

Institut d'Elevage et de Médecine
Vétérinaire des Pays Tropicaux
10, rue Pierre Curie
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

16635
Ecole Nationale Vétérinaire
d'Alfort
7, avenue du Général-de-Gaulle
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Institut National Agronomique
Paris-Grignon
16, rue Claude Bernard
75005 PARIS

Muséum National d'Histoire Naturelle
57, rue Cuvier
75005 PARIS

DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

QUELQUES METHODES DE DETERMINATION
DU REGIME ALIMENTAIRE DES ANIMAUX
EXPLOITANT DES PARCOURS NATURELS :
IMPORTANCE ET JUSTIFICATION

par

Pedro NOGUEIRA

année universitaire 1992-1993

CIRAD



000055542

SOMMAIRE

Résumé	1
Introduction	2
1. Importance de la connaissance du régime alimentaire des herbivores exploitant les pâturages naturels	3
2. Introduction aux techniques utilisées dans les études de détermination du régime alimentaire des animaux en pâturage	5
3. Méthodes de terrain	6
3.1. Techniques d'utilisation	6
3.2. Observation des animaux en pâturage	7
3.2.1. Mesure du temps d'ingestion	8
3.2.1.1. L'observation visuelle	9
3.2.1.2. Le "Vibracorder"	9
3.2.1.3. Les horloges électroniques	10
3.2.2. Le comptage de bouchées ou le coup de dents	10
3.2.3. La simulation des coups de dents	12
4. Techniques de laboratoire	13
4.1. Utilisation d'animaux fistulés	13
4.1.1. Effet de la contamination salivaire	14
4.1.2. Effet de la contamination ruminale	15
4.2. L'analyse Micro- Histologique des fèces	17
4.3. Le Proche Infra Rouge	22
5. Conclusion	24

RESUME

La sélection d'une diète qui est faite par les animaux est une action comportementale complexe et est influencée par plusieurs facteurs. L'état physiologique, le degré de faim, la topographie, la présence d'autres animaux et l'expérience antérieure du pâturage sont des facteurs qui influencent la quantité et la manière dont les espèces des plantes sont consommées.

L'existence de nombreux méthodes de détermination du régime alimentaire des animaux au pâturage montre bien l'importance que ce sujet mérite aux yeux des chercheurs et la difficulté d'application d'une méthode qui satisfasse pleinement tous les aspects: précision, coûts, temps, main-d'oeuvre et équipements.

Dans ce travail on présente une brève description des méthodes les plus utilisées actuellement pour essayer de décrire le régime alimentaire des animaux au pâturage, soit sur l'aspect de composition nutritive, soit en ce qui concerne la composition botanique.

On peut envisager deux grands groupes de méthodes: ceux de terrain et ceux de laboratoire. Cette division n'est pas étanche puisque normalement un groupe fait appel à l'autre, c'est-à-dire, ce qui est obtenu sur le terrain est utilisé au laboratoire.

Mots Clefs: Méthodes de détermination du régime alimentaire; Animaux au pâturage; Composition nutritive; Composition botanique; Méthodes de terrain; Méthodes de laboratoire.

INTRODUCTION

L'augmentation progressive de la population mondiale est périodiquement confrontée au fait qu'on vit sur une planète dont les ressources, bien qu'énormes, sont naturellement limitées. D'autre part c'est normalement dans les régions qui présentent les plus grandes difficultés d'exploitation de ses ressources, ou dont la disponibilité est plus réduite ou au moins plus aléatoire, que la pression démographique se fait sentir le plus intensément. Cette coïncidence de facteurs - demande croissante et offre limitée - oblige à la nécessité d'une optimisation de l'exploitation des ressources existantes.

L'importance de ce sujet est liée à deux aspects:

- nécessité de faire face à des nombreuses situations de carence alimentaire;
- nécessité de freiner la progressive dégradation d'énormes zones utilisées pour le pâturage.

Le surpâturage, associé à une population animale très élevée est un des principaux facteurs de la diminution, soit de la qualité, soit de la quantité des ressources existantes pour le pâturage. Le contrôle de maladies qui, malgré leur aspect insidieux, limitaient le nombre d'animaux, sans être accompagné d'une amélioration des techniques de gestion a fait que quelqu'un a déjà dit ce qui suit: " Dans trop des pays le bétail domestique est frivolement sauvé des maladies malignes seulement pour pouvoir avoir plus de temps de mourir de faim. " (Whyte et al, 1959 in Butterworth, 1984). Inhérent à cette affirmation est le fait que pendant qu'il meurt de faim le bétail continue à exploiter les ressources déjà très épuisées.

L'acquisition d'informations nécessaires à la résolution de ces problèmes est centrée sur:

- la connaissance des ressources fourragères;

- la connaissance du régime alimentaire des animaux, dans ses aspects qualitatifs et quantitatifs.

Dans le présent travail on parlera surtout du deuxième aspect. A noter, cependant, l'importance du premier aspect une fois que la description du régime alimentaire n'a de signification que par rapport aux disponibilités fourragères.

1 - Importance de la connaissance du régime alimentaire des herbivores exploitant les pâturages naturels.

Dans une situation de pâturage naturel on doit avoir la notion que ce n'est pas seulement la relation animal-aliment qui est en jeu, comme cela se passe dans des zones de pâturage semé où il y a une relative abondance d'aliments, mais une relation plus vaste entre l'animal, le pâturage naturel et l'environnement, avec tout ce que cela implique en termes d'exploitation des ressources dans le moyen mais surtout le long terme.

