

ABRÉVIATIONS

ADF : Acid Detergent Fiber (lignocellulose)

ADL : Acid Detergent Lignin

ASPT : Alimentation et Systèmes Pâturés Tropicaux

CEMAGREF : Institut de recherche pour l'Ingénierie de l'Agriculture et l'Environnement

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

CRAG : Centre INRA Antilles-Guyane

Cr_2O_3 : Oxyde de Chrome

d : Digestibilité

dMO : Matière Organique Digestible

dMS : Matière Sèche Digestible

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

MAT : Matière Azotée Totale

MM : Matière Minérale

MO : Matière Organique

MODI : Matière Organique Ingérée Digestible

MOI : Matière Organique Ingérée

MS : Matière Sèche

MSI : Matière Sèche Ingérée

MSVI : Matière Sèche Volontairement Ingérée

NB : Nombre de Bouchées

NDF : Neutral Detergent Fiber (parois totales)

PEG : Polyéthylène Glycol

PGAS : Physiologie et Génétique de l'Adaptation au Stress

QB : Quantité par Bouchée

QI : Quantité Ingérée

QId : Quantité Ingérée Digestible

SPIR ou **NIRS** : Spectrométrie dans le Proche Infra Rouge

TAO : Théorie de l'Alimentation Optimale

TP : Temps de Pâturage

UEPSA : Unité Expérimentale en Production et Santé Animale

URZ : Unité de Recherches Zootechniques

Yb : Ytterbium

LISTES DES FIGURES ET TABLEAUX

Liste des figures :

Figure 1 : Temps requis pour réduire les particules d'une graminée *Lolium perenne* (-----) et d'une légumineuse *Trifolium repens* (___) à une taille inférieure à 1 mm dans le rumen de moutons (Minson, 1990). 13

Figure 2 : Fibres contenues dans une gamme de fourrages tempérés (___) et tropicaux (----), Minson (1990). 14

Figure 3 : Organigramme de l'Unité de Recherches Zootechniques de l'INRA Antilles-Guyane (2007). 28

Figure 4 : Nuage de points des échantillons ayant servis à la calibration du SPIR (au centre, en bleu) et des échantillons analysés (en bas, en vert). 37

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Valeurs de NB et QB obtenues chez des ovins ingérant un mélange de ray-grass trèfle à deux hauteurs différentes (d'après Jarrige *et al.*, 1995). 18

Tableau 2 : Différentes méthodologies référencées utilisées pour estimer les quantités ingérées à l'auge et au pâturage. 26

Tableau 3 : Dispositif expérimental. 29

Tableau 4 : Estimation du nombre d'échantillons à analyser au laboratoire par essai. 33

Tableau 5 : Caractéristiques du fourrage proposé au pâturage et fauché et distribué à l'auge (Pangola, 28j). 34

Tableau 6 : Digestibilité et quantités ingérées, estimées par la méthode de référence, l'azote fécal ou la SPIR. 35

Tableau 7 : Caractéristiques du fourrage consommé, estimées via la SPIR. 36

Tableau 8 : Durées de pâturage, rumination et repos estimées au pâturage et à l'auge. 38

INTRODUCTION

Les systèmes de production des ruminants en zone tropicale représentent une part importante dans l'économie des sociétés humaines, grâce à leur potentialité à produire de la viande, du lait, de la laine et des peaux. L'activité d'élevage intervient également dans l'économie des pays du Sud via la fertilisation organique des sols et la culture attelée. Par ailleurs, l'élevage des ruminants joue à la fois un rôle social (cérémonies religieuses, dons, dotes, naissance d'un enfant, échanges, etc.) et écologique en participant à l'entretien de l'espace et en valorisant des résidus de récolte et des zones marginales peu propices aux cultures (Tatareau *et al.*, 1991). De par sa multifonctionnalité, l'élevage assure une sécurisation des familles d'éleveurs, une capitalisation, une diversification des activités, une intégration économique et sociale (Faye et Alary, 2001).

Dans les zones tropicales, les populations animales locales Créoles sont les mieux adaptées aux conditions du milieu et aux pathologies (Naves *et al.*, 2001). Le potentiel génétique de production de ces animaux domestiques leur confère de bonnes performances dans leur milieu d'élevage. Le potentiel génétique de production est mis en valeur, en grande partie, grâce à la nutrition et la maîtrise du parasitisme. Dans les élevages caribéens, le mode d'alimentation le plus répandu est le pâturage (Mahieu *et al.*, 1997). Ainsi, les productions dépendent de la gestion des prairies et de la conduite des troupeaux. Il s'agit de valoriser le potentiel génétique de ces espèces locales, afin de produire suffisamment de lait et de viande, tout en exploitant au mieux les ressources disponibles et en maîtrisant l'état sanitaire de ces animaux.
Dans les zones tropicales, la production des animaux est essentiellement axée sur la production de viande (95 %). Les élevages traditionnels présentent des troupeaux de petite taille orientés vers l'autoconsommation ou les marchés locaux (Tatareau *et al.*, 1991). Désormais, avec l'organisation de syndicats et de coopérative à la fin des années 70, et la forte demande en produits animaux, le développement d'une filière organisée des ruminants s'impose. En effet, le taux de croissance de la consommation en viande et en lait est estimé respectivement à 2,8 et 3,3 % par an dans les pays en voie de développement, entre 1995 et 2020. Cet accroissement représente 100 millions de tonnes de viande et 224 milliards de litres de lait qui devront être produits dans les 25 années à venir (Faye et Alary, 2001). Le contrôle des ressources génétiques, de l'alimentation, mais aussi de la filière viande est nécessaire au développement durable des productions animales en zone tropicale.

Par conséquent, pour améliorer la nutrition des animaux dans les pays du Sud, les recherches doivent mettre l'accent sur la nutrition, et plus exactement sur le pâturage, qui est le mode d'alimentation prépondérant. A l'auge, l'alimentation est contrôlée, alors qu'au pâturage, les animaux ont la possibilité de sélectionner les aliments qu'ils ingèrent suivant des modalités particulières. L'étude de l'alimentation au pâturage est plus complexe du fait des interactions entre le couvert végétal, les animaux et les conditions environnantes. De plus, contrairement à l'auge, il est difficile de contrôler les conditions d'alimentation, ce qui implique des difficultés méthodologiques à la mesure des quantités ingérées.

A l'Unité de Recherches Zootechniques (URZ) du Centre INRA Antilles-Guyane (CRAG) en Guadeloupe, des études sont conduites pour développer les productions animales en zone tropicale. Mon stage s'inscrit dans cette démarche de recherche et a eu pour objet l'alimentation des ovins au pâturage *vs* à l'auge, pour différents niveaux de fourrage proposés.

Dans une première partie bibliographique, le point sur les connaissances de l'alimentation des ovins à l'auge et au pâturage est exposé. Cette partie intègre d'une part, les différents facteurs influençant l'ingestion et d'autre part, les moyens méthodologiques mis en œuvre pour mesurer les quantités ingérées. Les principales différences entre l'auge et le pâturage sont mises en évidences ainsi que les difficultés méthodologiques rencontrées au pâturage.
Dans un deuxième temps, les objectifs du stage sont précisés, les mesures réalisées et les résultats obtenus sont présentés et discutés.

PARTIE A : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Du fait de la particularité anatomique, bactérienne et microbienne de leur tube digestif, les ruminants sont capables de valoriser des ressources végétales, non utilisables par le reste du règne animal. En plus d'entretenir l'espace rural, luttant ainsi contre l'embroussaillement et les risques d'incendie, ils ont surtout le rôle de transformer les végétaux en produits animaux. Les herbages constituent la principale, et souvent la seule source de nourriture pour les ruminants. La quantité et la qualité des produits animaux (lait, viande, laine et peaux) est largement tributaire des quantités fourragères disponibles mais aussi de la qualité de ces fourrages (composition botanique et chimique du pâturage). Ainsi, de nombreuses études sont menées sur l'alimentation des ruminants. Cette synthèse bibliographique porte uniquement sur la nutrition des ovins.

A-I- Ingestion en stabulation de fourrages verts par des ovins

A-I-1) Niveau d'ingestion

Chez les polygastriques, l'état nutritionnel dépend de deux paramètres, les **quantités ingérées** (QI) et la **digestibilité** (d). La digestibilité correspond à la fraction du fourrage ingéré, réellement digérée et utilisée pour le métabolisme. Ces variables sont de bons indicateurs de la valeur nutritive de l'aliment et du potentiel de production de l'animal, puisque de bonnes corrélations ont été obtenues entre le gain de poids vif et l'ingestion de MS digestible (Coleman et Moore, 2003). Ainsi, les quantités ingérées digestibles (QId) reflètent, de manière plus fine, l'apport réel en nutriments couvrant les besoins d'entretien et de production.
A travers les différentes études menées sur l'alimentation des ruminants à l'auge, les résultats obtenus sur les moutons sont variables d'un essai à l'autre. En effet, les QI mesurées pour des ovins varient entre 40 et 62,1 gMS/kg $P^{0,75}$ (Minson, 1990), en fonction du fourrage distribué. Cette variation s'explique par la particularité de chaque situation étudiée. En fait, l'ingestion est dépendante de caractéristiques animales telles que la race, le stade physiologique, le poids ou encore le potentiel génétique de l'animal, mais aussi des caractéristiques fourragères et des conditions climatiques. Ainsi, pour étudier l'ingestion des animaux, il faut **déterminer les principaux facteurs influençant les QI** afin de les hiérarchiser suivant leur importance.

A-I-2) Facteurs influençant l'ingestion

L'ingestion est liée aux caractéristiques des plantes fourragères (espèce fourragère, composition physico-chimique, etc.) mais aussi à des facteurs qui sont propres à l'animal (taille du rumen, stade physiologique, niveau de production, etc.).

A-I-2-a- Facteurs liés au fourrage

L'ingestion est tout d'abord liée à l'**encombrement du fourrage** dans le rumen (Coleman et Moore, 2003). Les fourrages distribués sont retenus dans le rumen pendant le temps nécessaire à leur réduction en fines particules, sous l'action principalement de la mastication lors de la rumination. Ils y exercent un effet d'encombrement, mesuré par la quantité de matière sèche présente dans le rumen. Cette quantité augmente avec la proportion de tissus

lignifiés, qui sont les plus résistants à la mastication (Jarrige, 1988). Ainsi, plus un fourrage est encombrant, moins l'animal va en consommer et vice-versa.

Les **différentes parties d'une plante**, de par leurs caractéristiques chimiques, ont des conséquences variables sur les QI. Quelle que soit l'espèce végétale et pour une même dMS, les feuilles sont consommées en priorité, au détriment des tiges. En effet, les feuilles sont moins riches en parties indigestibles telles que les parois totales (NDF), les fibres ADF et la lignine (ADL). De ce fait elles sont plus facilement et rapidement digérées. Ces différences de QI, entre tige et feuille, s'expliquent par une résistance moindre de ces dernières à être cisaillées puis digérées. Deux fois plus de particules de feuilles que de tiges sont réduites à une taille suffisante (< 1 mm), pour sortir du rumen et circuler vers le reste du tube digestif. En plus des faibles besoins énergétiques nécessaires au moment de la préhension des feuilles, le temps passé par celles-ci dans le rumen est également réduit par rapport aux tiges.

L'**humidité d'un fourrage** a un effet négatif sur sa consommation. A même maturité, un fourrage sec est consommé en plus grande quantité qu'un fourrage ayant un faible taux de matière sèche. Selon Minson (1990), aucun effet de la MS sur les QI n'a été révélé sauf lorsque le niveau d'eau excède 780 g/kg de fourrage frais. Quand l'eau contenu dans *Pennisetum purpureum* est réduit de 880 à 854 g/kg de fourrage par fanage, l'ingestion augmente de 15 % (Grant *et al.*, 1974). Lorsqu'un animal ingère un fourrage humide, il a tendance à l'avaler avant qu'il soit suffisamment réduit, la rumination se prolongeant par la suite plus longtemps et l'ingestion en est diminuée.

Suivant sa **maturité**, les compositions morphologique et chimique d'un fourrage sont modifiées. La maturité d'une plante se traduit par un ratio tige/feuille élevé et par un faible taux en protéines. L'animal nourrit avec un fourrage mature, va donc manger plus de parties fibreuses dont les particules prennent plus de temps à être réduites et sont plus encombrantes dans le rumen. La concentration en fibres brutes est négativement corrélée aux QI car elles exercent une résistance au moment de la rumination. Selon Laredo et Minson (1973), un ovin doit développer pratiquement deux fois plus de force pour ruminer une tige qu'une feuille (respectivement 450 et 250 KJ/kg). La baisse des QI est causée également par l'insuffisance en nutriments et plus précisément en protéines. Quand les protéines cellulaires ne dépassent pas 70 g/kg MS du fourrage, elles entraînent une chute des QI.

La **granulométrie des rations** des ruminants influence également leur consommation alimentaire. Pour des animaux nourris à l'auge, la même ration distribuée en brins longs, hachés ou broyés ne sera ingérée ni à la même vitesse, ni en même quantité (Jarrige *et al.*, 1995). Le hachage et sa distribution en vert permet une augmentation de près de 40 % de la production animale, due à une meilleure ingestion du fourrage (Artus-Poliakoff *et al.*, 1991). En effet, l'ingestion et la vitesse d'ingestion sont supérieures lorsque la longueur du fourrage est réduite par le hachage, qui facilite et accélère la réduction des particules dans le rumen.
En France, l'équipe de C. Demarquilly a étudié ce phénomène principalement sur des ovins. Cette amélioration de l'ingestibilité est liée à la « **valeur masticatoire d'un fourrage** » qui sera d'autant plus élevée que la réduction des particules est lente. Cette valeur masticatoire correspond au temps qu'il faut à un animal pour mastiquer 1 kg de ce fourrage. Un ruminant possède une capacité masticatoire maximale de 1000 minutes par jour. Pour une quantité de fourrage offerte qui nécessite une durée de mastication supérieure à 1 000 minutes, l'animal ingère moins de fourrage pour ne pas dépasser sa capacité masticatoire (Sauvant, 2000). Il s'agit d'une régulation physique par encombrement « buccal ».

Selon Minson (1990), les quantités volontairement ingérées dépendent par ailleurs des **niveaux de fourrage proposés**. En effet, l'ingestion est plus élevée quand le taux de refus représente 20 % du proposé, plutôt que 5 % du proposé. D'une part l'appétit augmente avec le

niveau de proposé et d'autre part l'animal peut davantage trier et se constituer une ration plus digestible, qui améliore indirectement l'ingestion (Zemmelink G., Manntje L.'t, 2002).

Parmi les principales **espèces fourragères**, les légumineuses et les graminées des régions tempérées et tropicales ont des ingestibilités qui leur sont propres. En milieu tempéré, les légumineuses sont souvent consommées en plus grande quantité que les graminées car elles ont la particularité d'être moins résistantes à la cassure pendant la préhension et la rumination. Les particules du digesta sont ainsi plus rapidement réduites en une taille suffisamment petite (< à 1 mm) pour circuler hors du rumen, ce qui se caractérise par une vitesse d'ingestion plus grande. Les moutons passent 6 à 7 heures pour mâcher 1kg de MS d'une légumineuse (*Trifolium repens*) alors qu'il leur faut plus de 8 heures pour 1 kg de MS d'une graminée (*Lolium perenne*) (Figure 1). Même si les légumineuses contiennent plus de lignine que les graminées, elles requièrent moins d'énergie pour être morcelées.

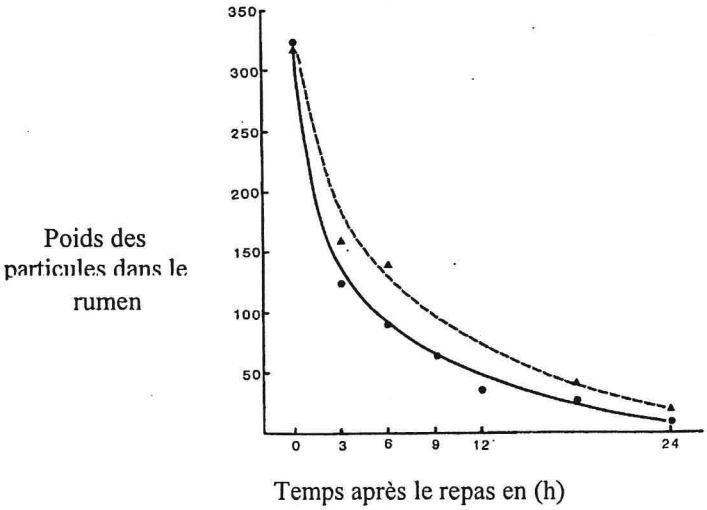


Figure 1 : Temps requis pour réduire les particules d'une graminée *Lolium perenne* (-----) et d'une légumineuse *Trifolium repens* (___) à une taille inférieure à 1 mm dans le rumen de moutons (Minson, 1990).