Ce type de systèmes d'élevage présente de nombreux inconvénients:

- une insuffisance de nourriture au moins pendant une station de l'année (Leclerc, 1987) ;
- les animaux n'assurent pas une maîtrise satisfaisante de la végétation (de nombreuses zones deviennent vite impénétrables, uniquement arbustives, voire arborescentes) ce qui amène certains bergers à incendier régulièrement leur parcours. Ceci a comme conséquence une dégradation rapide des potentialités pastorales du milieu (sélection des pyrophytes, érosion, ...) si le feu n'est pas bien maîtrisé (Leclerc, 1987; Sabiiti et al, 1989) ;
- une grande aléatoire des productions et un équilibre fragile entre ce qui est produit et ce qui est consommé.

Ainsi, quelques raisons qui justifient l'importance de l'étude du régime alimentaire sont:

- la possibilité d'appréhender d'une part la valeur nutritive de la ration alimentaire consommée aux diverses époques de l'année et d'autre part l'impact du pâturage sur la végétation (Leclerc, 1987);
- les références obtenues avec cette étude peuvent être utilisées pour modéliser le pilotage de l'ingestion sur parcours, sachant que les pratiques de conduite du troupeau au pâturage qui jouent sur l'hétérogénéité des ressources peuvent composer un menu attractif et relancer l'appétit des animaux (Landais, 1992);
- la composition botanique du régime des animaux fait partie des connaissances à acquérir pour une meilleure compréhension des équilibres ou des déséquilibres des écosystèmes (Guerin, 1988);
- une fois que les performances animales sont largement dépendants de la qualité et de la quantité du fourrage ingérée, les modifications qui affectent ces paramètres doivent se réfléchir sur les productions animales. D'où l'intérêt de réaliser des études tout au long de l'année avec différentes conditions de pâturage (Danckwerts, 1989);
- la connaissance des préférences alimentaires permettent de juger de l'adéquation entre les ressources fourragères et la population animale qui les exploite: on peut en effet espérer qu'à terme il sera possible de déterminer pour les différents types de pâturage la composition plurispécifique du cheptel et la charge permettant de maintenir la végétation en équilibre ou de l'améliorer et d'optimiser les productions zootechniques (Guerin, 1988);
- la possibilité d'utiliser de méthodes quantitatives en complément de méthodes qualitatives et de mettre au point des modèles de prévision de la composition botanique du régime en fonction de celle du pâturage aussi bien que le taux d'ingestion d'un animal en fonction du couvert végétal (Charpentreau et al, 1988; Guerin et al, 1991);
- la connaissance du régime alimentaire est normalement une étape préalable d'autre types d'études, comme ceux rapportés avec l'évaluation de la capacité de réponse des ressources alimentaires à différents niveaux de sollicitation .

Comme conclusion finale on peut dire que l'objectif final de l'étude du régime alimentaire est l'obtention d'informations qui nous permettent d'agir sur le système productif.

2 - Introduction aux techniques utilisées dans les études de détermination du régime alimentaire des animaux au pâturage

Les études d'alimentation faites chez les animaux en stabulation, où tous les paramètres extérieurs à l'animal peuvent être contrôlés, ont aujourd'hui une forme pratiquement standardisée et permettent l'obtention de résultats fiables et de relativement facile réplication en plusieurs situations. Il n'en est pas de même quand ils sont réalisés en conditions de pâturage. Dans ce cas les facteurs susceptibles d'influencer le comportement alimentaire des animaux (climat, relief, végétation, etc.) sont tellement variables qu'ils rendent ces études très difficiles et, surtout, conditionnent l'application des résultats obtenus à des situations les plus proches possibles des originaux.

La principale limitation quand on prétend évaluer le comportement alimentaire des animaux au pâturage, est qu'il n'y a pas aucune technique simple et fiable qui puisse quantifier, soit l'ingestion, soit la digestibilité du fourrage ingéré (Holloway et al, 1981). Ce problème a toujours préoccupé les chercheurs (Weir et al, 1959) et beaucoup de techniques ont été développées pour faire face à cette situation. Cependant, malgré les succès déjà attendus le commentaire suivant est encore applicable de nos jours: "Les techniques disponibles pour étudier la nutrition des animaux au pâturage sont caractérisées par une précision relativement faible, un emploi élevé de temps et de main d'oeuvre et une sensibilité élevée aux erreurs (Langlands, 1975 in Holloway et al, 1981).

En résumé et à l'appui de ce qu'on vient de dire, nous pensons que le commentaire suivant, malgré son application originale au niveau de la faune sauvage, peut être cité ici : "Pour construire une image complète d'une chaîne alimentaire dans une communauté il serait nécessaire de connaître, pour chaque espèce, non seulement quels éléments sont mangés, mais aussi la fréquence avec laquelle ils sont mangés. Il

y a deux façons à travers lesquelles l'information sur les chaînes alimentaires peut être obtenue: l'examen des contenus digestifs et l'observation directe dans le terrain des comportements alimentaires. Les deux méthodes ont leurs inconvénients: les contenus des compartiments digestifs sont digérés à des différents taux et donc quelques éléments ont tendance à être sur - et autres sous - représentés; l'observation sur le terrain restreint nécessairement la précision avec laquelle les captures sont identifiées" (Owen, 1976).

A partir d'ici on peut donc diviser les différentes méthodes d'étude en deux grands groupes:

- les méthodes de terrain;
- les méthodes de laboratoire.