Pour les deux espèces confondues, les fourrages tempérés ont une ingestibilité et une digestibilité plus forte que les fourrages tropicaux. En effet, les fourrages tempérés sont caractérisés par de faible concentration en fibres par rapport aux tropicaux (Figure 2) et par une grande digestibilité de leur MS. Pour les fourrages tempérés, les QI et la digestibilité sont en moyenne de 66 g/kg $P^{0,75}$ et 0,66, alors que pour les fourrages tropicaux, elles sont de 50 g/kg $P^{0,75}$ et 0,56.

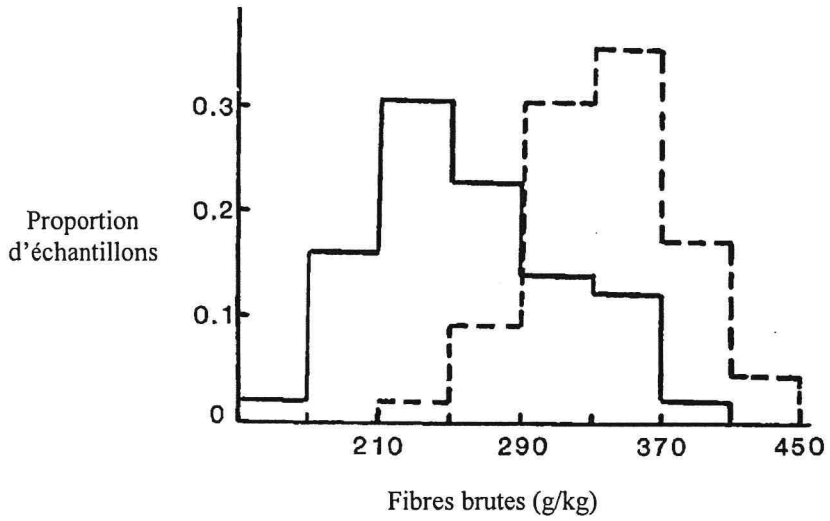


Figure 2 : Fibres contenues dans une gamme de fourrages tempérés (___) et tropicaux (----), Minson (1990).

Enfin, les variations saisonnières semblent influencer l'ingestibilité des fourrages via l'**intensité lumineuse**. L'absence de luminosité provoque une chute de carbohydrates solubles et élève la concentration de lignine ce qui diminuent les quantités ingérées, de 9 g/kg $P^{0,75}$ pour *Lolium perenne* par exemple (Minson, 1990). Les sécheresses et les gelées ont des conséquences sur les QI que si elles causent des modifications sur les fourrages.

A-I-2-b- Facteurs liés à l'animal

Les **besoins énergétiques** constituent le principal facteur impliqué dans la régulation de la MSI. Les besoins énergétiques varient suivant le stade physiologique, l'activité de production, la température et l'activité physique. En milieu de lactation, l'ingestion des femelles est généralement à son maximum pour rétablir leurs réserves énergétiques ainsi qu'assurer la production laitière nécessaire à l'alimentation de leurs agneaux. Quel que soit le fourrage proposé, les QI accroissent dans le but de répondre au surplus d'énergie nécessaire pour la production de lait (Journet *et al.*, 1995). Pour les animaux en croissance, l'ingestion semble être influencée par la composition du poids du corps. Elle est plus faible chez des animaux musclés et moins gras. Après une période de sous-nutrition, les animaux augmentent leur ingestion pour rétablir la balance énergétique, c'est ce que l'on appelle l'ingestion compensatrice. Elle résulte d'un état nutritionnel initial limitant. Pour un même âge, des animaux initialement mal nourris, consomment plus de fourrage et grossissent plus vite, une fois qu'ils sont nourris *ad libitum*, rattrapant leur retard de croissance. Selon Minson, (1990) les brebis les plus maigres consomment 1,9 kg/j de fourrage sec contre 1,4 kg/j pour les plus grosses.

Les QI sont fondamentalement limitées par le **volume du rumen**. Plus le rumen est volumineux, plus l'animal consomme du fourrage. Par contre, les animaux possédant un petit rumen, sont obligés de ruminer plus souvent dans le but de libérer de la place dans le réseau. De plus, le volume du rumen évolue avec l'âge de l'animal. En effet, au cours de sa croissance, l'animal subit des modifications de son tube digestif, tant sur le plan fonctionnel que sur le plan morphologique. Ces modifications s'expliquent par la mise en place et le développement du tractus digestif des agneaux. Une fois formé, le volume du rumen reste

sensiblement le même tout au long de la vie de l'animal. Par contre, par la suite, la matière sèche volontairement ingérée (MSVI) par le ruminant augmente avec son poids vif de façon presque linéaire (Memento de l'agronome, 2002). Par ailleurs, des mécanorécepteurs situés sur la paroi cellulaire du rumen sont sensibles à son étirement (Journet *et al.*, 1995). Cependant, plus d'études doivent être réalisées pour comprendre les mécanismes physiques de la régulation de l'ingestion. En effet, à long terme le rumen pourrait s'adapter à la distension.

Pour une dégradation optimale des aliments dans le rumen, les microbes nécessitent de nombreux minéraux tels que le sulfure, le phosphore, le magnésium et l'ammonium. L'insuffisance de ces **minéraux du rumen** réduit la croissance et l'efficacité de la population microbienne. Pendant des longues périodes de carence en P, ce minéral peut devenir déficient dans le rumen et cause parfois une diminution de la digestibilité et de l'ingestion du fourrage (Leng, 1990). Le manque de magnésium qui est essentiel pour tous les micro-organismes du rumen et particulièrement pour les microbes cellulolytiques, diminue la digestibilité et l'ingestion de fourrage (Leng, 1990). Pour une utilisation optimale des fourrages tropicaux, souvent déficients en Mg, la balance des minéraux doit être rééquilibrée.

Mais, ces facteurs ne sont pas les seuls responsables de l'ingestion puisque la quantité consommée varie également **intra-espèce**. A poids et à production semblables, certains animaux mangent plus que d'autres. Il existe un coefficient de variation des QI pour des animaux de même taille et condition physique, qui est compris entre 7 et 16 % chez les moutons. Cette variation intra-spécifique peut résulter simultanément de différences dans l'exigence du choix des aliments, la vitesse d'ingestion traduisant l'appétit, l'efficacité de la rumination, la taille de la gueule, la motricité du rumen et le débit de sa vidange, l'équilibre hormonal, etc.

A-I-2-c- Autres facteurs externes

L'ingestion, et en particulier les quantités ingérées, sont sensibles à la **température**. En effet, un stress, du à l'élévation ou la diminution de la température externe, a pour conséquence une variation de la consommation alimentaire. Par grand froid, l'animal utilise l'énergie métabolique pour maintenir sa température corporelle constante, ce qui s'accompagne d'un accroissement des quantités ingérées. Des moutons que l'on expose à une température de 21-26 °C puis de 6-7 °C, voient leur niveau d'ingestion augmenté de 10 %. L'ingestion couvre les dépenses nécessaires au maintien de la température interne grâce en partie à la mastication et à la digestion qui créent de la chaleur métabolique. A l'inverse, de fortes températures diminuent les QI des animaux, qui cherchent à réduire leur production de chaleur, due surtout aux fermentations dans le rumen. La température joue un rôle prépondérant, puisque des variations de température peuvent expliquer jusqu'à 87 % des variations de la consommation alimentaire d'un même régime. Lorsque la température ambiante s'élève au-dessus de 25-30 °C, la consommation de MS diminue (Morand-Fehr et Doreau, 2001). Les QI peuvent être réduites de 16 %, pour un fourrage mixte et pour une température atteignant les 32 °C (Minson, 1990).

Chez les petits ruminants, sensibles à la **photopériode**, les QI sont plus élevées en jours longs qu'en jours courts. Bien qu'il soit démontré que les ovins reportent leur prise alimentaire pendant la nuit, l'alimentation prédomine pendant la journée notamment lorsque les jours sont longs (Minson, 1990).

De plus, les troubles digestifs d'origine parasitaire diminuent l'ingestion. Des niveaux élevés de **parasites internes** sont à l'origine d'une dépression des quantités ingérées (Steel, 1974 ;

Sykes et Coop, 1977 et Holmes, 1993). Les facultés digestives des animaux sont de ce fait ralenties, notamment pour l'azote (Jarrige *et al.*, 1995).
L'ingestion est également fortement influencée par de nombreux facteurs tels que le **manque d'eau**, la **compétition entre les congénères** et le **mode d'alimentation.**

A-II- Ingestion au pâturage par des ovins

A-II-1) Niveau d'ingestion des ovins au pâturage

Selon Le Du et Penning (1982), les animaux au pâturage auraient une ingestion plus importante que des animaux nourris en stabulation. Par ailleurs la digestibilité du fourrage consommé serait supérieure de 5 à 10 points par rapport au fourrage proposé, selon Van Soest (1996). Cependant, au pâturage, les niveaux d'ingestion sont rarement réellement mesurés du fait des difficultés méthodologiques rencontrées pour mesurer cette composante.
La bibliographie rassemble peu de données et qui ont été obtenues selon des méthodes très diverses et dans des conditions expérimentales multiples (Burns et Sollenberger, 2002). Contrairement à l'auge, il est particulièrement difficile de connaître la quantité proposée et encore moins celle refusée. Ainsi, une grande part des méthodes utilisées au pâturage pour déterminer l'ingestion sont dans un premier temps, mises au point en stabulation pour ensuite être appliquer au pâturage.
En revanche, de nombreuses études se sont intéressées au comportement alimentaire afin d'expliquer les niveaux d'ingestion au pâturage. L'ingestion est le résultat du temps de pâturage (TP), du nombre de bouchées (NB) et de la masse des bouchées (QB) (cf. A-III-2-b, p. 20). Dans différentes conditions de mesure, les valeurs obtenues sur les ovins sont de l'ordre de 20 à 94 bouchées par minute, de 0,4 à 2,6 mg MO/kgPV en ce qui concerne la quantité par bouchée ce qui donne des valeurs d'ingestion entre 22 et 80 mg MO/min/kgPV (Jarrige *et al.*, 1995). Ainsi, l'ingestion dépend de ces trois composantes qui interagissent entre elles.

A-II-2) Facteurs déterminant l'ingestion au pâturage

L'ingestion au pâturage dépend de l'animal, du fourrage et des facteurs environnementaux. La plupart de ces facteurs sont les mêmes que pour les animaux en stabulation, auxquels s'ajoutent d'autres facteurs spécifiques au pâturage. Des animaux, conduits au pâturage, ont en effet la possibilité de sélectionner leur régime alimentaire et plusieurs facteurs interagissent pour déterminer leur choix. Les animaux se déplacent, pour sélectionner leur alimentation (axe horizontal), mais consomment également dans les différentes strates du couvert végétal proposées aux animaux (axe vertical). Au pâturage, les animaux ont par ailleurs le choix dans leur alimentation à la fois à travers la composition morphologique et chimique des plantes fourragères (choix vertical) et la diversité végétale (choix horizontal). Ils disposent donc d'une grande diversité végétale et la composition du régime sélectionné peut être totalement différente de celle du pâturage offert. Cette diversité et la possibilité de trier, déterminent le comportement alimentaire au pâturage et par conséquent l'ingestion (Burns et Sollenberger, 2002).

A-II-2-a- Facteurs prairiaux

Au pâturage, divers auteurs ont montré que les **quantités proposées** induisent un accroissement des quantités ingérées (Minson, 1990). Selon Penning (1986), cet accroissement est linéaire, de 15 à 30 g MO/brebis pour un proposé allant de 40 à 160 g MO/brebis. Les brebis ayant le plus haut niveau de proposé, sélectionnent une ration plus digestible et passent moins de temps à ruminer. Pour des niveaux de proposé comparables, Milne *et al.* (1979) ont reporté pour des béliers, une relation entre quantités proposées et ingérées, mais de type curvilinéaire. Plus récemment, Dawson *et al.* (2005) ont également reporté un effet de la quantité de fourrage proposé de 1,3 à 2,6 kg MS/jour sur l'ingestion par 0,18. Mais dans les diverses études réalisées, il y a souvent confusion des effets de la quantité proposée, et des caractéristiques de la prairie. Mais, la notion de quantités proposées est ambiguë (Humphreys, 1991), les niveaux de proposé testées le sont souvent via le chargement, la fertilisation, ou la hauteur du fourrage qui modifient, outre les quantités proposées, les caractéristiques du couvert.

La quantité de fourrage consommée par jour dépend par ailleurs des **caractéristiques prairiales** qui définissent la préhensibilité d'un couvert végétal, à savoir sa **biomasse**, elle-même dépendante de la **densité** et de la **hauteur** du fourrage.

La **biomasse** est positivement corrélée aux quantités ingérées. Les fluctuations de l'ingestion au pâturage, liées à la biomasse, sont essentiellement exprimées dans la bibliographie via la fréquence et la masse des bouchées. Sur des espèces herbacées, cette masse dépend principalement de la hauteur et de la densité de la strate feuillée (Meuret, 1997). Quand le fourrage excède les 2 000 kg MS/ha, le pâturage n'étant pas restrictif, les ruminants n'ont pas de difficultés à satisfaire leur besoin en prenant une grande quantité de fourrage par bouchée. Dans de telles conditions, les animaux prélèvent la majeure partie du fourrage sur l'axe vertical, en diminuant la surface de la bouchée et en augmentant sa profondeur. A contrario, lorsque la disponibilité fourragère est réduite à moins de 2 000 kg MS/ha, la masse des bouchées diminue. Les animaux doivent dans ce cas, se déplacer afin d'exploiter les ressources végétales selon un axe horizontal. Pour palier ce déficit, les animaux augmentent leur temps de pâturage (TP), d'un peu plus d'une heure environ chez les ovins, sans parvenir à rééquilibrer la balance des QI (QI = QB×NB×TP, cf. A-III-2-b, p. 20). En moyenne, cette diminution se produit chez les ovins, selon Jarrige *et al.* (1995) lorsque la production prairiale est inférieure à 1,5 t environ.

La **densité** de la prairie a également une influence sur l'ingestion. En effet, la structure des herbages des prairies tropicales est en général plus « aérée » que celle des zones tempérées pour une même production de MS par ha. Cela se traduit par une densité plus faible et une hauteur d'herbe plus élevées (Stobbs, 1973). Ainsi, en plus de leur digestibilité inférieure qui diminue l'ingestion, les prairies tropicales limiteraient les productions animales via une densité de fourrage plus faible, souvent inférieure à 100 kg MS/ha/cm, alors qu'elle peut être 5 fois plus élevée pour des prairies de zones tempérées. En effet, la densité volumique d'une pâture tempérée s'étale entre 159 et 413 kg/ha/cm alors qu'elle n'est comprise qu'entre 14 et 98 kg/ha/cm pour des pâturages tropicaux (Humphreys, 1991). Par conséquent, les QB sont plus faibles alors que les NB augmentent.
La **hauteur** de l'herbe a également des conséquences sur l'ingestion des ruminants. Dans le cas d'une herbe haute, les moutons ingèrent une plus grande quantité par bouchée avec un nombre de bouchée qui diminue (Journet *et al.*, 1995).

Tableau 1 : Valeurs de NB et QB obtenues chez des ovins ingérant un mélange de ray-grass trèfle à deux hauteurs différentes (d'après Jarrige *et al.*, 1995).

	Hauteur d'herbe = 5 cm	Hauteur d'herbe = 35 cm
Nombre de bouchée par minute (NB)	73	18
Quantité par bouchée (QB, mg MS/bouchée)	40	420

Des études ont révélées que la hauteur du fourrage proposé était positivement corrélée à la masse, la profondeur et le volume d'une bouchée d'ovins, avec des coefficients de corrélation de 0,88 ; 0,97 et 0,87 respectivement. Pour des hauteurs de fourrage de 3, 6, 9 et 12 cm, l'ingestion augmente de 3 à 6 cm, de 50 %, puis est stable pour les autres hauteurs (Minson, 1990). Plus le couvert végétal va être ras, plus les QI vont diminuer, même pour des ovins qui pâturent jusqu'à des longueurs d'herbe de 123 mm. Finalement, les animaux réalisent les bouchées les plus lourdes sur des prairies hautes et denses (Black et Kenney, 1984).

Outre la hauteur, la **résistance au cisaillement** du végétal affecte la préhensibilité (Prache et Peyraud, 1997). La sélection du fourrage dans une prairie dépend de la facilité avec laquelle il est prélevé et cisaillé. Cette résistance est liée à la force physique du matériel végétal. Illius *et al.* (1995) ont offert 5 espèces végétales de même hauteur qui ont nécessité d'une force de prélèvement pour une bouchée d'un rapport de 1 à 10 fois plus importante. Les parties les moins résistantes sont rapidement réduites dans le rumen via la mastication, ce qui augmente l'ingestion. Inoué *et al.* (1993) ont rapporté une tendance à l'accroissement de la vitesse d'ingestion, de 15 à 25 %, sur des lignées de ray-grass dont la résistance au cisaillement était réduite de 40 %. Toutefois, l'effet de la résistance au cisaillement sur la préhensibilité n'est pas expérimentalement démontré ni quantifié.

D'autres propriétés mécaniques, telles que la **souplesse des tissus,** peuvent affecter la préhensibilité. Au pâturage, les organes végétaux les plus souples, bien que balayés par le museau des ovins, peuvent échapper aux animaux avant d'être saisis entre les incisives et le bourrelet dentaire.

L'**eau de surface** réduirait la préhensibilité de l'herbe, particulièrement pour les ovins, qui y sont très sensibles. La teneur de l'herbe en MS affecte également le poids (en MS) et la fréquence des bouchées (Prache et Peyraud, 1997).

A-II-2-b- Facteurs animaux :

Les **préférences alimentaires** au pâturage déterminent les QI. Les choix alimentaires des herbivores sont en partie dictés par la volonté de maximiser leur bilan énergétique, c'est ce que l'on appelle la Théorie de l'Alimentation Optimale (TAO) et par leur apprentissage des effets post-ingestifs des choix antérieurs (Roguet *et al.*, 1998). Dans un premier temps, les animaux sélectionnent des sites alimentaires au sein de leur habitat. Puis, sur ces sites, ils choisissent et exploitent des stations alimentaires, définies comme étant les surfaces pâturables sans déplacement des pattes avant. Enfin, à l'échelle de la touffe végétale, ils prélèvent leur bouchée. Les animaux préfèrent en général les couverts qu'ils peuvent pâturer rapidement, même s'ils n'ont pas une préférence absolue pour ce type de fourrage. Il semblerait que les animaux aient une volonté d'équilibrer certains nutriments afin de

maintenir une microflore variée (Dumont, 1996). Les ovins consomment en préférence de l'herbe (graminées, légumineuses et autres plantes à faible développement) au détriment de certaines espèces dures, coupantes et à odeur très forte.

Les caractéristiques de l'aliment provoquent une réponse des sens de l'animal et donc un appétit plus ou moins développé pour cet aliment. Au pâturage, les animaux choisissent leur aliment suivant leur **appétibilité**. Dans un premier temps, l'animal doit reconnaître, à l'aide de ses sens (vue, odorat, goût, toucher) l'aliment comme comestible. Dans un deuxième temps, ses choix alimentaires se font en fonction de stimuli sensoriels et nutritifs du fourrage.

Suivant la gestion du troupeau, le **temps alloué à l'ingestion** est un facteur influençant les quantités ingérées. Au pâturage, le temps d'alimentation est organisé en 6 à 8 périodes dont les principales se déroulent au lever et au coucher du soleil (Baumont *et al.*, 2000). Il peut aussi arriver que les petits ruminants reportent une partie de leur besoin d'ingestion au cours de la nuit ou en fin d'après-midi. (Theriez et *al.*, 1985). De plus, ils augmentent leur consommation de fourrages, les moins rapidement digestibles, en fin de journée pour pouvoir ruminer pendant la nuit (Dumont, 1996). Le mode de conduite du troupeau peut également avoir une influence sur le temps de pâturage suivant les ressources disponibles. En effet, la délimitation des zones pâturables, par des barrières ou par attache, peut fortement altérer le comportement alimentaire des animaux (Burns et Sollenberger, 2002).

Chez les herbivores domestiques, le **comportement social** interfère largement avec le comportement alimentaire au pâturage. La hiérarchie sociale et les effets d'entraînement sont deux composantes importantes qui influencent fortement le niveau d'ingestion et l'alimentation des ruminants conduits en groupe. En général, dans un troupeau, les QI des animaux sont supérieures par la stimulation réciproque (effet d'entraînement). En effet, les animaux pâturant en groupe bénéficient de la vigilance et des sites alimentaires découverts par les membres du groupe (Parsons et Dumont, 2003). En groupe, les animaux sont moins aux aguets des prédateurs ce qui se traduit par une ingestion plus élevée sur les sites alimentaires trouvés. De plus, l'animal est soumis à de nombreuses influences sociales au cours des repas. Les dominés ont souvent des fréquences de préhension supérieures alors que les dominants pâturent moins vite avec une vitesse d'ingestion plus lente. La proximité des individus peut également entraîner une rupture de l'activité alimentaire de certains animaux, en raison des déplacements supplémentaires dus à l'évitement des congénères dominants. Dans un groupe de petite taille, les animaux ont moins d'interactions agressives et donc de plus longue phase de pâturage. Par contre, à forte densité, les subordonnés ont des repas plus nombreux et plus courts, et leur croissance en est fortement ralentie (Dumont et Boissy, 1999). Plusieurs facteurs « psychologiques » entrent également en compte et le bien-être des animaux est mieux assuré au sein d'un groupe. Au sein d'un groupe, les animaux sont en sécurité face aux prédateurs et ce bien-vivre se traduit pas des ingestions plus importantes.

Les phénomènes de **compétition** peuvent également modifier le régime alimentaire des animaux. En augmentant fortement la charge instantanée de brebis conduites sur parcours, elles augmentent sensiblement leur consommation de végétaux ligneux, signe de compétition alimentaire. Cette situation se retrouve également lorsque les disponibilités fourragères sont faibles : les subordonnés, dérangés par les dominants, se voient exclure les meilleures ressources (Dumont et Boissy, 1999).

A-III- Mesure de l'ingestion et de la digestibilité pour des ovins

A-III-1) Méthodologies utilisées à l'auge

A l'auge, **l'ingestion** est généralement estimée selon la **méthode de référence** qui consiste à peser quotidiennement et individuellement le fourrage proposé et refusé (Tableau 2). Il s'agit de la méthode de référence *in vivo*. Lorsque les animaux sont alimentés dans des cages métaboliques, il suffit de fixer une quantité de fourrage proposé (10 % de refus pour une ingestion *ad libitum*) et de peser le fourrage refusé. La quantité de fourrage ingérée se calcule donc de la façon suivante :

$$\text{Quantité ingérée} = \text{Quantité Proposée} - \text{Quantité Refusée}$$

Les quantités ingérées peuvent également se mesurer par la technique de **pesée de l'animal avant et après la distribution de la ration** (Tableau 2). La variation du poids vif correspond à la quantité de fourrage ingérée au cours des repas. La valeur d'ingestion doit alors être corrigée pour les pertes liées à l'excrétion, l'évaporation et l'eau bue (Penning et Hooper, 1985). Cette application demeure limitée car elle présente de nombreux biais, tels que la productivité animale.

$$\text{Ingestion} = (P_2 + F + U + E) - P_1 - H_2O$$

avec P_1 et P_2 les poids avant et après pâturage respectivement, F et U les poids respectifs des fèces et de l'urine excrétées durant la période de pâturage, E l'évaporation et H_2O le poids de l'eau bue.

La mesure de la **digestibilité à l'auge**, nécessite selon le principe de Streeter (1969) la mesure des quantités ingérées (I) et des quantités excrétées (F), facilement récupérables en cage à digestibilité (Tableau 2). La fraction digérée (D) est le ratio de la quantité qui disparaît dans le tube digestif (I-F) sur la quantité ingérée (I) :

$$D = (I - F)/I$$

A-III-2) Méthodologies utilisées au pâturage pour évaluer l'ingestion

Au pâturage, il est laborieux d'utiliser la méthode de référence pour mesurer l'ingestion parce ce qu'on ne peut pas précisément mesurer le proposé et le refusé (Coleman, 2006). Des méthodes indirectes pour connaître l'ingestion au pâturage ont donc été mises au point.

A-III-2-a- Mesure de l'ingestion par la collecte de fourrage avant et après pâturage

Cette méthode consiste à réaliser des **mesures du fourrage avant et après une période de pâturage** (Meijs, 1981, Tableau 2). Il s'agit de mesurer les quantités de fourrages disparues, à condition que la croissance du fourrage soit négligeable entre l'entrée et la sortie des animaux. Cette technique nécessite également de petites parcelles, faiblement hétérogène en terme de composition botanique et de stade de croissance avec des durées de pâture courtes. Dans ce cas, les quantités disparues peuvent être assimilées à celles consommées. Cependant, d'autres auteurs ont montré que même dans ces conditions, avec des animaux conduits individuellement sur des petites surfaces de pâturage, des prélèvements fourragers avant-après pâturage, appariés, sous-estimaient l'ingestion au pâturage. Pour des durées de pâturage plus longues, la pousse du fourrage peut-être mesurée dans des aires protégées du broutage, et être

utilisée pour corriger l'ingestion estimée des animaux au pâturage (Minson, 1990). Le nombre de prélèvement et leur répartition doivent tenir compte de l'hétérogénéité du fourrage avant, et surtout après pâturage. Mais, toutes ces conditions sont rarement réunies et la méthode est peu utilisée.

A-III-2-b- Mesure de l'ingestion via comportement alimentaire

Selon Aldden et Whittaker (1970), l'ingestion est la résultante du temps de pâturage (TP), de la fréquence ou du nombre de bouchées (NB) et de la quantité prélevée par bouchée (QB).

- Mesure du temps de pâturage et de la fréquence des bouchées

Le décompte des bouchées a été automatisé à partir de l'**enregistrement des mouvements de mâchoire** (Chacon *et al.*, 1976) ou de l'enregistrement des sons de cisaillement de l'herbe (Laca *et al.*, 1992), ou encore à partir de la mesure conjointe des mouvements de mâchoire, de l'accélération du mouvement de la tête et de la position de celle-ci (Tableau 2). Les vibrographes enregistrent en continu (toutes les 2,5 s), les variations de pression induites par les mouvements de la mâchoire sur une poire en caoutchouc fixé à un licol. D'autres appareils enregistrent les distensions du licol de l'animal puis les transforment en signaux électriques propres aux différents types de mouvement de mâchoire (préhension et mastication ingestive). Le licol est relié à un enregistreur, positionné dans un harnais sur le dos de l'animal, qui retranscrit les signaux en intensité et en fréquence. Ces appareils nécessitent cependant, une calibration avec des enregistrements visuels pour repérer les différents types de mouvements de mâchoire. De plus, la vérification des branchements plusieurs fois par jour rendent fastidieux l'usage courant de ces appareils au pâturage.

Ces contraintes font que les **observations visuelles** (Stobbs et Cowper, 1972) sont plus utilisées, même si elles requièrent davantage de main d'œuvre (Tableau 2). Ces observations consistent à noter toutes les 5 min et durant 24 h, l'activité alimentaire en cours des animaux observés (ingestion, mastication mérycique, repos). Les animaux doivent être préalablement adaptés à la présence des observateurs, afin que lors des mesures leur comportement ne soit pas perturbé. En parallèle, la fréquence des bouchées est estimée par comptage du nombre de bouchées réalisées sur une minute à partir du moment où l'animal commence à s'alimenter.

- Mesure de la taille des bouchées et estimation des quantités ingérées

La taille des bouchées (QB) peut être déterminée par **simulation manuelle** de prélèvements de fourrage effectués par l'animal (Tableau 2), de façon à ce que ces simulations soient les plus proches possibles des prises naturelles des ruminants (Mc Meniman, 1997). Elles doivent simuler à la fois les quantités et le type d'organe prélevé par les animaux, d'autant plus chez les petits ruminants dont la faculté de tri est importante. L'observateur doit être capable d'identifier toutes les espèces végétales du pâturage et les animaux observés doivent être habitués à la présence de celui-ci, afin que leur comportement ne soit pas affecté. Outre sa lourdeur, cette méthode ne permet pas d'estimer de façon fiable les quantités ingérées car elle n'est pas répétable et reproductible. La simulation manuelle des bouchées surestime la taille des bouchées et les quantités ingérées dans la plupart des cas.

La masse des bouchées peut-être estimée par la **technique des plateaux d'herbe** (Tableau 2). Elle consiste à peser le plateau avant et après pâturage avec correction des pertes d'eau. Cette

technique permet aussi de déterminer la masse de la bouchée par le produit de son volume (profondeur×surface) et de la masse volumique de l'horizon pâturé (rapport entre la masse d'herbe par unité de surface et sa hauteur moyenne). La profondeur est définie comme étant la différence de hauteur moyenne avant et après pâturage des talles consommées. La hauteur de la végétation est mesurée avec une toise ou sur talles étirées.

La taille des bouchées peut être aussi déterminée avec des **animaux canulés de l'œsophage** (Tableau 2). Suite à un jeûne préalable de 24 h, le contenu des canules est récupéré totalement. Mais, les résultats sont éloignés de ce qui peut se passer en conditions naturelles, de par la contamination salivaire du bol prélevé et de l'effet du jeûne sur la taille des bouchées, la vitesse d'ingestion et la taille des particules dégluties (qui ne s'estompe qu'au bout de 24 h). Pour tenir compte de la contamination salivaire, il est possible de prélever un échantillon fourrager et de le comparer avec l'échantillon prélevé dans l'œsophage, la différence en eau étant considérée comme la salive ajoutée au moment de l'ingestion (Le Du et Penning, 1982). De plus, la taille des bouchées doit être mesurée sur de longues périodes car celle-ci évolue tout au long de la journée (Minson, 1990).

Une autre méthode estime la masse des bouchées au pâturage **en divisant l'ingestion journalière par le nombre de bouchées réalisées dans la journée**. Dès lors, les masses de bouchées obtenues sont plus proches de valeurs moyennes journalières.

A-III-2-c- Méthodes basées sur l'excrétion fécale et la digestibilité

Sur l'ensemble du fourrage consommé, une partie est digérée (DI) et l'autre est excrétée via les fèces (F). La fraction digérée (D) est le ratio de la quantité qui disparaît dans le tube digestif (I-F) sur la quantité ingérée (I) soit D = (I-F)/I. De cette dernière équation, Streeter (1969) ont déduit que I = F/(1-D). Ainsi, il suffit de déterminer les quantités excrétées (F) et la fraction digérée (D) du fourrage pour connaître I.

- Estimation de l'excrétion fécale

L'excrétion fécale est estimée soit par la **récolte totale des fèces** ou l'utilisation de **marqueurs externes**.

La récolte totale des fèces s'effectue dans des sacs fixés sur les animaux (Tableau 2). Ces sacs, vidés généralement deux fois par jour afin qu'ils ne cèdent sous le poids des fèces, permettent de réaliser une collecte totale quotidienne et individuelle. Cette collecte doit s'étendre sur plusieurs jours, au moins 5 selon Le Du et Penning (1982), dans le but d'évaluer la régularité de l'excrétion et d'en faire une moyenne, pour réduire au maximum les biais. Les sacs, ajustés à l'animal, sont posés quelques jours avant les mesures dans le but qu'ils s'y accoutument. En ce qui concerne les femelles, l'équipement est plus complexe si les fèces doivent être séparées de l'urine, bien que celle-ci affecte peu les valeurs de l'excrétion fécale. Afin d'éviter une contamination des échantillons par l'urine, diverses techniques peuvent être utilisées : des gazes placées dans le sac pour l'absorber ou un tube en plastique fixé sur l'animal pour la détourner (Mc Meniman, 1997).

Les **marqueurs externes** sont largement utilisés pour quantifier la production fécale (Coleman, 2006 ; Tableau 2). Ces marqueurs sont des substances indigestibles, non métabolisés, au cours des processus physiologiques de la digestion, non toxiques pour l'animal, et quantitativement récupérables et analysables dans les fèces. De plus, ils ne

doivent avoir aucun effet sur la physiologie digestive de l'animal et sur l'action des micro-organismes du tractus digestif. Une fois administrés, ces marqueurs se retrouvent dans les fèces et doivent être facilement repérables et quantifiables. Après avoir administrée une quantité connue et fixée (Q) de marqueur par jour aux animaux, il suffit de déterminer la concentration de marqueur (C) dans un échantillon de fèces, sachant que l'excrétion fécale est égale au rapport de Q sur C. Dans les études de nutrition animale, de nombreux marqueurs indigestibles sont utilisés tels que l'oxyde de chrome (CR_2O_3), l'ytterbium (Yb) et le PEG (Polyéthylène Glycol). Ce dernier est de plus en plus utilisé de nos jours, au détriment de l'oxyde de chrome car il est peu onéreux, non polluant, précis, rapide à préparer et facile à administrer (Hassoun *et al.*, 2005). Le choix du marqueur est la clé de réussite de cette technique car il doit mimer, avec le plus d'exactitude possible les particules indigestibles tout au long du tractus digestif. Ces marqueurs sont le plus souvent administrés une à deux fois par jour par voie orale via des capsules de gélatine prédosées, des capsules intra-ruminales qui libèrent le marqueur, des bandelettes de papier incorporées de marqueur, ou encore par drogage des animaux (Mc Meniman, 1997). Avant d'effectuer les mesures, il faut un temps d'adaptation (environ 7 jours) pour que le marqueur atteigne un équilibre dans le transit digestif (assurer le mélange avec le contenu ruminal) et donc une excrétion plus régulière dans les fèces (Coleman, 2006). Le temps requis, pour que le marqueur s'équilibre, dépend du niveau d'ingestion et des caractéristiques du fourrage, car le taux d'excrétion du marqueur est en relation avec le taux de passage de nutriments dans l'appareil digestif (Le Du et Penning, 1982). La dose de marqueur à administrer est calculée de façon à faciliter la détection de la concentration du marqueur soit, 5 mg g^{-1} MS fécale, pour le Cr_2O_3 (Le Du et Penning, 1982). Suivant la quantité administrée et récoltée dans les fèces, la quantité totale excrétée est estimée. Mais, un des principaux problèmes de cette méthode est la variabilité de l'excrétion, notamment pendant la nuit, malgré la période d'adaptation (Coleman, 2006). Une des solutions pour minimiser ce biais est de prélever les fèces par voie rectale à des heures fixes tous les jours (Hammeleers, 2007). Les prélèvements doivent être effectués plus précisément quand la concentration du marqueur est similaire à la valeur moyenne journalière (Le Du et Penning, 1982). Mais, ces variations ne peuvent pas être entièrement maîtrisées car il existe des variations de la consommation de fourrage et de l'excrétion fécale sur 24 h.