3 - Méthodes de terrain

Dans ce chapitre on parlera d'un ensemble de méthodes très utilisés et qui sont basées, soit sur l'utilisation de la végétation qui est faite par l'animal , donc appelés de techniques d'utilisation, soit sur l'observation direct de l'animal au pâturage.

3.1. Techniques d'utilisation

Ce système d'évaluation de l'utilisation du fourrage qui est faite par les animaux est l'un des plus anciens qui existe. Comme le nom l'indique l'objectif est de déterminer quels sont les locaux et à quel degré un pâturage est utilisé. Normalement ceci ce fait soit évaluant les différences entre planches, les unes étant pâturées et les autres non, ou pâturées avec des cages de mise en défens (la mesure est faite par comparaison entre la quantité d'herbe présente dans la cage avec celle présente dans l'extérieur) - mesure synchronique. Soit évaluant les différences avant et après le pâturage d'une même planche - mesure diachronique (Holohek et al, 1982). Cette méthode nous donne aussi indication de la production végétale disponible à travers de la récolte du

matériel végétal des planches laissés libres de pâturage, ou qui est protégée par les cages de mise en défends (Zimmerman, 1980; Gesshe et al, 1981; Johnson et al, 1981). Parfois les échantillons récoltés des planches non pâturés sont étudiés et servent de référence pour l'étude d'autres techniques, comme l'analyse des fèces ou de matériel provenant de fistules oesophagiennes (Smith et al, 1979; Johnson et al, 1981).

Malgré sa relative simplicité cette méthode présente quelques inconvénients:

- l'un des plus graves problèmes relatif aux techniques d'utilisation sont les pertes de matériel végétal dues aux pluies et au pietinement et l'usage par d'autres animaux différents de ceux en étude, que peuvent beaucoup confondre les résultats (Smith et al, 1979; Cook et al, 1953 in Holechek et al, 1982);
- il est difficile d'évaluer l'utilisation quand les plantes sont en croissance active (Holechek et al, 1982);
- il est difficile d'enregistrer l'utilisation quand celle-ci est faible (Smith et al, 1979);
- avec une végétation dense il est pratiquement impossible de déterminer quel est ou quels sont les plantes qui sont utilisées (Smith et al, 1979).

Normalement on vérifie des grands différences entre les valeurs obtenues a partir des techniques d'utilisation et ceux obtenus a partir par exemple d'échantillons d'animaux fistulés. Ce type d'inconvénients amène à l'utilisation d'autres techniques pour la détermination du régime alimentaire des ruminants celle-ci étant utilisée surtout pour la détermination de la production végétale.

3.2 - Observation des animaux au pâturage

Cette technique est très utilisée et a l'avantage d'être simple, nécessiter peu d'équipement et d'être d'utilisation facile. Le but est de déterminer les espèces consommées et d'approcher les ordres de grandeur de leur participation aux régimes. De ces observations la plus simple consiste à énumérer les espèces et les organes

apparemment les plus consommés. Ceci permet de classer chaque espèce dans une échelle d'appétibilité (ou appétence), comme par exemple "très appréciée; appetée; non appetée" (Guérin, 1988; Rippstein, 1989). D'autres travaux établissent des indices de palatibilité pour chaque espèce à partir de l'observation de la quantité qui est pâturée d'une certaine espèce par rapport aux autres (Schultze et al, 1989), le principe étant le même.

Une fois que ce type d'information est très limité il est important d'estimer la part des espèces dans la ration journalière, de quantifier les observations. Pour ceci on peut utiliser plusieurs techniques qu'on classifie comme suit (Diallo, 1991):

- la mesure du temps d'ingestion (ou feeding-minut);
- le comptage de "bouchées" (bite-count), pour les bovins, et de "coup de dents" pour les camélins, caprins et ovins;
- la simulation des "coups de dents" (hand-puckling).

3.2.1. Mesure du temps d'ingestion

Ce titre peut en effet désigner trois types de techniques, les trois fondées sur l'observation des animaux, mais donnant des informations différentes:

- l'observation orientée vers le ou les espèces les plus consommées, l'information ayant un caractère surtout qualitatif. C'est la technique de "feeding-minute";
- l'observation orientée seulement vers le temps que l'animal dépense à pâturer, l'information ayant un caractère surtout comportemental;
- l'observation orientée vers le temps dépensé à pâturer associé à la mesure des quantités ingérées, l'information ayant un caractère surtout quantitatif.

Dans le premier cas le principe de cette méthode est la quantification du temps dépensé à pâturer chaque espèce et la supposition que ce temps est proportionnel à l'importance de l'espèce dans le régime (Bjugstad et al, 1970 in Holechek, 1982). Bien sûr que la quantification sous-entend l'observation de l'animal. On peut avoir des informations concernant le temps que l'animal dépense à pâturer chaque espèce

,mais aussi quelle est la partie de la plante qui est mangée, le temps total de pâturage par rapport au temps d'observation et le nombre de "stations" de pâturage (lieu où l'animal pâture sans faire aucun pas), par espèce, par minute d'observation et minute d'ingestion. En plus, on peut faire des échantillons des espèces les plus consommées pour faire des analyses chimiques au laboratoire et des essais de digestibilité *in vivo* (Schwartz, 1985). Cette méthode, cependant, ne donne aucune information sur la quantité totale ingérée et est sujette à des erreurs en ce qui concerne la vraie composition botanique ingérée.