- Estimation de la digestibilité

Trois techniques biologiques sont utilisées pour la détermination de la digestibilité des fourrages : *in vivo* sur des animaux fistulés du rumen, *in vitro* qui implique l'utilisation de micro-organismes du rumen ou d'enzymes préparées et *in sacco* par l'utilisation de sacs de nylon déposés dans le rumen d'animaux canulés.

Pour la **technique *in vivo*** (Torell, 1954), les ovins canulés du rumen sont soumis à un jeûne antérieurement aux mesures (Tableau 2). A des temps donnés, une partie du contenu ruminal est récolté dans le but d'être analysé. Mais, le fait de devoir vider l'animal avant chaque mesure, modifie le comportement alimentaire de l'animal. En effet, la sensation de faim est telle que les ovins tendent à être moins sélectifs, si le temps de jeûne est long (Hammeleers, 2007). Cette situation ne se retrouve pratiquement jamais en conditions naturelles.

La **technique de digestibilité *in vitro*** de Tilley et Terry (1963) comprend une digestion de l'échantillon par des micro-organismes du rumen pendant 48 heures, suivie de l'ajout de 2 % de pepsine-HCl (Tableau 2). La méthode de préparation du fourrage à analyser (le séchage cause une perte d'acides volatiles et diminue ainsi la digestibilité *in vitro*) ainsi que les différences du liquide ruminal existants entre les animaux donateurs peuvent affecter la

digestibilité. D'autres pratiques, l'*in vitro* cellulase, produite par les champignons de la flore ou les enzymes qui hydrolysent les carbohydrates du fourrage, conduit à de bons résultats en utilisant plusieurs cellulases (Minson, 1990). Il s'agit de pratiquer sur des échantillons une digestion dans de la pepsine suivie d'une digestion dans une solution de cellulase (Tableau 2).

La technique de l'***in sacco*** fait intervenir des animaux fistulés du rumen dans lesquels sont déposés des sacs en nylon portant des pores et remplis de fourrage haché (Tableau 2). Cette méthode a été adaptée à la mesure de la digestibilité *in vivo* du fourrage par Demarquilly et Chenost, en 1969. Les sacs sont laissés dans le rumen, un temps précis et variable, puis sont retirés, lavés, incubés pendant 48 heures dans une étuve à l'obscurité avec une solution de pepsine-HCl. Ensuite, les sachets sont à nouveau lavés et séchés pour en déterminer la matière organique.

Les digestibilités sont habituellement estimées à partir de mesures *in vitro* effectuées sur le fourrage consommé par des **animaux porteurs d'une fistule de l'œsophage** (Tableau 2). Les prélèvements ainsi obtenus par la fistule, peuvent être étudiés pour déterminer la composition botanique et chimique de l'ingéré.

La digestibilité peut être aussi déterminée à partir de régressions entre la digestibilité d'un fourrage et la **composition fécale** (Tableau 2). Ce sont des composants naturels et indigestibles contenus dans les fourrages qui se retrouvent dans les fèces et qui sont utilisés, en tant qu'indicateurs de la digestibilité. Ils ne doivent pas disparaître pendant les processus physiologiques de la digestion et quantitativement récupérables dans les fèces. Ces marqueurs incluent l'azote, le chromogène (pigment absorbant une partie de la lumière), les fibres fécales et le méthoxyl.

L'azote (N) est le marqueur interne le plus fréquemment utilisé pour déterminer la composition fécale. Les premières équations de prédiction de la dMS en fonction de la concentration en N dans les fèces ont été publiées par Lancaster (1947). La méthode est basée sur une relation, développée avec des animaux en cage, entre la digestibilité du fourrage estimée à partir de la méthode conventionnelle *in vivo* et la concentration de l'indicateur dans les fèces. Ce modèle résulte également de l'hypothèse que la quantité de MAT excrétée est constante pour 100 g de MO ingérée.

Le **chromogène** est un pigment, spécifique de chaque pâturage, associé à la chlorophylle et les xanthophylles (Coleman, 2006). Il est rarement utilisé pour prédire la digestibilité car les régressions sont biaisées par l'effet saison (il est instable en présence de lumière) et par le surplus d'indicateur retrouvé dans les fèces.

Les **fibres**, contenues dans les fèces, ainsi que le **méthoxyl fécal** ne sont pas de bons indicateurs de la digestibilité à cause des nombreux biais rencontrées (Minson, 1990). Les marqueurs internes indigestibles présents de façon naturelle dans les fourrages, se retrouvent dans les fèces en faible quantité et sont difficilement repérables.

Généralement, la plupart de la **silice** ingérée via le fourrage se retrouve dans les fèces. Cependant, certains auteurs ont remarqués que ce n'était pas toujours le cas. Ainsi, la méthode faisant intervenir la silice comme marqueur interne, doit être approfondie.

Les **cendres** des fourrages, insolubles dans l'acide, sont utilisées comme marqueur de la prédiction de la digestibilité (Shrivastava et Talapatra, 1962). Mais, les cendres ne sont pas de meilleurs indicateurs que la méthode *in vitro* ou encore l'ADF (Minson, 1990).

La **lignine**, partie organique la plus indigestible de tous les composants d'un fourrage, semblerait être un meilleur marqueur que les précédents. Mais, sa quantité contenue dans les fèces variant, la lignine est un marqueur à utiliser avec précaution. Les **fibres indigestibles**

d'un fourrage ne se retrouvent pas en totalité dans les fèces pour toutes les espèces végétales étudiées (Minson, 1990). Ces deux derniers marqueurs, qui semblaient être de bons indicateurs de la digestibilité doivent être étudiés pour comprendre la cause de ces restitutions variables.

La plupart des plantes contiennent des **N-alcanes** dans la cire de leur cuticule avec de façon prédominante, des chaînes à nombre impair de carbone dans la gamme C25-C35. Ils sont relativement indigestibles et leur restitution dans les fèces est relativement constante pour tous les fourrages et quel que soit leur niveau de proposé (Mc Meniman, 1997). L'indigestibilité augmente avec la longueur des chaînes. Mais, cette méthode est limitée avec les fourrages tropicaux et sub-tropicaux qui sont caractérisés par de faible concentration en alkanes (Minson, 1990).

La **spectrométrie dans le proche infra rouge** (**SPIR**) permet aussi d'estimer la digestibilité et la composition chimique de l'ingéré. La SPIR est une méthode d'analyse dont le principe repose sur l'absorption de la lumière dans les longueurs d'onde du proche infra rouge (longueurs d'onde comprises entre 800 et 2 500 nm) par la matière organique, et plus précisément par les liaisons chimiques qui la composent (BIPEA, 1997). Seule l'énergie lumineuse dont la fréquence est égale à celle des liaisons chimiques est absorbée par ces dernières (Bertrand, 2002). Chaque spectre est donc caractéristique d'un échantillon. Cette méthode d'analyse est rapide, ce qui permet la répétition des mesures (quelques minutes suffisent à l'obtention d'un spectre d'absorption), non destructive et non polluante car elle permet l'analyse d'un échantillon réduit sans réactif. Une fois l'appareil calibré, la digestibilité du régime peut être prédite, avec une bonne précision, à partir d'échantillons de fèces. De par ses multiples avantages, cette méthode d'analyse est très prometteuse pour l'avenir de la recherche sur l'alimentation des ruminants. A partir d'un seul et même échantillon fécal, la SPIR évalue à la fois la qualité du régime, l'ingestion et la digestibilité en un temps bref par rapport à ceux obtenus par des analyses classiques. Cependant, un réel travail doit être fourni sur les équations de calibration afin d'apporter de nouvelles données pour diverses espèces fourragères, sous différents climats, avec d'autres modalités de gestion agronomiques et d'autres espèces animales.

Les quantités ingérées et la digestibilité peuvent être estimées soit par la teneur en azote fécal et la mesure de l'excrétion fécale (collecte totale) soit par les spectres fécaux. En revanche, la mesure du comportement alimentaire pour comprendre les stratégies alimentaires reste laborieuse et n'explique pas avec pertinence l'ingestion. Désormais, les variables aussi bien animales (ingestion, digestibilité, qualité du fourrage) que fourragères (caractérisation des fourrages) sont de mieux en mieux prédites via la SPIR avec l'élargissement de la base de données servant à la calibration.

Tableau 2 : Différentes méthodologies référencées utilisées pour estimer les quantités ingérées à l'auge et au pâturage.

AUGE	**Pesée du fourrage proposé et refusé**			
PATURAGE	**Collecte d'échantillons de fourrage avant et après pâturage**	Meijs (1981)		
	Variation de poids vif avant et après pâturage, en tenant compte des pertes liées à l'excrétion, l'évaporation mais aussi de l'eau bue	Penning et Hooper (1985)		
	Comportement alimentaire, I = QB×NB×TP (Aldden et Whittaker, 1970)	Quantité prélevée par bouchées (QB)	• Simulation manuelle • Technique des plateaux d'herbe • Animaux porteurs de fistules œsophagiennes	
		Nombre de bouchées (NB)	Observation visuelle	
		Temps de pâturage (TP)	• Appareils d'enregistrement (Laca *et al.*, 1992 et Chacon *et al.*, 1976) • Observation visuelle (Stobbs et Cowper, 1972)	
	Excrétion fécale (F) et digestibilité (D) : I = F/(1-D) (Streeter, 1969)	Excrétion fécale	Récolte totale	
			Marqueurs externes	• Cr_2O_3 • PEG (Hassoun *et al.*, 2005)
		Digestibilité	Analyses chimiques du fourrage	• *In vivo* (Torell, 1954) • *In vitro* (Tilley et Terry, 1963) • *In sacco* • Pepsin cellulase
			Analyses chimiques de fèces	• Azote fécal (Lancaster, 1947) • Chromogène • Fibres indigestibles • Silice • Cendres insolubles dans l'acide (Shrivastara et Talapatra, 1962) • Lignine • N-alkanes
			Mesures physiques du fourrage ou des fèces : NIRS	• Spectres fourragers • Spectres fécaux (Hassoun *et al.*, 2005)

PARTIE B : MATERIEL ET METHODES

B-I- Présentation du site d'étude

L'ensemble des mesures visant à étudier l'effet de différents niveaux de proposé sur le déterminisme de l'ingestion des ovins alimentés à l'auge et au pâturage, ont été réalisées à l'Unité Expérimentale en Production et Santé Animale (UEPSA), domaine expérimental de l'Unité de Recherches Zootechniques (URZ) du Centre INRA Antilles-Guyane.

Créé en 1949, ce centre, situé en Guadeloupe, est le seul centre INRA situé en zone tropicale humide, couvrant les trois Départements Français d'Amérique (Guadeloupe, Martinique, Guyane). Ainsi, le Domaine de Duclos constitue un pôle expérimental pluridisciplinaire dont les principaux programmes de recherche s'orientent vers les problématiques communes aux pays du sud.

La Guadeloupe se situe au centre de l'archipel des Petites Antilles, entre le tropique du cancer et l'équateur, à 16°16' de latitude nord et 61°30' de longitude ouest. Entre l'océan Atlantique et la mer des Caraïbes, cet archipel couvre une superficie de 1705 km² avec une densité de population de 227 habitants au km². Il comprend deux îles principales, la Grande Terre et la Basse Terre où se situe le centre INRA. La Basse Terre est montagneuse et essentiellement volcanique, avec le volcan de la Soufrière qui culmine à 1467 m d'altitude. Le climat, de type tropical humide, est caractérisé par un régime thermique annuel très régulier, avec une température moyenne de 27 °C. La répartition des pluies au cours de l'année détermine deux saisons : la saison sèche ou carême, de janvier à juin, caractérisée par une récession pluviométrique (76 mm/mois, 23-29 °C) et la saison des pluies ou hivernage, de juillet à décembre, concentrant plus de 75 % du total annuel des précipitations (218 mm/mois, 22-28 °C). A cette période de l'année, les précipitations ont un caractère brutal pouvant s'accompagner de perturbations cycloniques.

L'URZ regroupe deux équipes de recherche : le groupe Physiologie et Génétique de l'Adaptation au Stress (PGAS) et l'équipe Alimentation et Systèmes Pâturés Tropicaux (ASPT) (Figure 3). L'ASPT a pour objectif de développer les recherches sur les productions animales dans les départements d'outre-mer et la région caraïbe. Dans un contexte géographique particulier, à espaces restreints avec de petites économies insulaires de zone tropicale humide, l'ASPT cherche à élaborer un référentiel technique pour produire durablement au pâturage tout en limitant les intrants. Cette unité travaille avec plusieurs structures locales telles que l'Université Antilles-Guyane, le Lycée agricole, le Parc National, la Chambre d'Agriculture et l'Office National des forêts. Les chercheurs entretiennent également d'étroites collaborations aves les autres équipes de l'INRA mais aussi avec le CIRAD ou le CEMAGREF afin de valoriser les complémentarités et de développer une offre commune de recherches dans la zone tropicale. Au sein de ce réseau de compétences, l'URZ coopère avec différentes structures nationales et internationales des pays de la zone Caraïbe et Amérique Latine (Cuba, Costa Rica, Mexique, Guatemala, etc.), d'Afrique et d'Europe.

L'URZ est également dotée d'un laboratoire de parasitologie et d'un laboratoire d'analyses physico-chimique et biologique qui réalisent les dosages sur les aliments, les contenus digestifs ou encore les produits animaux (lait et viande).

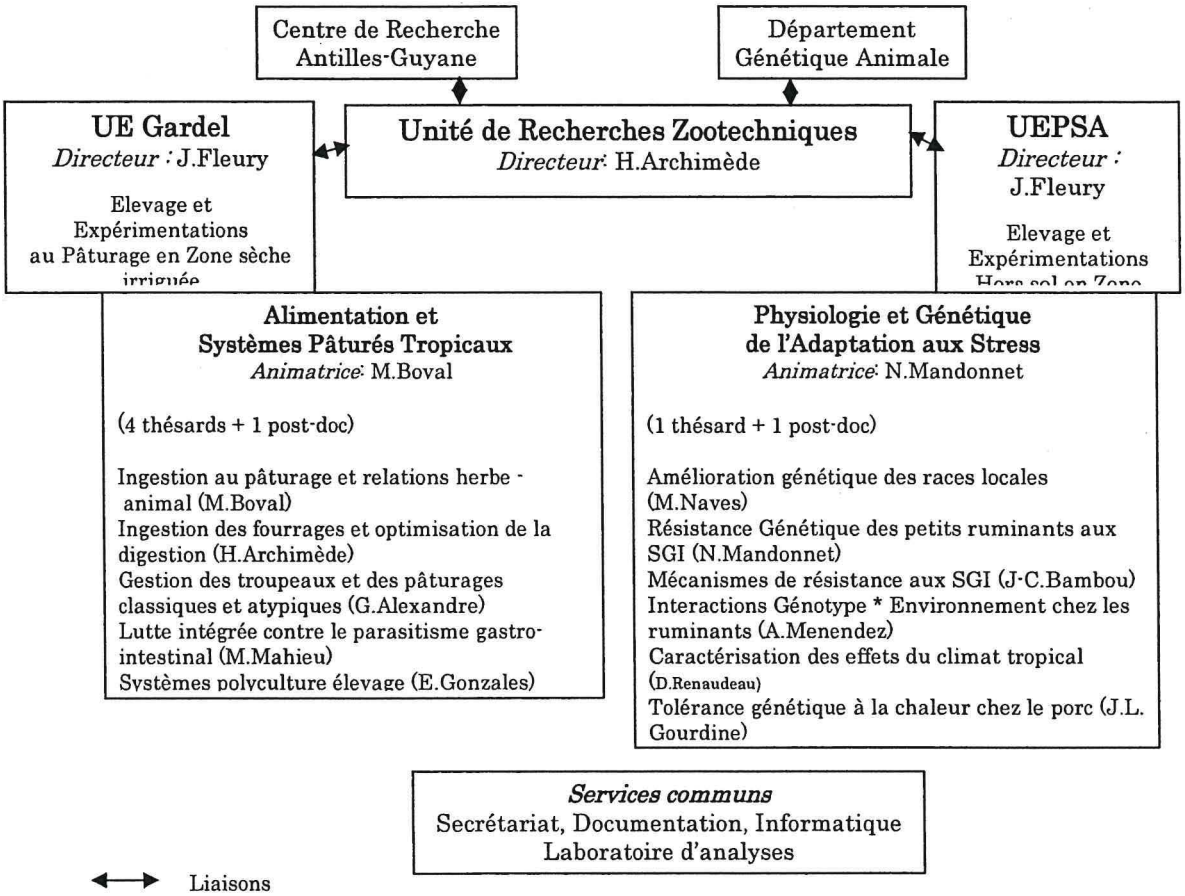


Figure 3 : Organigramme de l'Unité de Recherches Zootechniques de l'INRA Antilles-Guyane (2007).