Dans le deuxième cas on peut utiliser trois techniques principales (Mosley et al, 1987):

- l'observation visuelle;
- les "vibracorders";
- les horloges électroniques de pâturage,

3.2.1.1. L'OBSERVATION VISUELLE

C'est la méthode la plus directe, mais a le problème d'être extrêmement fastidieuse et de nécessiter beaucoup de temps. Elle consiste seulement à observer le comportement de l'animal au pâturage dans des intervalles réguliers et à partir de ceci calculer le temps dépensé par le bétail à pâturer.

3.2.1.2. LE "VIBRACORDER"

Le vibracorder est un appareil créé originellement pour enregistrer la durée du mouvement des voitures, surtout des camions. C'est la technique la plus utilisée et acceptée pour mesurer le temps de pâturage des animaux. Ce type d'appareil utilise un pendule vibratoire dont le mouvement est enregistré sur un papier gradué, moyennant un stylo. Le pendule répond aux mouvements de la tête de l'animal quand celui-ci a la tête en bas (et est présumé en train de pâturer).

Les principaux inconvénients sont les suivants: poids lourd; coût d'acquisition très élevé; nécessité de changer les papiers gradués tous les jours ou toutes les semaines.

3.2.1.3. LES HORLOGES ELECTRONIQUES

Ce sont des horloges qui utilisent un interrupteur de mercure et un générateur de pulsations électriques (pulse generator). Le générateur de pulsations émet, une pulsation électrique dans des intervalles réguliers. Quand l'animal baisse sa tête pour pâturer l'interrupteur de mercure ferme le circuit électronique et les pulsations sont enregistrées dans un compteur de pulsations. L'horloge enregistre le nombre de pulsations survenant quand la tête de l'animal est en bas.

Dans le troisième cas, on associe le temps de pâturage aux quantités ingérées pour avoir l'ingestion totale. Ce sont des méthodes qui font appel à l'électronique et sont très sophistiquées. Le principe consiste en poser un appareil électronique dans une canule oesophagique conventionnelle. Cet appareil détecte le nombre de déglutitions que l'animal effectue. Un autre animal est utilisé comme référence pour évaluer la relation entre le nombre de déglutitions et l'ingestion de matière sèche. Ces méthodes peuvent en plus être associées à la télémétrie de telle façon que l'animal puisse pâturer à l'aise et toutes les données sont envoyées, via télémétrie, vers un ordinateur qui traite les données reçues, évitant ainsi beaucoup de travaux (Forwood et al, 1989). L'information obtenue est beaucoup plus importante que dans les méthodes antérieures puisque la connaissance des quantités ingérées permet de comprendre les performances animales et aussi de réfléchir sur les capacités des pâturages et notamment sur les charges animales qu'elles peuvent supporter.

3.2.2. Le comptage de bouchées ou le coup de dents

Cette technique est en effet une variation de la technique antérieure (feeding-minut) et les deux peuvent être réalisées simultanément. Elle diffère de la précédente en ce qu'ici c'est le nombre de prises alimentaires de chaque espèce végétale ou des principales espèces du régime qui est noté au lieu du temps de pâturage. Pour aboutir à cet objectif une unité a été créée à partir de laquelle les estimations peuvent être faites. Cette unité est la bouchée; elle est basée sur le fait que les animaux réunissent une certaine quantité de végétation dans la bouche quand ils pâturent. Cette quantité peut varier de presque rien à une quantité relativement grande. L'unité permet de prendre en compte cette différence dans la quantité relative de fourrage consommé en

l'enregistreur d'une façon relative, c'est-à-dire 1/4; 1/2; 3/4 ou une bouchée. Le début d'une portion d'unité est considérée à partir du moment où l'animal baisse sa tête et commence à pâturer. Cette même unité est considérée comme terminée quand l'animal s'arrête de pâturer pour marcher ou simplement donne un pas en avant. Ceci veut dire qu'une unité, la bouchée, peut en fait consister d'une ou plusieurs prises de la fourrage (Reppert, 1960).

Beaucoup de travaux qui appliquent cette technique utilisent la description de Reppert, comme référence pour l'enregistrement des bouchées. Cependant il y a eu des variations pour obtenir le poids moyen des bouchées des principales espèces fourragères dans le régime, notamment en utilisant des animaux fistulés à l'oesophage. A partir des échantillons oesophagiens relatifs aux bouchées, on peut calculer le poids de chacune d'elles et aussi le poids des espèces les plus importantes dans le régime (Free et al, 1971). C'est important de dire que ce type d'approche de bouchée est surtout utilisé pour les bovins et pour l'estimation des quantités totales ingérées. Ceci est dû à la forme de leurs maxillaires et de leur mode de préhension des fourrages qui rend difficile l'identification des espèces consommées, tout au moins lorsque la végétation est dense et diversifiée. Alors c'est surtout pour les espèces animales ayant tendance à cueillir leurs aliments (camelins, ovins et caprins) et à bien individualiser leurs prises alimentaires que la méthode des bouchées est utilisée, dans ce cas l'unité est plutôt dite de coup de dents que de bouchée (Guerin, 1988).

Les principaux avantages que cette méthode présente sont:

- technique qui donne des résultats rapides et demande un équipement simple (Holechek, 1982);
- résultats compatibles avec d'autres méthodes, notamment les fistules oesophagiennes et l'analyse des fèces (Free et al, 1971; Sanders et al, 1980);
- n'exige pas des animaux fistulés;
- permet d'identifier la composition botanique du régime alimentaire;
- permet d'étudier au même temps les habitudes de pâturage des animaux (le temps dépensé à pâturer, à boire, etc).