B-II- Protocole

B-II-1) Contexte du sujet et objectifs de l'étude

Mon stage s'est déroulé dans le cadre d'un travail de thèse qui a pour objectif l'étude des facteurs explicatifs qui régissent l'alimentation d'ovins, liés au fourrage (caractéristiques prairiales définissant la préhensibilité) ou à l'animal (comportement alimentaire, encombrement, dynamiques digestives). Ces facteurs sont principalement connus à l'auge où les mécanismes ont davantage été étudiés. Aussi, dans le cadre de la thèse, les expérimentations ont été réalisées simultanément au pâturage et à l'auge. Les impacts d'âges repousse différents (21 *vs* 35 j, octobre à avril 2006) ou de niveaux de proposé (1 *vs* 2 fois la capacité d'ingestion, avril à septembre 2007) ont ainsi été testés simultanément au pâturage et à l'auge. Les variables mesurées sont nombreuses :

- Caractéristiques fourragères,
- Ingestion,
- Digestibilité,
- Comportement alimentaire et,
- Dynamiques digestives sur des béliers canulés via le prélèvement de liquide ruminal (détermination du pH, AGV et NH_3), la dégradabilité *in sacco* et les vidages 3h et 24h après la distribution de la ration (contenu ruminal lyophilisé et granulométrie) (Annexe 4 et 5 et Tableau 4).

L'ensemble des mesures effectuées sur les dynamiques digestives, auxquelles j'ai participé,

n'a pas pu être exploité avant mon départ faute de temps pour les analyses en laboratoire.
Par ailleurs, pour estimer l'ingestion au pâturage, plusieurs méthodes telles que la SPIR ou l'azote fécal sont testées et comparées aux résultats obtenues avec la méthode de référence.
Mon stage a porté plus particulièrement sur l'effet du niveau de proposé sur l'alimentation d'ovins, mesurée au pâturage et à l'auge.

B-II-2) Plan expérimental

Quatre lots de quatre moutons à l'entretien sont utilisés pour cet essai. Les béliers ont un poids moyen de 51,3 kg et 12 mois en moyenne. Ces animaux sont conduits en carré latin 2×2 soit avec 4 périodes de mesure (Tableau 3). Le carré latin permet la comparaison de 2 modes d'alimentation et 2 niveaux de proposé (1 *vs* 2 fois la capacité d'ingestion). Les béliers subissent ainsi chacune des 4 modalités, afin de limiter les effets parcelles, les variations des caractéristiques fourragères et des conditions climatiques, mais surtout les variations individuelles. Le fourrage pâturé et celui distribué à l'auge provient des mêmes parcelles à base de Pangola (*Digitaria decumbens*) exploité à 28 jours de repousse.

Tableau 3 : Dispositif expérimental.

	Lot 1 : 4 béliers	Lot 2 : 4 béliers	Lot 3 : 4 béliers	Lot 4 : 4 béliers
Période 1	Pâturage 1	Pâturage 2	Auge 1	Auge 2
Période 2	Pâturage 2	Auge 1	Auge 2	Pâturage 1
Période 3	Auge 1	Auge 2	Pâturage 1	Pâturage 2
Période 4	Auge 2	Pâturage1	Pâturage 2	Auge 1

B-II-3) Gestion des parcelles fourragères

Deux parcelles de 7 000 m² sont divisées en deux parcellaires, un pâturé et la deuxième fauchée pour les animaux à l'auge. L'espèce fourragère dominante à 75 % est le Pangola ou *Digitaria decumbens* (Annexe 1). Les autres espèces étant *Axonopus compressus* et diverses Cypéracées. Afin d'exploiter le fourrage à 28 jours de repousse, chaque parcellaire est divisé en 28 sous-parcelles de 125 m².

Un épandage d'engrais à raison d'une unité d'azote par jour de repousse et par hectare est réalisé après chaque passage d'animaux ou après chaque fauche.

B-II-4) Animaux et alimentation

Au cours de chacune des périodes, 4 lots de 4 béliers non castrés, de race Martinik et de phénotype Blackbelly sont utilisés (Annexe 2). Deux animaux par traitement sont canulés du rumen. Dans chaque mode d'alimentation, chaque animal dispose d'un abreuvoir afin de ne pas modifier la quantité de fourrage ingérée (Jarrige, 1988).

Deux lots, sont conduits au pâturage selon le mode de conduite traditionnel des ovins aux

Antilles c'est-à dire au piquet (Boval *et al.*, 2001) et dans le but de contrôler les quantités mises à disposition des animaux. Dans chaque groupe deux animaux sont alimentés avec du Pangola à 28 jours de repousse à raison de 1,2 fois leur capacité d'ingestion tandis que les deux autres ont à leur disposition 2,2 fois leur capacité d'ingestion (déplacement le long de la barre). Les niveaux de proposé sont déterminés via la surface à pâturer et le mode de fixation (Annexe 3). Les surfaces proposées au pâturage tiennent compte de la souille des parcelles par les déjections et le piétinement occasionnée par les animaux et le fourrage offert est comptabilisé au dessus de la hauteur de coupe du fourrage fauché pour être distribué à l'auge (5 cm) de manière à ne pas pénaliser l'alimentation à l'auge par rapport au pâturage, où les animaux peuvent consommer les strates inférieures.

Les béliers, des deux autres lots, sont placés individuellement en cage à digestibilité, et sont alimentés avec le même fourrage vert à 28 j de repousse, fauché et broyé. Ils reçoivent des niveaux représentant 1,1 fois ou 2 fois leur capacité d'ingestion, qui a été calculé préalablement pendant la période d'adaptation. Le fourrage est distribué en deux repas par jour espacé de 12 heures, un à 7 h et le second à 19h, pour se rapprocher au maximum des conditions d'élevage (Assoumaya *et al.*, 2007). Afin de pouvoir comparer avec le plus d'exactitude possible les deux modes d'alimentation, les repas à l'auge sont distribués en même temps que les animaux au pâturage sont déplacés sur la parcelle quotidienne.

B-IV- Mesures

Chacune des quatre périodes de mesure comporte une semaine d'adaptation et deux de mesure.

Les semaines d'adaptation constituent une étape préliminaire aux mesures afin que les animaux s'adaptent au fourrage, au mode d'alimentation et à leur environnement (cage, éclairage, passage des expérimentateurs, pâturage, etc.) de façon à commencer les mesures dans des conditions non stressantes pour ne pas perturber les mécanismes de l'ingestion et de la digestion.

B-IV-1) Mesure du fourrage

Sur les parcelles destinées à être pâturées, des mesures du fourrage *in situ* sont réalisées. Pour chaque surface pâturée par un bélier, cinq sites font l'objet des mesures suivantes: la hauteur de l'herbe est mesurée à l'aide d'un herbomètre à plateau ; la longueur étirée de deux talles par site est mesurée ; la biomasse est estimée avant l'entrée des animaux et à leur sortie (refus) par des prélèvements au niveau du sol, à l'aide d'une micro tondeuse, sur une surface équivalente à celle du plateau de l'herbomètre (30 × 30 cm). Les cinq prélèvements par animal sont regroupés en deux échantillons moyens, à partir desquels sont déterminée la MS (48 h à 65 °C) avec le premier, et la composition floristique (détermination des différentes espèces fourragères présentes) puis morphologique (fractions des feuilles, tiges et débris) avec le deuxième.
Parallèlement, sur les parcellaires destinés à l'auge, sept échantillons de fourrage frais, avant le passage de la moto-faucheuse (5 cm de hauteur de coupe), sont prélevés à l'aide de la micro tondeuse. Deux servent à la détermination de la teneur en MS (65 °C pendant 48 heures).
A l'auge, deux échantillons représentatifs du fourrage fauché et broyé sont pesés ainsi qu'un échantillon de refus individuel. L'ensemble des échantillons sont ensuite séchés dans une étuve ventilée pendant 48 heures à 65 °C. Après séchage, ils sont broyés au broyeur à

marteaux muni d'une grille de 0,75 mm dans le but de caractériser la composition chimique du fourrage (Tableau 4).

B-IV-2) Mesure de la digestibilité et de l'ingestion

Au pâturage, la digestibilité est estimée par la méthode azote fécal (cf. A-III-2-c p. 23) selon une équation mise au point à l'URZ pour les béliers (Boval *et al.*, 2003) ou via la SPIR (cf. A-III-2-c p. 24) à l'aide de calibrations réalisées pour des béliers. Pour cela, la quantité totale de fèces excrétée est recueillie dans des sacs collés sur la partie postérieure de l'animal, une fois par jour, avant le déplacement des animaux au pâturage. Les fèces individuelles collectées sont pesées quotidiennement et un échantillon représentatif de 10 % est prélevé. Chaque échantillon est séché (48 h à 60 °C). Après les cinq jours de digestibilité, les fèces sont poolées par animal, puis broyées (tamis de 0,5 mm) et analysées au laboratoire pour déterminer la teneur en azote fécal et scanner les spectres via un spectromètre NIRSYSTEMS 6500 (Tableau 4).

Au pâturage, les quantités ingérées (I) sont calculées à partir de la digestibilité (D) estimée et des quantités fécales (F) collectées (cf. A-III-2-c p. 21), selon l'équation de Streeter (1969) : $I = F/(1-D)$.

A l'auge, la digestibilité et l'ingestion sont mesurées selon la méthode de référence. Les quantités ingérées (I) sont estimées par différence des quantités proposées et refusées dans les bacs à l'auge (cf. A-III-1 p. 19). Les fèces (F) excrétées sont collectées dans des sacs collés à l'arrière train des animaux et un échantillon représentatif est prélevé et analysé comme au pâturage. La digestibilité (D) est calculée à partir de F et I, $D = (I-F)/I$ (cf. A-III-1 p. 19).

B-IV-3) Mesure du comportement alimentaire

Au pâturage et à l'auge, les différentes activités alimentaires ont été observées individuellement pour chaque bélier et notées toutes les 5 minutes, pendant 24 heures. Les observations permettent de déterminer le moment et la durée des processus d'ingestion, de mastication mérycique et de repos. Les durées d'ingestion, rumination et repos sont calculées en faisant la somme de chaque activité sur 24h, et en la multipliant par 5.

B-IV-4) Détermination de la composition chimique des fourrages

Une fois parvenue au laboratoire d'analyse, les échantillons de fourrage et de fèces, déjà séchés et broyés, subissent une nouvelle dessiccation avant analyse. La matière sèche est obtenue après un passage à l'étuve à 103 °C pendant une nuit. Le résidu sec est ensuite minéralisé au four à 550 °C pendant 6 h. La soustraction des matières minérales (MM) ainsi obtenue du résidu sec, permet d'obtenir la matière organique.
Les matières azotées totales (MAT) sont dosées selon la méthode de Dumas. Le principe de ce dosage est basé sur une calcination de l'échantillon (environ 50 mg) en présence d'oxyde de cuivre entre 850 et 1400 °C. Le carbone et l'hydrogène sont oxydés et sont piégés sur des colonnes tandis que les oxydes d'azote sont ensuite réduits de façon catalytique pour donner de l'azote gazeux, N_2, dont le volume est déterminé.

Les constituants membranaires (NDF, ADF, ADL) sont estimés selon la technique de Van Soest et Wine (1967). Cette technique procède, par la succession de trois hydrolyses, à

l'évaluation du résidu représentatif de la fraction indigestible des aliments.
Le Fibersac 24 est conçu pour analyser simultanément jusqu'à 24 échantillons individuellement enfermés dans un sachet en téflon. Ces sachets ont une très faible teneur en humidité et un poids de cendre constant. Ces sachets sont plongés dans un bain pour y subir les attaques des différentes solutions afin de déterminer la cellulose brute, les fibres ADF, NDF, ainsi que la lignine. L'appareil maintient les solutions à 100 °C, pendant qu'une agitation assure un flux uniforme des solutions à travers chaque échantillon.
La technique de VAN SOEST est donc basée sur trois hydrolyses successives :

- La cellule est gonflée avec une solution détergente neutre de laurylsulfate de sodium et libère son contenu cellulaire. Il ne reste que l'hémicellulose, la cellulose et la lignine que l'on appelle encore NDF fibre au détergent neutre.
- On procède ensuite à la solubilisation des protéines, des glucides, et des hémicelluloses par l'action de solution sulfurique (H_2SO_4, N), de bromure de cétyltriméthylammonium, portées à ébullition.
- On détermine ainsi, la cellulose + la lignine appelée « ADF » ou fibre détergent acide.

A partir de l'ADF, la lignine est estimée après solubilisation de la cellulose dans l'acide sulfurique à 72 % (Tableau 4).

B-IV-5) Lecture des spectres des échantillons fécaux

Les spectres de fèces ont été enregistrés avec un spectromètre 6500 (FOSS) disposant d'une gamme de longueur d'onde s'étendant de 400 à 2500 nm par pas de 2 nm.
Après séchage et broyage des fèces, les échantillons sont insérés dans des lunettes de quartz fermées par un carton identifié. Une fois les lunettes introduites dans l'appareil, la première pénètre dans le système d'analyse où plusieurs mesures spectrales sont prises. L'ordinateur auquel est relié le SPIR, enregistre la densité optique ou absorbance pour chacune des longueurs d'onde. Afin d'éliminer toute erreur de manipulation et d'augmenter la représentativité de l'échantillon, chaque échantillon est scanné deux fois. L'échantillon analysé sort du système ce qui déclenche l'entrée d'un nouvel échantillon. L'analyse terminée, les échantillons sont réintroduits dans leur pot respectif.

B-V- Analyses statistiques

Les données ont été, analysées selon un schéma en carré latin avec la procédure GLM de SAS (1999).

Les variables liées à l'estimation des quantités ingérées, de la digestibilité et du comportement alimentaire, les effets dus aux milieux d'alimentation, aux niveaux de proposé, aux deux périodes de mesure et aux béliers ont été pris en compte :

$$Yijkl = y + T1i + T2j + Pk + Bl + eijkl$$

Y étant le paramètre étudié, y la valeur moyenne du paramètre, T1i, T2j, T1i*T2j, Pk et Bl représentant la part de variance expliquée par le milieu d'alimentation (i=2), le niveau de proposé (j=2), l'interaction entre les 2 traitements, les périodes (k=2) et les béliers au sein de chaque lot (k=4), e étant l'erreur résiduelle du modèle.

Pour les variables fourragères, seul l'effet de la période et des sites de mesure ont été considérés.

Tableau 4 : Estimation du nombre d'échantillons à analyser au laboratoire par essai.

ECHANTILLONS PAR ESSAI (auge et pâturage)	**TRAITEMENT**	**ANALYSE**	**NOMBRE**	**PERIODE**
Fourrage proposé	- Séchage - Broyage (tamis 0,75 µm)	MO, MAT, NDF, ADF, ADL	8×5=40 (digesto) 4×5=20 (in sacco) 2(4×2)=16 (vidage) => 76 échantillons	*Uniquement digestibilité au pâturage, toutes les périodes pour l'auge*
Fourrage refusé	- Séchage - Broyage (tamis 0,75 µm)	MO, MAT, NDF, ADF, ADL	Idem => 76 échantillons	
Tri du fourrage	- Séchage - Broyage (tamis 0,75 µm)	MO, MAT, NDF, ADF, ADL	2 échantillons	
Fèces	- Séchage - Broyage (tamis 0,75 µm)	MO, MAT, NDF, ADF, ADL + azote endogène + SPIR	16×5=80 échantillons	*Digestibilité*
Sachets	Séchage	MO, MAT, NDF, ADF, ADL	24×8=168 sachets	*In sacco*
Liquide ruminal	Tamisage (100 µm)	pH, NH_3, AGV	2(8×2)=32 échantillons	*In sacco*
Contenu ruminal	Lyophilisé	MO, MAT, NDF, ADF, ADL + activité enzymatique	2×8=16 échantillons	*Vidage*
Granulométrie	Tamisage sous jet d'eau + Séchage et broyage (tamis 0,5 µm)		2(8×3)=48 échantillons	*Vidage*
Au total, pas moins de 546 échantillons à faire sécher, broyer, pooler et analyser par période.				

PARTIE C : RESULTATS

C- I - Caractéristiques du fourrage proposé

La biomasse des parcelles expérimentales est en moyenne de 2,4 t MS/ha. La hauteur moyenne du couvert est de 8,8 cm et comporte des talles qui une fois étirés, atteignent 18 cm en moyenne. La densité moyenne du couvert au pâturage est de 2,8 kg MS/m^3. La densité équivalente à l'auge du fourrage distribué dans des caisses d'un volume de 0,0718 m^3 (en 2 repas) atteint 14,3 et 45,8 kg MS/m^3, respectivement pour les niveaux bas et haut.
La mesure régulière de la biomasse au cours de l'expérimentation a permis de déterminer, *via* la surface à faire pâturer, des niveaux de proposé en MS au pâturage (2,07 *vs* 3,33), équivalents à ceux à l'auge (2,05 *vs* 3,29). Il faut noter que les quantités proposées au pâturage ont été estimées au dessus de la hauteur de coupe de la moto-faucheuse (5 cm). Les niveaux de proposé étant semblables au pâturage et à l'auge après correction, on teste bien l'effet des mêmes niveaux de MS proposé pour les deux modes d'alimentation.

La composition chimique du fourrage proposé au pâturage, estimée à partir de prélèvements effectués au ras du sol à l'aide de micro tondeuses, diffère de celle du fourrage proposé à l'auge, fauché à une hauteur moyenne de 5 cm. Au pâturage, les mesures étant réalisées sur des plantes entières, la teneur moyenne en MAT est inférieure et la teneur en ADF est plus élevée, par rapport à l'auge (Tableau 5). La teneur en NDF est équivalente pour les deux modes d'alimentation.

Tableau 5 : Caractéristiques du fourrage proposé au pâturage et fauché et distribué à l'auge (Pangola, 28j).

	Pâturage		Auge	
	Bas	Haut	Bas	Haut
Biomasse (kg MS/m²)	243,8			
Hauteur (cm)	8,8			
Longueur talles (cm)	17,9			
Densité (kg MS/m^3)	2,8			
Quantité proposée (kg MS/j)	2,07b	3,33a	2,05b	3,29a
Surface proposée (m²)	19,625b	32,125a		
MS (%)[1]	28,0a	27,7a	23,0b	23,3b
MAT (% MS)	7,4b	8,3b	9,1a	9,1a
NDF (% MS)	71,35a	71,37a	70,7a	70,7a
ADF (% MS)	36,45a	36,47a	35,7b	35,6b

Les valeurs d'une même ligne avec des lettres différentes sont significativement différentes (P<0,05).

C- II - Estimation de la digestibilité et de l'ingestion, comparaison des méthodes

[1] Taux de MS estimés 1) à partir de prélèvements réalisés au pâturage, in situ pour les traitements Pât & 2) à partir du même fourrage hâché, avant distribution aux béliers en cage, pour les traitements Auge.

A l'auge la digestibilité du fourrage distribué, mesurée par la méthode de référence (cf. A-III-1 p. 19) est en moyenne de 0,64. L'ingestion est en moyenne de 89,4 g MO/kg $P^{0,75}$.
La méthode « azote fécal » conduit à des estimations de la digestibilité comparables à celles de la méthode de référence. Les quantités ingérées sont en revanche supérieures de + 153 g MO/j en moyenne.
La SPIR fournit également des estimations de la digestibilité proches de celles de la méthode de référence. Les quantités ingérées sont par contre inférieures aux estimées par la méthode de référence, de -212 g MO/j en moyenne.

Au pâturage, la digestibilité et l'ingestion du fourrage offert est mesurée uniquement par la méthode azote fécal et la SPIR, la méthode de référence ne pouvant pas être appliquée (cf. A-III-2 p. 19).
La digestibilité du fourrage au pâturage mesurée par l'azote fécal (en moyenne 0,66) ou la SPIR (en moyenne 0,653) sont proches (Tableau 6). Quant aux quantités ingérées, leur estimation est supérieure avec l'azote fécal (en moyenne 1394 g MO/j), d'environ 100 g MO/j par rapport à la SPIR (en moyenne 1289 g MO/j). Il en va de même des MODI, légèrement supérieures avec l'azote fécal.

La SPIR conduit à l'auge à des estimations moins précises par rapport à la méthode de référence comparativement à l'azote fécal. Néanmoins, la répartition des spectres fécaux de l'étude et ceux ayant servi à la calibration (Figure 4) montre qu'il s'agit de spectres ayant des caractéristiques différentes. Pour la suite des résultats, nous avons considéré les estimations de la digestibilité et de l'ingestion via l'azote fécal.

Tableau 6 : Digestibilité et quantités ingérées, estimées par la méthode de référence, l'azote fécal ou la SPIR.

	Pâturage		Auge	
	Bas	Haut	Bas	Haut
Méthode de référence				
dMO			0,644a	0,645a
MOI (g MO/j)			1574,46a	1791,5a
MOI (g/kg $P^{0.75}$/j)			84,75a	94,07a
MODI			54,43a	60,61a
Azote fécal				
dMO	0,661a	0,66a	0,642c	0,653b
MOI (g MO/j)	1385,2c	1404,2c	1691,5b	1980,5a
MOI (g/kg $P^{0.75}$/j)	71,5c	72,2c	90,86a	103,8a
MODI	47,42c	47,52c	58,29b	67,93a
SPIR				
dMO	0,661a	0,645b	0,635b	0,642b
MOI (g MO/j)	1292,27a	1285,89a	1393,73	1545,68
MOI (g/kg $P^{0.75}$/j)	65,81b	66,18b	75,03ab	80,64a
MODI	43,6ab	40,81c	46,41ab	50,58a

C- II- 1) Effet du mode d'alimentation

Les différences entre le pâturage et l'auge sont significatives pour la digestibilité et l'ingestion ($P<0,05$). Au pâturage, la digestibilité de la MO (estimée par l'azote fécal) est significativement supérieure par rapport à l'auge. En revanche les quantités ingérées sont plus importantes à l'auge, de l'ordre de 440 g MO/j ou + 25 g MO/kg $P^{0,75}$ en moyenne. La MODI résultante est également supérieure à l'auge (+ 15,64 g MO/kg $P^{0,75}$), mais l'écart est moins élevé que pour l'ingestion. Il y aurait compensation partielle entre la digestibilité et les quantités ingérées.

C-II- 2) Effet du niveau proposé

L'effet des niveaux de fourrage proposé n'est pas significatif au pâturage, ni pour la digestibilité, ni pour l'ingestion et donc la MODI.

En revanche à l'auge le niveau haut de fourrage proposé, induit un léger accroissement de la digestibilité (+ 1,3) et des quantités ingérées (+ 289 g MO/j ou 13 g MO/kg $P^{0,75}$). La MODI résultante est ainsi supérieure de 16,5 % au niveau haut, par rapport au niveau bas ($P<0,05$).

C- III- Composition chimique du fourrage ingéré

La composition chimique du fourrage estimée à partir de la SPIR, diverge entre le pâturage et l'auge (Tableau 7). Au pâturage, la teneur en MAT est inférieure et les teneurs en NDF, ADF et ADL sont plus élevées qu'à l'auge. Au pâturage, les valeurs de MAT, ADF et ADL sont semblables entre les niveaux bas et haut. En ce qui concerne les teneurs en NDF, elles sont significativement inférieures au pâturage en niveau bas qu'en niveau haut. A l'auge, aucune différence significative n'est constatée pour les valeurs de NDF entre les niveaux bas et haut.

Comme précédemment pour l'estimation de la digestibilité et de l'ingestion, les spectres des échantillons fécaux de l'étude sont différents de ceux utilisés pour la calibration (Figure 4). Aussi ces données, même si elles donnent un ordre de grandeur de la composition chimique du fourrage ingéré, sont à considérer avec réserve.

Tableau 7 : Caractéristiques du fourrage consommé, estimées via la SPIR.

	Pâturage		Auge	
	Bas	Haut	Bas	Haut
MAT (% MOI)	11,54b	11,85b	12,25a	13,46a
NDF (% MOI)	76,44b	76,83a	74,58c	74,47c
ADF (% MOI)	34,40a	34,24a	33,72ab	33,24b
ADL (%MOI)	2,61a	2,60a	1,87b	1,99b

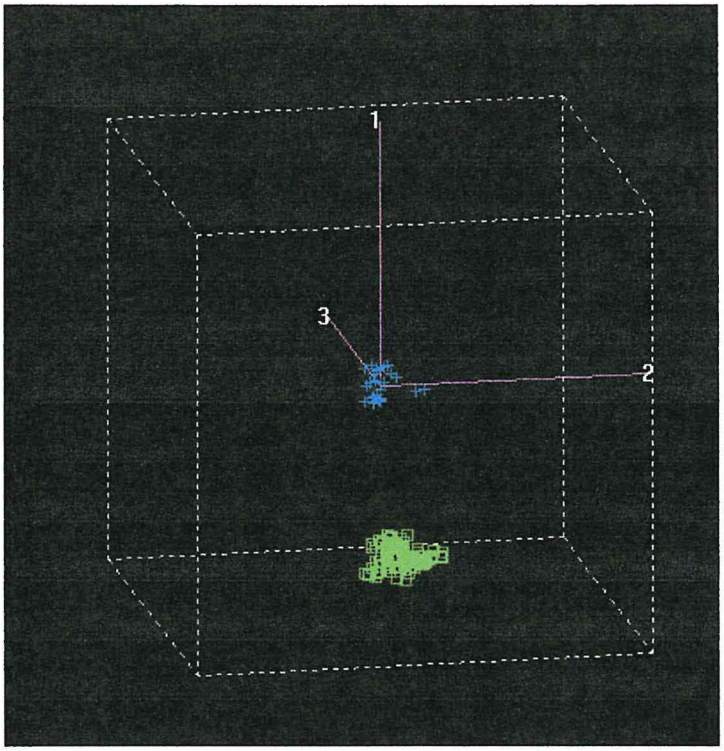


Figure 4 : Nuage de points des échantillons ayant servis à la calibration du SPIR (au centre, en bleu) et des échantillons analysés (en bas, en vert).

C- IV- Variables du comportement alimentaire

Le tableau 8 résume les résultats du comportement alimentaire des animaux. Les béliers au pâturage ingèrent plus longtemps que ceux à l'auge (+ 1h20). Par contre, la durée de rumination est inférieure par rapport à l'auge (- 59 min). Les temps alloués au repos ne différent pas significativement entre le pâturage et l'auge.

Au pâturage, la durée d'ingestion est plus longue de 40 min en niveau bas qu'en niveau haut. A l'auge, c'est l'inverse, l'ingestion dure plus de temps en niveau haut qu'en niveau bas (+ 79 min).

Les durées de rumination les plus élevées sont associées au pâturage au niveau haut (467,5 min/j) et à l'auge au niveau bas (542,5 min/j). Les différences de durée de rumination entre les niveaux de proposé sont égales à 20 et 52 min respectivement au pâturage et à l'auge.

En moyenne, les béliers se reposent 490,55 min au cours d'une période de 24 h, quel que soit le mode de conduite et le niveau de proposé.

Tableau 8 : Durées de pâturage, rumination et repos estimées au pâturage et à l'auge.

	Pâturage		Auge	
	Bas	Haut	Bas	Haut
Durée d'ingestion (min/j)	524,6a	484,2b	385,2c	464,4b
Durée de rumination (min/j)	447,0bc	467,5b	542,5a	490,9b
Durée de repos (min/j)	468,4a	486,7a	522,4a	484,7a

PARTIE D : DISCUSSION

Caractéristiques du fourrage proposé

Dans cette étude, le Pangola est récolté à 28 jours sur des surfaces non irriguées. Sa production fourragère, estimée à 2,4 t MS/ha concorde avec la bibliographie (Ortega *et al.*, 2005). Les caractéristiques morphologiques, la hauteur et la longueur des talles étirées coïncident également avec les données reportées par Gayalin (2003).

La composition chimique du fourrage est bien représentative des fourrages tropicaux (Aumont *et al.*, 1995), différentes des teneurs que l'on mesure pour les fourrages tempérés, riche en MAT et pauvres en fibres (Minson, 1990). En effet, les teneurs en MAT sont inférieures à 10 % alors que celles en NDF et ADF sont élevées.

De plus, le Pangola est considéré comme une plante stolonifère c'est-à-dire qu'au cours de sa maturation le rapport feuille/tige diminue très vite au-delà de trois semaines de repousse (Cruz *et al.*, 1989). Cette particularité est en concordance avec les valeurs élevées en NDF et ADF que nous mesurons

La composition chimique du fourrage pâturé est globalement moins favorable que celle du fourrage à l'auge. Mais au pâturage, les analyses ont été effectuées sur des échantillons prélevés au niveau du sol (avec la micro tondeuse), alors qu'à l'auge, les analyses ont été réalisées sur le fourrage fauché (hauteur de 5 cm) et distribué dans les bacs.

Alimentation au pâturage *vs* à l'auge

Avec la conduite au pâturage, la digestibilité du fourrage consommé est supérieure de 1 à 2 points par rapport à l'auge (Tableau 5). De plus, les béliers au pâturage ont passé davantage de temps à ingérer, et moins de temps à ruminer comparativement à ceux à l'auge (Tableau 7). Lors de la mesure du comportement alimentaire, les activités de recherches de fourrage caractéristiques du comportement sélectif des animaux sont assimilées à de l'ingestion. Ainsi, au pâturage, les béliers expriment leur comportement sélectif en sélectionnant une ration plus digestible que le fourrage qui leur a été offert mais en passant d'avantage de temps à ingérer.

En revanche à l'auge, le hachage du fourrage rend le tri beaucoup plus difficile. Ainsi, les animaux consomment toutes les parties confondues. Les béliers y ont passé moins de temps à ingérer, et plus de temps à ruminer à cause de la moindre digestibilité du fourrage ingéré (+ 1 h).

L'ingestion varie également suivant le mode de conduite des animaux. Elle est plus faible au pâturage qu'à l'auge (Tableau 5). Le nombre quotidien de mouvements de mâchoire, ou la capacité masticatoire atteint en effet un maximum (1000 min au maximum), au delà duquel l'animal ne peut pas compenser, en particulier avec des régimes riches en fibre (Pérez-Barberia et Gordon, 1998 ; Sauvant, 2000). Il est fort probable compte tenu de la différence de densité du fourrage offert, que la quantité prélevée par bouchée au pâturage, soit nettement plus faible qu'à l'auge. En effet, la densité du fourrage proposé sur pied (2,8 kg MS/m^3) au pâturage est en effet bien en deçà de celle du fourrage présenté en bac (14 à 46 kg MS/m^3). Les animaux au pâturage ne peuvent ainsi prélever autant de fourrage par bouchée qu'à l'auge. Cela d'autant plus qu'ils développent par ailleurs leur comportement sélectif, passant davantage de temps à réaliser des bouchées, par rapport à l'auge. Ainsi, pour le même nombre de bouchées, l'ingestion au pâturage est inévitablement plus faible, par rapport à l'auge.

Même en accroissant les durées de pâturage, les béliers sont limités par leur capacité masticatoire maximale.

Quand on considère la MODI, qui est un bon indicateur des nutriments réellement disponibles pour l'organisme, les différences entre le pâturage et l'auge demeurent. Même si le pâturage permet une meilleure digestibilité du fourrage consommé, l'auge favorise davantage la préhension et la MODI y est supérieure de 16 % par rapport au pâturage.

Effet du niveau de fourrage proposé au pâturage et à l'auge

Au pâturage, il n'y a pas de différences entre les deux niveaux de proposé. En effet, compte tenu des différences de surfaces offertes aux animaux et de leur comportement sélectif, nous nous attendions à avoir une meilleure digestibilité de la MO et une ingestion accrue au niveau haut. Or, il n'en est rien.

Cependant, certains auteurs ont souligné une augmentation de l'ingestion au pâturage pour des niveaux de proposé élevés (Penning *et al.*, 1986 ; Milne *et al.*, 1979). Toutefois, dans ces nombreux essais, les niveaux de proposé sont obtenus en faisant varier soit le niveau de fertilisation, soit la coupe du fourrage (Everett-Hincks *et al.*, 2005). Ces facteurs modifient certes, la quantité du fourrage, mais en même temps influencent la composition chimique du fourrage et ses caractéristiques physiques. Ces variations des caractéristiques prairiales, en plus des différences de quantités proposées, ont des conséquences sur l'alimentation des animaux et plus particulièrement sur la qualité du fourrage offert et sur préhensibilité du couvert végétal. En effet, la biomasse, la densité, la hauteur et la résistance au cisaillement sont des facteurs qui influencent directement les quantités ingérées et la digestibilité du fourrage (cf. A-II-2-a p. 16).

Dans cette étude les différents niveaux de proposé sont fixés uniquement par la surface fourragère, et les caractéristiques physico-chimiques du fourrage offert ne diffère pas en fonction du niveau de proposé au pâturage (Tableau 3). Pour davantage exploiter le niveau haut de proposé, il aurait fallu que les béliers exploitent davantage l'ensemble de leur surface (selon un axe horizontal), ce qu'ils n'ont pas fait. En effet, les béliers au pâturage semblent avoir atteint leur capacité masticatoire maximum. Il est également possible que le grégarisme des béliers les ait amenés à brouter la surface attenante à celle des autres moutons, pâturant côte à côte, ce qui s'observe bien au comportement. Pour accroître l'ingestion au pâturage, il aurait fallu jouer davantage sur des densités de fourrage proposé, améliorant la préhensibilité du fourrage et la quantité prélevée par bouchée.