Les principaux inconvénients sont:

- n'est pas adaptée aux parcours de composition botanique complexe, broussailleux ou de petite taille, donc seulement adaptée quand il est possible de bien distinguer les espèces consommées (Sanders et al, 1980; Guerin, 1988);
- nécessité d'avoir des observateurs entraînés pour reconnaître les espèces présentes;
- difficile ou impossible à utiliser avec les animaux sauvages ou peu habitués à la présence l'homme.

3.2.3. La simulation des coups de dents

Technique aussi très utilisée pour déterminer le régime alimentaire des ruminants. Elle permet d'éviter quelques uns des problèmes qu'on a fait ressortir dans la méthode des comptages de bouchées. Consiste à imiter le comportement des animaux au pâturage en procédant à la récolte d'échantillons de fourrage représentant le mieux possible ce que l'animal ingère. Ceci sous-entend l'observation soignée de l'animal et son accompagnement tout au long des parcours.

Cette technique a été durement critiquée par certains auteurs, notamment Cook et al, (1958), Weir et al, (1959) et Langlands, (1974). Ces auteurs ont dit qu'elle était complètement inadéquat pour estimer le régime des animaux, sauf dans des pâturages monospécifiques. Cependant, d'après la lecture de ces articles on a l'impression que la méthode n'était pas très bien utilisée. En fait pour avoir des résultats minimement fidèles, malgré la dose d'imprécision intrinsèque à ce type de méthodes basées sur l'observation, c'est fondamental d'étudier très bien ce que l'animal fait et à l'imiter le mieux possible. Or dans les articles on a l'impression que la collecte du matériel végétal à étudier a été faite un peu au hasard, sans observer les animaux, mais à partir de ce que les opérateurs pensaient que les animaux pourraient manger.

Par contre, d'autres auteurs ont obtenu presque les mêmes résultats en travaillant avec cette technique et celle des fistules oesophagienes, les différences relevant surtout des caractéristiques propres de cette dernière technique (valeurs de matières

azotées totales toujours plus élevées (Campbell et al, 1968; Guerin et al, 1991).

Guerin a mis au point la technique de la collecte du berger qui fait appel aux gardiens des troupeaux considérés comme les meilleurs observateurs - bonne connaissance de la flore et comportement des animaux. Elle consiste à prélever des échantillons le plus près possible du lieu de broutage, après l'observation de l'animal.

On peut considérer que les avantages sont les mêmes que pour la technique du comptage des bouchées et, en plus, offrent la possibilité d'obtenir de meilleures résultats en zones de végétation complexe et avec un extrait de fragments végétaux important composant la litière (consommée au sol) (Guerin, 1987 in Diallo, 1991).

4. Techniques de laboratoire

Ce chapitre regroupe un ensemble de techniques plus ou moins complexes mais qui font appel à un équipement et à un travail de laboratoire.

4.1. Utilisation d'animaux fistulés

Les fistules ou canules de l'oesophage ou du rumen permettent d'obtenir sans sacrifice des animaux domestiques des bols alimentaires utilisables pour la détermination aussi bien de la valeur nutritive que de la composition botanique du régime. La technique consiste à fistuler les animaux, soit au niveau de l'oesophage, soit au niveau du rumen et à recueillir des échantillons à partir de ces fistules. Ces échantillons peuvent ensuite être analysés pour obtenir des informations, soit sur la composition nutritive, soit sur la composition botanique des régimes. Dans ce dernier cas on peut les évaluer visuellement ou à travers un microscope.

Selon plusieurs auteurs la technique des fistules oesophagiennes est considérée comme celle qui donne les résultats les plus précis (Bath et al, 1956; Cook et al, 1958; Weir et al, 1959; Lambourne, 1965; Scales et al, 1974). Malgré ceci, dans presque tous les travaux sont indiqués quelques problèmes relatifs à son utilisation.

C'est d'eux qu'on va parler un peu.

Les problèmes dus à l'utilisation des **fistules oesophagiennes** se font sentir surtout à deux niveaux:

- effet de la contamination salivaire;
- effet de la contamination ruminal.

4.1.1. - Effet de la contamination salivaire

La contamination par la salive des échantillons à étudier est sans doute le principal inconvénient reconnu à cette technique. Ses principaux effets peuvent être (Lambourne, 1965):

- la lessivage à partir de l'herbe des composants solubles qui peuvent être absorbés avant la déglutition;
- l'addition au fourrage échantillonné des sécrétions qui peuvent augmenter sa teneur en matières digestibles ou, peut-être, affecter le processus de la digestion *in vitro* à cause de la présence d'oligo-éléments ou substances tampon.

Les principaux éléments véhiculés par la salive sont des éléments organiques, surtout l'azote, et des éléments minéraux.

- Eléments organiques

Il est plus ou moins certain que l'azote salivaire contamine les échantillons à étudier (Johnson et al, 1965; Lambourne, 1965; Scales et al, 1974; Diallo, 1991; Guerin et al, 1991;). Cependant la teneur de cette contamination est très variable dans les divers études. Ceci est naturel une fois que les essais sont menés avec différents types de fourrages. Par exemple Guerin (1991), dans un étude réalisée au Sénégal en région sahélienne, indique que la teneur en Matières Azotées Totaux des bols oesophagiens est environ 10 % supérieure aux valeurs des mêmes fourrages étudiés par la méthode de la collecte du berger. Scales et al (1974) indiquent des augments de l'ordre de 13.3 % et 5 % dans un travail fait sur deux types de fourrages. Johnson et al (1965)

indiquent une contamination minimale, de l'ordre de 0.45 % pour un foin d'herbe et 0.19 % pour l'herbe verte.