A l'auge, avec le niveau haut de proposé, la digestibilité est légèrement supérieure ainsi que l'ingestion, par rapport au niveau bas. Bien que le hachage limite le tri (cf. A-I-2-a p. 11), les animaux en niveau haut sélectionnent certaines parties du fourrage, de façon moins marquée qu'au pâturage, mais suffisamment pour augmenter la digestibilité. Par ailleurs, de par la densité élevée de fourrage dans leur auge (45 *vs* 14 au niveau bas), ils arrivent à prélever de grosses bouchées et donc maintenir un niveau d'ingestion plus élevé qu'au niveau bas. Cela est cohérent avec la durée de rumination plus faible, et la durée d'ingestion plus élevée en niveau haut, comparé au niveau bas.

Ainsi, on peut s'interroger sur la notion de « niveaux de proposés » développée dans la bibliographie, qui au pâturage est vraisemblablement confondue avec des hauteurs et ou des densités différentes. A l'auge, le contexte est différent : il est plus facile de comparer des

niveaux de proposé différents d'un même fourrage, dans des conditions comparables (même présentation du fourrage en bac). En ce sens, la comparaison pâturage *vs* auge permet de mieux comprendre et situer les résultats obtenus au pâturage.

Comparaison des méthodes pour apprécier l'alimentation au pâturage

Les deux méthodes testées dans le cadre de cette étude, l'azote fécal et la SPIR conduisent à des estimations globalement cohérentes de la digestibilité et de l'ingestion. En effet, les tendances entre traitement sont à peu de choses près comparables pour les deux méthodes : digestibilité supérieure au pâturage, ingestion plus élevée à l'auge, et les différences entre niveaux de proposé sont sensiblement les mêmes.
L'azote fécal conduit cependant, à des estimations plus proches de la méthode de référence que la SPIR, ce qui a été également observé lors de l'expérimentation précédente comparant l'effet de l'âge de repousse au pâturage *vs* auge. L'équation « Azote fécal » utilisée a, en effet, été mise au point dans des conditions similaires à notre étude, avec des ovins alimentés avec du Pangola (Boval *et al.*, 2003). Dans d'autres conditions, il est probable que la méthode soit moins performante. La SPIR aurait sans doute conduit à des estimations encore plus proches de la méthode de référence si le nuage de points utilisé pour la calibration était plus large, englobant les caractéristiques des spectres fécaux de notre étude. Même si dans cette étude elle apparaît comme moins performante que l'azote fécal, elle est cependant une méthode d'estimation intéressante, qui donne en plus des quantités ingérées et la digestibilité, des estimations de la qualité du fourrage consommé. Les calibrations obtenues pour la composition chimique de l'ingéré sont d'ailleurs plus précises que celles obtenues pour la digestibilité ou l'ingestion (Fanchone *et al.*, 2007).
Ces comparaisons de méthodes montrent néanmoins qu'il est désormais envisageable de mesurer l'alimentation au pâturage, moyennant encore quelques améliorations méthodologiques. Ces méthodes sont indispensables pour comprendre et améliorer l'alimentation au pâturage, qui diffère de celle à l'auge, comme le montre notre étude.

CONCLUSION

Deux grandes différences distinguent les deux modes de conduite étudiés. Au pâturage, la digestibilité du fourrage est meilleure, mais l'auge permet une ingestion supérieure. Ces différences s'expriment via le comportement sélectif des petits ruminants au pâturage, et via la densité de matière sèche disponible quand le fourrage est distribué à l'auge. Au final, même si les différences s'estompent entre les deux milieux, l'auge permet d'avoir une plus grande part de fourrage consommé et digéré.

L'impact des niveaux de proposé n'est pas comparable au pâturage et à l'auge. Au pâturage, aucune différence n'est observée lorsque les différents niveaux de proposé sont définis par la surface fourragère mise à la disposition des animaux. Par contre, à l'auge, les valeurs de la digestibilité et de l'ingestion sont légèrement supérieures en niveau haut. Cette différence peut laisser croire que les ovins sont capables de trier et sélectionner le fourrage même s'il est distribué broyé. Cette étude montre qu'il existe réellement des différences entre ces deux modes d'alimentation et qu'on ne peut extrapoler des règles de gestion de l'alimentation au pâturage, uniquement sur la base de connaissances à l'auge. Ainsi, l'effet des niveaux de fourrage proposé n'a pas été comparable entre l'auge et le pâturage. On peut s'interroger sur la notion de niveaux de proposé, telle qu'elle est développée dans la bibliographie, et sa pertinence dans deux milieux différents d'alimentation (pâturage *vs* auge), tant la forme de présentation du fourrage proposé est différente dans les deux cas, avec des densités très éloignées. Des règles de gestion du pâturage sont pourtant classiquement inspirées de données obtenues à l'auge, par manque de mesures réelles au pâturage, où il existe de réels obstacles méthodologiques.

En ce sens, les méthodes de mesure de l'alimentation au pâturage sont indispensables. Cette étude montre qu'avec encore quelques études complémentaires et une gamme de référence plus large, les méthodes testées seront réellement efficientes pour mesurer l'alimentation au pâturage.

Mon stage a contribué à mesurer les principaux effets du niveau de proposé, et d'apprécier les différences entre les deux modes d'alimentation. Cette étude montre que des travaux spécifiques au pâturage sont indispensables pour comprendre et améliorer l'alimentation au pâturage, qui diffère de celle à l'auge. La poursuite de l'étude, dans le cadre de la thèse d'Audrey Fanchone devrait permettre d'apporter les éléments explicatifs aux effets observés, d'analyser les mécanismes impliqués et de proposer des alternatives à une meilleure alimentation des ovins au pâturage en zone tropicale.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALDDEN W.G., WHITTAKER I.A.M., 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep : the interrelationship of factors inflencing herbage intake and digestibility. Aust. J. Agric. Res., 21, pp.755-766.

ARTUS-POLIAKOFF F., CHAMPANNET F., GAYALIN M, 1991. Production fourragère et élevage ovin à la Martinique. Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., (n° spécial) : 91-98.

ASSOUMAYA C., SAUVANT D., POMMIER F., BOVAL M., CALIF B., ARCHIMEDE H., 2007. Effect of frequency of meals on intake and digestion of tropical grass consumed by ram, Animal (sous presse).

AUMONT G.; CAUDRON I.; SAMINADIN G.; XANDE A, 1995. Sources of variation in nutritive values of tropical forages from the Caribbean. Animal Feed Science and Technology, 51, n° 1, January 1995, pp. 1-13.

BAUMONT R., PRACHE S., MEURET M., MORAND-FEHR P., 2000. How forage characteristics influence behaviourand intake in small ruminant : a review. Livest. Prod. Sci. 64, pp. 15-28.

BERTRAND D., 2002. La spectroscopie proche infra rouge et ses applications dans les industries de l'alimentation animale. INRA Prod. Anim., 15, pp. 209-219.

BIPEA, 1997. Guide de l'utilisateur de spectromètres d'absorption dans le proche infra rouge. Edition BIPEA, Gennevilliers, France, 63 p.

BLACK J.L., KENNEY P.A., 1984. Factors affecting diet selection by sheep. II. Height and density of pasture. Aust. J. Agric. Res., 35, pp. 565-578.

BOVAL M., ARCHIMÈDE H., XANDE A., 2003. The ability of faecal nitrogen to predict digestibility for goats and sheep fed with tropical herbage. Journal of Agricultural Science, 140, 1-8.

BOVAL M., BOREL H., ALEXANDRE G., 2001. La estaca, una forma económica de manejo animal, adaptada a pequeños espacios y a la policultura agricultura-ganadería. Caso de la Guadelupe. In la 17th Reunión Latinoamericana de Produccion Animal (ALPA) 20-23 Nov 2001, La Habana, Cuba, pp.401.

BURNS J.C., SOLLENBERGER L.E., 2002. Grazing behavior of ruminants and daily performance from warm-season grasses. Crop Sci., 42, pp. 873-881.

CIRAD, GRET, MINISTERE DES AFFAIRES ETRANGERES, 2002. Mémento de l'agronome. Paris, 161 p.

CHACON E., STOBBS T.H., SANDLAND R.L., 1976. Estimation of herbage consumption by grazing cattle using measurements of eating behaviour. Journal of the British

Grassland Society, 31, pp. 81-87.

COLEMAN S.W., 2006. Challenges to assessing forage intake by grazing ruminants. 8° World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 13-18, Belo Horizonte, MG, Brasil.

COLEMAN S.W., MOORE J.E., 2003. Feed quality and animal performance. Field Crops Research, 84, pp. 17-29.

CRUZ P., ALEXANDRE G., BAUDOT H, 1989. Cinétique de la croissance foliaire et stolonifère d'un peuplement de *Digitaria decumbens* au cours de la repousse. Proceedings of the XVI International Grassland Congress, Nice, pp. 499-500.

DAWSON L.E.R., CARSON A.F., KILPATRICK D.J., LAIDLAW S.A., 2005. Effect of herbage allowance and concentrate food level offered to ewes in late pregnancy on ewe and lamb performance. Animal Science, 81, pp. 413-421.

DEMARQUILLY C., CHENOST M., 1969. Etude de la digestion des fourrages dans le rumen par la méthode des sachets de nylon ; liaisons avec la valeur alimentaire. Annales zootechniques. 18, pp. 419-436.

DUMONT B, 1996. Préférences et sélection alimentaire au pâturage. INRA Prod. Anim., 9(5), pp. 359-366.

DUMONT B., BOISSY A., 1999. Relations sociales et comportement alimentaire au pâturage. INRA Prod.Anim., 12 (1), 3-10.

FAYE B., ALARY V., 2001. Les enjeux des productions animales dans les pays du Sud. INRA Prod. Anim., 14 (1), pp. 3-13.

GAYALIN M., 2003. Gestion, intérêts et limites des principales espèces fourragères utilisables dans les Antilles. Cemagref-INRA, Classeur comprenant 10 fiches techniques, juillet 2003.

GRANT R.J., VAN SOEST P.J., McDOWELL R.E., PEREZ C.B., 1974. Intake, digestibility and metabolic loss of napier grass by cattle and buffaloes when fed wilted, chopped and wholes. J. Anim. Sci., 39, pp. 423-434.

HOLMES P.H., 1993.Interaction between parasites and animal nutrition –The veterinary consequences. Proc. Nutr. Soc., 12, pp. 113-120.

ILLIUS A.W., GORDON I.J., MILNE J.D., WRIGHT W., 1995. Costs and benefits of foraging on grasses varying in canopy structure and resistance to defoliation. Funct. Ecol., 9, pp. 894-903.

INOUE T., BROOKES I.M., JOHN A., BARRY T.N., HUNT W.F., 1993. Effect of physical resistance in perennial ryegrass leaves on feeding value for sheep. Proceedings XVII International Grassland Congress, pp.570-572.

JARRIGE R., 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, Paris, 476 p.

JARRIGE R., RUCKEBUSCH Y., DEMARQUILLY C., FARCE M.-H., JOURNET M., 1995. Nutrition des ruminants domestiques : ingestion et digestion. INRA, Paris, 921 p.

JOURNET M., GRENET E., DEMARQUILLY C., FARCE M.H., THERIEZ M., 1995. Recent developments in the nutrition of herbivores. Proceedings of the IVth International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Clermont-Ferrand (France), September 11-15 1995. INRA, Paris, 621 p.

LACA E.A., UNGAR E.D., SELIGMAN N.G., RAMEY M.R., DEMMENT M.W., 1992. An integrated methodology for studying short-term grazing behaviour of cattle. Grass an Forage Science, 47, pp.81-90.

LANCASTER R.J., 1947. Estimation of digestibility of grazed pasture from faeces nitrogen. Nature, 163, 330.

LAREDO M.A., MINSON D.J., 1973. The voluntary intake, digestibility and retention time by sheep of leaf and stem fractions of five grasses. Australian Journal of Agricultural research, 24, pp.875-888.

LE DU Y.L., PENNING P.D., 1982. Animal based techniques for estimating herbage intake. J.D. Leaver ed. Herbage Intake Handbook, Reading, UK : The British Grassland Society, pp. 37-76.

LENG R.A., 1990. Factors affecting the utilization of "poor-quality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutrition Research Reviews, 3, pp. 277-303.

HAMMELEERS, 2007. Métodos para estimar el consumo voluntario de forrajes por ruminates en pastereo. [09-08-2007].< URL : http://uploads.vli.co.uk/lpp/disseminations/R6606/R6606%20(18)%20CIAT%20Metodos%20para%20estimar%20el%20consumo%20voluntario%20.pdf.

HASSOUN P., FABRE D., BASTIANELLI D., BONNAL L., BOCQUIER F., 2005. Utilization of poly ethylen glycol 6000 (PEG) as a fecal marker measured with near infra red spectrometry (NIRS) in sheep. 11th Seminar of the Sub-Network FAO-CIHEAM on Sheep and Goat nutrition, Catania, Italy, 8-10 september 2005.

HUMPHREYS L.R., 1991. Tropical pasture utilisation. Cambridge University Press, 206 p.

MAHIEU, M., AUMONT, G. & ALEXANDRE, G., 1997. Elevage intensif des ovins tropicaux à la Martinique. INRA Prod. Anim., 10 (1) 21-32.

McMENIMAN N.P., 1997. Methods of estimating intake of grazing animals. Reunia anual da sociedade brasileira de zootecnia [28-08-2007].< URL : http://www.sbz.org.br/anais1997/Simp/palest8.pdf.

MEIJS J.A.C, 1981. Herbage intake by grazing dairy cows. Agric. Res. Rep. n° 909. PUDOC, Wageningen.

MEURET M., 1997. Préhensibilité des aliments chez les petits ruminants sur parcours en landes et en sous-bois. INRA Prod. Anim., 10 (5), pp. 391-401.

MILNE J.A., BAGLEY L., GRANT S.A., 1979. Effects of season and level of grazing on the utilization of heather by sheep. 2. Diet selection and intake. Grass and Forage Science, 34 (1), pp. 45–53.

MINSON D. J., 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press, Inc., 483 p.

MORAND-FEHR P., DOREAU M., 2001. Ingestion et digestion chez les ruminants soumis à un stress de chaleur. INRA Prod. Anim., 14, 15-27.

NAVES M., ALEXANDRE G., LEIMBACHER F., MANDONNET N., MENENDEZ-BUXADERA A., 2001. Les ruminants domestiques de la Caraïbe : le point sur les ressources génétiques et leur exploitation. INRA Prod. Anim., 14, pp. 181-192.

ORTEGA J.E, ALEXANDRE G., BOVAL B., ARCHIMEDE H., MAHIEU M., XANDE A., 2005. Intake and milk production of suckling ewes reared at pasture in humid tropics according to the post-grazing residue management. Anim. Res., 54, pp. 459-469.

PARSONS A.J., DUMONT B., 2003. Spatial heterogeneity and grazing processes. Anim. Res., 52, pp. 161-179.

PENNING P.D., 1986. Some effects of sward conditions on grazing behaviour and intake by sheep. In: Gudmundsson O., (Editor), Grazing Research at Northern Latitudes. Proceedings of a NATO Advanced Workshop. Hvanneyri, Iceland. New-York: Plenum Press Series A: Life Sciences, 108, pp. 219-226.

PENNING P.D., HOOPER G.E., 1985. An evaluation of the use of short-term weight changes in grazing sheep for estimating herbage intake. Grass and forage Science, 40, pp. 79-84.

PENNING P., HOOPER G.E., TREACHER T.T., 1986. The effect of herbage allowance on intake and performance of ewes suckling twin lambs. Grass and Forage Science, 41, pp. 199-208.

PEREZ-BARBERIA F.J., GORDON I.J., 1998. Factors affecting food communition during chewing in ruminants : a review. Biological Journal of the Linnean Society, vol. 63, n°2, pp. 233-256.

PRACHE S., PEYRAUD J.-L., 1997. Préhensibilité de l'herbe pâturée chez les bovins et les ovins. INRA Prod. Anim., 10 (5), pp.377-390.

ROGUET C., DUMONT B., PRACHE S., 1998. Sélection et utilisation des ressources fourragères par les herbivores : théories et expérimentations à l'échelle du site et de la

station alimentaire. INRA Prod. Anim., 11 (4), pp. 273-284.

SAUVANT D., 2000. Granulométrie des rations et nutrition du ruminant. INRA Prod. Anim., 13 (2), 99-108.

SHRIVASTAVA V.S., TALAPATRA S.K., 1962. Pasture studies in Uttar Pradesh. II. Use of some natural indicators to determine the plane of nutrition of a grazing animals. India J. Dairy Sci., p. 15-154.

STEEL J.W., 1974. Pathophysiology of gastrointestinal nematode infections in the ruminant. Proc. Aust Soc. Anim. Prod., 1995, 10, pp. 139-147.

STOBBS T.H., 1973. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle. Aust. J. Agric. Res., 24, pp. 809-819.

STOBBS T.H., COWPER L.J., 1972. Automatic measurement of jaw movements of dairy cows during grazing and rumination. Tropical Grasslands, 6, pp. 107-112.

STREETER L.C., 1969. A Review of Techniques used to Estimate the *In Vivo* Digestibility of Grazed Forage. J. Anim Sci., 29, pp. 757-768.

SYKES A.R., COOP R.L., 1977. Intake and utilization of food by growing sheep with abomasal damage caused by daily dosing with Ostertagia circumcincta larvae. J. Agri. Sci.Camb, 1977, 88, pp. 671-677.

TATAREAU J.C., LALAUS G., PENSEDENT-ERBLON J., SHITALOU E., MILHET P., BARRE N., MATHERON G., 1991. L'élevage des petits ruminants en Martinique, Guadeloupe et Guyane : situation actuelle. Revue Elev. Méd. Vét. Pays Trop., (n° spécial), pp. 5-10.

TILLEY J.M., TERRY R.A., 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Journal of the British Grassland Society, 18, pp. 104-111.

THERIEZ M., DE SIMIANE M., BECHET G., 1985. Comportement alimentaire, prélèvements des ovins et des caprins, influence sue les parcours. 10e Journée des Recherches Ovine et Caprine, pp. 83-118.

TORELL D.T., 1954. An oesophageal fistula for animal nutrition studies. Journal of Animal Science, 13, pp. 878-884.

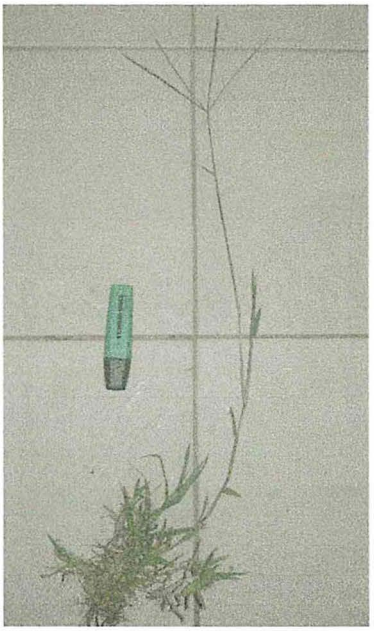
VAN SOEST P.J., WINE R., 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents. Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 50, pp. 50-55.

ZEMMELINK G., MANNETJE L.'t., 2002. Value for animal production (VAT) : a new criterion for tropical forage evaluation. Animal Feed Science and Technology, 96, pp. 31-42.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche technique du Pangola, *Digitaria decumbens*

La graminée de référence de l'intensification fourragère préconisée aux Antilles.



Origine :

- Originaire des Tropiques Africains (Transvaal Sud).
- Introduit aux USA en 1935, aux Antilles en 1940 et aux Antilles françaises en 1950.

Classification : Genre *Digitaria* comprenant plus de 300 espèces de la section des *Erianthae*.

Description :

- Graminée pérenne et vigoureuse formant des touffes qui se propagent par de longs stolons rampants très agressifs.
- Tige pouvant atteindre 1,20 m de hauteur, mais, sont souvent plus courtes.
- Feuilles de couleur vert-bleues, nombreuses, glabres, longues de 10 à 25 cm et larges de 2 à 7 mm.
- Inflorescence en forme de main.

Habitat :

- Sol fertile et bien drainé.
- Intolérante à l'inondation prolongée ni à la forte alcalinité.
- Adaptée à des conditions climatiques diverses seulement si pluviosités annuelles supérieures à 800 mm.
- Tolérante à la sécheresse.
- Adaptée à une très large gamme de sols.
- Grande capacité de colonisation et de compétition avec les mauvaises herbes dans les zones à pluviométrie modérée.
- En conditions de sols difficiles (piétinement, sol superficiel), invasion par *Sporobolus sp.* (cabouya) et *Axonopus compressus* (herbe sure, gazon).

Reproduction : Par voie végétative (boutures)

Productivité :

- Production de biomasse liée aux variations saisonnières (photopériode et pluviométrie).
- Plante de jours longs.

Mode d'exploitation : Fauche et pâturage.

Valeur alimentaire :

- Moyenne comme pour beaucoup de d'autres fourrages tropicaux.
- Fortes proportions de fibres et faible teneur en azote (=> ingestibilité et digestibilité faibles).

Semaines	UFL/kg MS	UFV/kg MS	MAT, g/kg MS
4	0,73	0,65	121
6	0,68	0,60	90
+ de 12	0,64	0,55	57

Variations de la valeur alimentaire de *Digitaria decumbens* en fonction des semaines de repousse. UFL = Unité Fourragère Lait, UFV = Unité Fourragère Viande, MAT = Matière Azotée Totale.

Avantages et inconvénients :

AVANTAGES	INCONVENIENTS
• Bonne faculté de pousse sous différents climats et sur divers sols. • Capacité de colonisation très élevée. • Installation relativement facile. • Très souple d'exploitation. • Bonne valeur nutritive et appétent. • Eradication aisée en cas de rotation • Pérennité très longue (10 ans et plus) • Convient à toutes les espèces animales. • Rendement élevé dans de bonnes conditions d'exploitation (eau et fumure). • Se prête bien à toutes les techniques de conservation des fourrages.	• Multiplication par voie végétative uniquement (boutures). • Faible productivité en période de jours courts (de novembre à mars). • Intolérante d'excès d'eau. • Invasion par *Paspalum conjugatum*, *Sporobolus sp.* et *Axonopus compressus*. • Grandes variations saisonnières de la productivité.

Annexe 2 : La race ovine Martinik

Les ovins ont été introduits aux Antilles, dès les débuts de la colonisation depuis l'Afrique. L'origine la plus probable de la population ovine caribéenne se situe sur les côtes du Golfe de Guinée en Afrique. Cette hypothèse est soutenue par le fait que les populations ovines africaines du Golfe de Guinée de type Djallonké ou Ventre Noir du Cameroun sont très proches de celles des ovins caribéens.

Dans les DOM, l'élevage des petits ruminants, à caractère très traditionnel, est spécialisé dans la production de viande. Les troupeaux sont de petite taille, et l'activité d'élevage est souvent associée à d'autres activités agricoles ou extérieures.

Rustique, le mouton Martinik est une race à poils, adaptée au climat tropical humide et pouvant également résister à des périodes de sécheresse. En effet, ils sont utilisés pour valoriser des milieux peu propices à l'agriculture. Ce sont des animaux de format moyen (taille au garrot d'environ 60 cm pour une longueur de corps de 66 cm) et qui, selon les conditions d'élevage, pèsent entre 35 et 45 kg chez les brebis et entre 55 à 70 pour les béliers. Ces moutons ne portent ni cornes ni laines. Bien qu'il existe différents phénotypes, leurs performances zootechniques sont très semblables.

En ce qui concerne les performances de reproduction, les ovins locaux manifestent une activité sexuelle continue tout au long de l'année. Malgré de fortes contraintes climatiques, les ovulations et les chaleurs se succèdent toute l'année, sans interruption. De plus, les brebis présentent une bonne prolificité, en moyenne égale à 1,5, et une fertilité de 85 %. Avec une mortalité de 13 %, la productivité numérique de la race Martinik est de 1,7. Les brebis, cycliques toute l'année, indépendamment de la saison, ont une reprise post-partum assez rapide. Ainsi, un agnelage tous les huit mois peut être obtenu, soit 3 agnelages tous les 2 ans sans utilisation de traitements hormonaux (seulement effet mâle), tout en assurant un bon regroupement des mises bas. Les agnelles apparaissent plus sensibles que les adultes à la

saison, puisqu'elles ne manifestent, pour la plupart, leur activité sexuelle que pendant le second semestre de l'année.

Sur le plan pathologique, les moutons Martinik sont en général suffisamment résistants pour ne pas nécessiter de traitements anthelminthique, à l'exception de quelques brebis autour de la mise bas. Des comparaisons récentes, avec des races à laine, ont aussi démontré une résistance génétique aux parasites plus élevée chez les agneaux Martinik, ce qui en fait une race intéressante pour la valorisation des pâturages tropicaux.

Dans les zones tropicales, les populations locales d'animaux domestiques sont, dans la plupart des cas, les mieux adaptées aux conditions du milieu. Contribuant fortement à l'élevage de la région, et leur qualité d'adaptation étant appréciée, ainsi que leur aptitude de production, elles constituent un matériel biologique modèle pour l'étude de caractère d'adaptation (résistance à certaines pathologies tropicales, par exemple). Dans le but d'établir des systèmes d'élevage durables, un programme concerté d'amélioration génétique et de sélection de la race ovine Martinik est né, en 1993, pour mieux connaître les origines génétiques de ces animaux ainsi que leur performance dans leur milieu de production.

De par leurs caractéristiques de reproduction intéressantes (absence de saisonnement, précocité dans l'apparition de la puberté, rapidité de la reprise post-partum, fertilité, taux d'ovulation et prolificité assez élevés), la race locale Martinik est classée parmi les meilleures races de la zone intertropicale. Toutes ces qualités d'élevage sont des atouts essentiels pour la pérennité d'un élevage qui, sans être économiquement très puissant, permet le maintien de la production locale qui s'organise et se renforce.

Annexe 3 : Calcul de la surface nécessaire pour les différents niveaux de proposé au pâturage

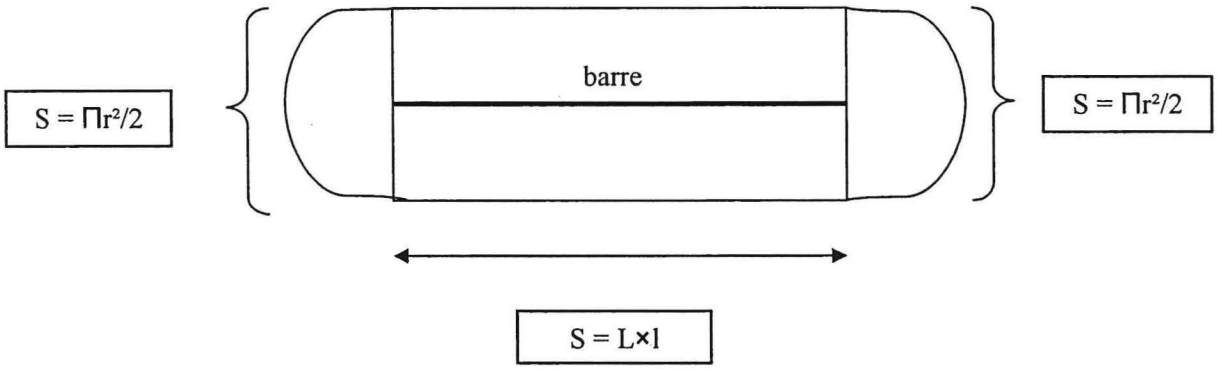
Pour un bélier de 80 kg, la MSI par jour est égale en moyenne à 1872,47 kg PM.
A 28 jours, le Pangola a une production fourragère de 101,26 g/m².

Niveau bas :
Pour un bélier, il faut 1872,47/101,26 = 18,49 m² de surface par jour.
Sachant que les animaux sont conduits au piquet, la surface fourragère disponible par animal est une surface circulaire dont il faut déterminer le rayon :

$$S = \Pi r^2 \Rightarrow r = \sqrt{S/\Pi} = \sqrt{18,49/3,14} = 2,42 \text{ m.}$$

Donc, pour un bélier en niveau bas, il est conduit au piquet avec une longueur de chaîne égale à 2,5 m.

Niveau haut :
Pour les animaux en niveau haut, il s'agit de doubler la surface fourragère : 18,49×2 = 36,98 m².
$r = \sqrt{S/\Pi} = \sqrt{36,98/\Pi} = 3,43$ m.
Or, les parcelles ne faisant que 5 m de large, il a été décidé d'accrocher les animaux à une barre de 5 m avec une chaîne de 2,5 m de long. La surface est alors égale à : $S = (2,5\times5) + (\Pi\times2,5^2) = 32,125$ m².
Cette surface correspond à la surface maximale disponible par animal en niveau haut vu la taille des parcelles.



Pour un bélier conduit en niveau haut, il est conduit sur une barre de 5 m avec une longueur de chaîne de 2,5 m tenant compte de la longueur de son cou.

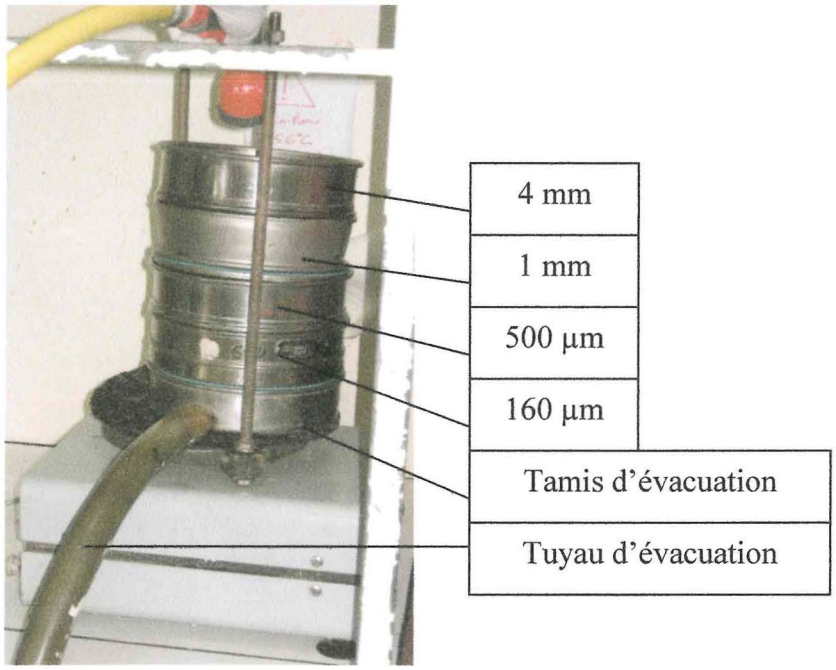
Annexe 4 : Procédure de vidage total du rumen

1. Enlever la canule.
2. Prélever le contenu total ruminal (CTR) manuellement, introduit au fur et à mesure dans un sceau.
3. Vérifier que tous les compartiments du rumen ont bien été vidés.
4. Prélever la fraction soluble à l'aide d'une éponge.
5. Peser le contenu total vidé.
6. Récupérer environ 10 % du CTR qui est fractionné en :
   - 2×200 g dans des barquettes identifiées (animal, période, date, type d'échantillon, type de vidage) pour estimer la MS,
   - 250 g dans une barquette identifiée pour effectuer la MS lyophilisée et pour estimer la composition chimique,
   - 3×100 g dans 3 barquettes identifiées pour réaliser la granulométrie.
7. Réintroduire, le plus rapidement possible, le contenu ruminal dans le rumen de l'animal.
8. Déposer les barquettes destinées à la détermination de la MS à l'étuve (48h à 65 °C).
9. Placer l'échantillon à lyophiliser au congélateur.
10. Amener les trois dernières barquettes au laboratoire pour être tamisées.

Remarque :

- Un vidage prend environ 20 min.
- La distribution du fourrage doit se faire de suite après le vidage.
- La tare doit être effectuée avec le récipient approprié avant de peser le CTR ou les échantillons, à l'exception des 3 barquettes de granulométrie où la tare est comprise.

Annexe 5 : Mode opératoire de mesure de la granulométrie des particules de rumen



- Placer les tamis de plus petite maille (160 µm) à la plus grande (4 mm) de bas en haut sur le tamis d'évacuation d'eau.
- Brancher le tuyau d'évacuation d'eau sur le dernier tamis.
- Déposer une partie de l'échantillon à tamiser dans le premier tamis de 4 mm.
- Mettre le tamiseur en position « vibration » et arroser l'échantillon afin de permettre le fractionnement tout en s'aidant d'une main pour désenchevêtrer l'échantillon, sans modifier la taille des particules.
- Verser le reste de l'échantillon à l'aide du jet d'eau dans le but de récupérer l'ensemble de l'échantillon et continuer le tamisage.
- Au bout de 2 mn environ, enlever le tamis de 4 mm.
- Tamiser successivement les échantillons contenus dans les tamis 1 mm, 500 et 160 µm, les particules non retenues étant considérées comme solubles.
- Récupérer les fractions sur chaque tamis et les mettre dans des barquettes identifiées (animal, période, vidage, type d'échantillon).
- Placer les barquettes à l'étuve à ventilée pendant 48 h à 65 °C.
- Déterminer la MS des échantillons.
- Pooler les échantillons par animal et type de particules (petite, moyenne et grosse) et les broyer en vue de leur analyse en laboratoire.

<u>Remarque</u> : Pour tamiser un échantillon, il faut en moyenne 20 mn.