Il y a cependant des chercheurs qui indiquent ne pas avoir observé de grandes différences entre la teneur en azote du fourrage à étudier et des respectifs échantillons oesophagiens (Bath et al, 1956; Barth, 1970). Une explication avancée pour ceci serait que la contamination du fourrage varie avec leur teneur en protéine. Ainsi, pour les fourrages avec une teneur élevée en protéine, la contamination salivaire serait de la même grandeur que le lessivage, tandis que pour les fourrages de basse teneur protéique, la contamination par l'azote salivaire sera supérieure à la perte de protéine brute soluble (Galt et al, 1972 in Scales et al, 1974). Ceci expliquerait les teneurs supérieures en azote des échantillons relativement au fourrage ingéré, dans des essais réalisés avec des aliments pauvres et fibreux. Cependant, ce problème peut être affaibli si on connaît les relations entre les teneurs en azote des fourrages et celle des bols oesophagiens. Dans ce cas, à travers des équations on peut corriger les valeurs des échantillons (Guerin, 1991).

- Eléments minéraux

La contamination salivaire est aussi la responsable pour l'augmentation enregistrée dans la teneur en cendres. Ceci a été démontré et est directement lié avec la teneur en fibre des fourrages ce qui est logique car plus fibreuse elle est plus grande est la mastication et plus grande est la quantité de salive produite (Bailey, 1959 ; Autrey, 1964 in Scales et al, 1974).

4.1.2. Effet de la contamination ruminal

La contamination de l'échantillon en étude survient quand se produisent les régurgitations ruminales (Diallo, 1991). En principe les périodes de récolte des échantillons ne doivent pas dépasser 30 minutes après le début du pâturage. Au delà on court le risque de perdre les échantillons en raison de la régurgitation et de la contamination ruminale (Bath et al, 1956). Cependant Holechek et al (1983) indiquent des périodes bien supérieures à 30 minutes (avec le but d'obtenir des échantillons plus représentatifs) sans faire aucune référence à ce problème. Walker et

al (1989) disent de leur côté que quand un échantillon est contaminé par du matériel provenant du rumen il enlevait simplement cette partie régurgitée sans annuler l'échantillon. Pour Lambourne (1965) ceci est la principale condition à avoir en compte quand on fait des études avec des animaux fistulés au niveau de l'oesophage.

Il y a beaucoup de manières de contourner ce problème, comme par exemple de faire la récolte des échantillons le matin, de bonne heure, ou au fin d'après-midi. Ceci éviterait les périodes où l'animal a tendance à ruminer. Plusieurs chercheurs empêchent l'animal d'accéder au fourrage avant le période de récolte pour obliger l'animal à avoir faim et à manger sans ruminer, au moins dans un premier temps (Cook, 1958; Campbell et al, 1968; Barth et al, 1970; Holocek, 1983). Cependant on peut courir le risque d'altérer le comportement alimentaire des animaux.

Il y a d'autres types de problèmes associés à cette technique:

- le comportement alimentaire des animaux fistulés peut être légèrement modifié par la petite, mais continue, perte de salive. Ceci se traduit par un appétit plus prononcé pour le sel et peut affecter leurs préférences alimentaires. Les animaux peuvent aussi avoir tendance à sélectionner les aliments les plus humides due à cette perte chronique de humidité;
- il y a des difficultés d'entretien des animaux fistulés;
- il n'est pas toujours facile de trouver un nombre suffisant d'animaux fistulés ou les utiliser dans des régions éloignées. Normalement on en utilise 4 pour évaluer la valeur nutritif des fourrages, mais plusieurs sont nécessaires quand le but est la détermination botanique du régime (Holecek, 1983);
- le recouvrement du régime de l'individu est incomplet parce que le temps de collecte est inférieure au temps de pâturage (Diallo, 1991);
- dans certains conditions d'élevage (animaux difficiles à approcher, milieu souvent broussailleux) et où il y a une absence totale de maîtrise des animaux par le chercheur, cette technique ne peut pas être utilisée (Leclerc, 1987).

Les problèmes relatifs aux **fistules ruminales** sont surtout d'origine physiologique puisque cette méthode implique la vidange complète du rumen, son lavage avec une solution physiologique de NaCl et ensuite sa remplissage avec un liquide ruminal

artificiel. Après ceci l'animal pâture pendant quelque temps (2h) et une autre vidange est faite pour effectuer la récolte des échantillons à étudier (Schwartz, 1985). Bien sûr beaucoup des critiques signalées pour les fistules oesophagiens peuvent être aussi signalées pour les fistules ruminales.

4.2. L'analyse Micro - Histologique des Fèces

Au fur et à mesure que des essais sont faits pour déterminer le régime alimentaire des animaux au pâturage, utilisant les techniques plus diverses, les avantages mais surtout les inconvénients de ces techniques sont mis en évidence. La tendance est donc que les études évoluent toujours dans le sens de les éviter ou de les corriger. C'est ainsi que la technique d'analyse micro - histologique connaît aujourd'hui un fort développement et est peut-être l'une des techniques les plus utilisée. En fait cette technique vient en aval d'autres techniques déjà citées, surtout celles des fistules, c'est-à-dire que les échantillons obtenus à partir de ces techniques peuvent être analysés par cette méthode. Cependant, ce sont les échantillons obtenus des fèces des animaux qui sont le plus souvent utilisés par la méthode micro-histologique. Ceci est due surtout à la grande simplicité de récolte du matériel à étudier, les fèces, par rapport aux autres techniques.

Selon Sanders et al (1980), la méthode idéale pour déterminer les régimes des animaux au pâturage doit avoir les caractéristiques suivantes:

- permettre une totale liberté de l'animal et une sélection des plantes disponibles, ou parts des plants, complètement naturel;
- permettre la détermination du régime indépendamment du terrain;
- être utilisable aussi bien pour les animaux domestiques que pour les animaux sauvages;
- ne pas nécessiter le sacrifice des animaux testés;
- nécessiter seulement un minimum d'entretien des animaux;
- être relativement objectif;
- permettre l'identification de chaque espèce individuelle des plantes consommées.

Or l'analyse micro - histologique appliquée aux fèces des animaux permet de répondre à ces caractéristiques auxquelles on peut encore ajouter d'autres:

- elle peut être utilisée pour comparer les régimes de deux animaux ou plus en même temps (Holochek, 1982);
- cette méthode ouvre des possibilités de recherche sur l'apprentissage des jeunes au pâturage, par suivi individualisé des mères et de leurs fils ou par analyse globale du régime des adultes et celui des jeunes (Leclerc , 1987) ;
- permet une échantillonnage pratiquement illimité.
- elle permet de suivre le régime alimentaire sur une période plus étendue que les prélèvements fistulaires.

L'objectif initial de la collecte des fèces était d'obtenir des échantillons représentatifs du fourrage ingéré qui étaient comparés avec des échantillons obtenus à partir des fistules oesophagiennes, ou la technique des coups de dents ou simplement les paramètres des fourrages donnés aux animaux. Les échantillons ainsi obtenus sont analysés par les techniques normales de laboratoire pour obtenir les valeurs des divers paramètres (Matières azotées totaux, Neutral detergent fiber, Acid detergent fiber, etc.). Après, des comparaisons sont faites avec les valeurs connues du fourrage ingéré. Ceci permet d'établir des équations de régression liant les paramètres dans les fèces aux caractéristiques des fourrages ingérés. On voit bien l'avantage que ce procédé apporte: à partir de l'obtention des fèces, qui sont faciles à récolter, on peut, avec plus ou moins de précision, connaître les caractéristiques de la ration de l'animal.

Le premier pas de cette technique est, bien sur, la **collecte des fèces**. Les prélèvements des fèces s'effectuent soit sur l'animal, soit sur le terrain. Dans le premier cas la récolte peut se faire directement dans le rectum, ou par massage de celui-ci, dans les intestins des animaux abattus ou, le plus souvent, à l'aide des sacs fécaux.

Pour effectuer la collecte totale des fèces il est nécessaire d'utiliser des sacs fécaux. Ces appareils doivent être robustes et assurer une échantillonnage simple et rapide des fèces, sans pertes, en particulier lorsque les animaux sont couchés. Aussi

la gêne qu'ils causent à l'animal doit être minimale de façon à éviter d'éventuelles blessures ou irritations cutanées, voire des troubles du comportement et des réactions d'affolement (Tissier et al, 1975).

Tissier et al (1975) et Dicko (1987) font la description des sacs fécaux qui ont été mis au point et testés pour la race ovine (jeunes mâles en allaitement et engrais et brebis au pâturage) et bovine (mâle), respectivement. Les deux indiquent l'obtention de bons résultats avec l'utilisation de ces dispositifs, sauf quand ils sont utilisés chez les femelles. Dans ce cas on vérifie des variations dans les paramètres étudiés sur les fèces en particulier pour les matières azotées dues à la percolation de l'urine au travers de la masse des fèces.

A partir de l'excrétion fécale et de la connaissance de la digestibilité de l'herbage, on peut calculer l'ingestion de fourrage selon la formule:

$$\text{Quantités ingérées} = \frac{\text{Excrétion fécale}}{1 - \text{Digestibilité}}$$

Les études les plus importantes sur les fèces ont débouché, cependant, sur la connaissance de la composition botanique des régimes alimentaires. Les analyses ont évolué vers la détermination de la valeur nutritive du régime mais, si possible, en fonction de sa composition botanique. Ainsi ont été développés les techniques d'analyse des échantillons par le microscope à fin de reconnaître les plantes ingérées à partir de l'étude des épidermes.

L'analyse microscopique des débris végétaux est basée sur l'observation des caractéristiques anatomiques de leurs cellules épidermiques. L'étude des épidermes repose sur (Mandret, 1989):

- la spécificité des caractères épidermiques pour constituer un catalogue de référence des espèces présentes sur les sites;
- la résistance de ces épidermes au transit digestif pour déterminer la composition

botanique des échantillons de bols oesophagiens, des contenus du rumen ou des fèces .

L'identification se fait par comparaison avec des photographies d'épidermes de plantes connues. Il est évidemment nécessaire de constituer au préalable un atlas de référence comportant le maximum d'espèces susceptibles d'être consommées. Est aussi nécessaire pour une seule plante d'avoir une référence pour plusieurs organes dont les épidermes diffèrent . L'herbier doit être exhaustif et complété au long de l'année pour éviter que, surtout dans les régions chaudes où la croissance végétale est très rapide, les caractéristiques de notre herbier ne soient pas différentes des échantillons. Il doit être établi sur le lieu des recherches, en même temps que les prélèvements (Leclerc, 1987; Planton, 1989). Les prélèvements consistent en bols alimentaires et/ou en fèces d'animaux exploitant les sites étudiés.

On peut, donc, envisager deux étapes:

- constitution d'un catalogue de références;
- prélèvement et conservation des échantillons.

- Constitution d'un catalogue de références

C'est le premier temps d'une analyse de régime alimentaire par la méthode des épidermes. Le catalogue se compose d'un ensemble d'épidermes d'origine connue provenant soit des bols alimentaires ou des fèces d'un animal nourri par une seule espèce végétale, soit provenant directement de la plante par prélèvement des épidermes des différents organes. Ces épidermes sont montés entre lames et lamelles, chaque lame ne comportant qu'un type d'épiderme. L'idéal serait de prélever les échantillons de plantes de référence destinés à l'atlas à tous les stades du développement des espèces. Ce travail étant très lourd, l'objectif est de le faire, au moins, aux stades présumés de forte consommation par les animaux. L'observation de cette collection de lames permet d'apprendre à reconnaître les images qui seront ensuite recherchées lors de l'analyse des contenus digestifs (Mandret, 1989; Planton, 1989).

- Prélèvement et conservation des échantillons

Ces opérations sont caractérisées par (Diallo, 1991):

- le nombre d'échantillons (de bols et/ou de fèces) à récolter;
- le nombre d'individus à prendre en compte;
- la durée de l'étude et la périodicité des récoltes;
- la quantité de matériel à prélever et sa conservation.

A l'inverse des techniques d'analyse de ces échantillons, qui sont plus ou moins standardisées, ici on note des grandes différences d'une étude à l'autre dans les aspects cités. Quelques auteurs étudient le régime alimentaire pendant toute l'année alors que d'autres l'étudient seulement pendant des périodes bien précises. Aussi le nombre d'animaux et de collectes effectuées est très variable, mais il est certain que pour déterminer la composition botanique des régimes alimentaires le nombre d'animaux et de collectes des échantillons est supérieur au nombre nécessaire pour déterminer la valeur nutritive du régime.

Après la récolte les échantillons subissent une série de traitements qui vont aboutir à l'obtention des fragments épidermiques identifiables sur les lames. Selon Planton (1989) sont nécessaires 4 lames pour chaque échantillon. Sanders et al (1980) et Leclerc (1987) indiquent 2 lames seulement mais, tandis que Planton identifie 100 fragments végétaux sur chaque lame, Leclerc identifie 200 sur chaque lame, le résultat final étant présumé le même. La moyenne de ces identifications est retenue comme composition botanique de l'échantillon. Bien entendu l'identification se fait par comparaison avec les photographies de l'atlas photographique de référence.

La lecture des lames est généralement faite au grossissement 100 à 125 et doit aboutir à une valeur de la fréquence d'identification de chaque espèce, c'est-à-dire que la fréquence d'identification de chaque espèce est divisée par le nombre total de fréquences d'identification de toutes les espèces. Ce nombre multiplié par 100 est utilisé comme la pourcentage en poids de la diète (Holechek et al, 1982; Guerin, 1988).

Cette technique présente cependant quelques problèmes qui font qu'on ne puisse pas la considérer comme l'outil final de détermination des régimes des animaux au pâturage. Voici quelques unes:

- la phase en laboratoire nécessite un technicien entraîné et le travail est fastidieux. Johnson et al (1981) indiquent 6 mois d'entraînement avant les évaluations des échantillons;
- les nombreuses attaques chimiques et mécaniques subies par les végétaux au cours du transit digestif altèrent parfois la structure de certains épidermes, rendant difficile leur identification. Plus la plante est jeune, donc moins protégée, plus cette digestion différentielle se fait sentir. Ainsi Leclerc (1987) indique que le nombre d'épidermes non identifiables augmente fortement en printemps. Par contre, et un peu paradoxalement, Holechek et Gross (1982) in Holechek et al (1982) indiquent que le stade de maturité n'a pas apparemment d'influence sur les résultats;
- il peut survenir une rétention des matériaux au niveau du tractus digestif qui vont indiquer une consommation alors qu'en fait aucune n'a eu lieu (Sanders, 1980);
- est nécessaire une quantité considérable d'équipement au niveau du laboratoire (Holechek, 1982).

4.3. Le Proche Infra Rouge

Cette technique est relativement récente et a commencé à être utilisée au niveau des analyses des produits agro-alimentaires, tels que les grains de céréales et les semences d'oléagineux. Les constituants les plus couramment dosés sont l'eau, les protéines et les lipides. Cette technique a été et est toujours développée parce que les analyses conventionnelles, dites en phase humide, sont coûteuses et demandent plusieurs heures de travail. Donc les industries agro-alimentaires ont tout l'intérêt de développer des techniques de connaissance rapides des caractéristiques chimiques et physiques des matières premières et des produits en cour de transformation. Plus récemment elle a commencé à être utilisée aussi pour l'analyse des régimes des ruminants au pâturage, surtout à partir des échantillons de fèces ou fistules.

La spectroscopie dans le proche infra rouge (SPIR) est une méthode instrumentale non consommatrice, utilisée pour l'évaluation rapide de la composition chimique, les attributs qualitatifs associés et les propriétés physiologiques des plantes fourragères (Marten, 1989). Elle est basée sur l'étude de l'interaction des ondes électromagnétiques avec la matière (Banwell, 1983 in Bertrand, 1988). Les radiations électromagnétiques, dont la lumière visible forme une petite partie, sont des ondes qui se propagent en ligne droite depuis la source, sauf lorsqu'elles sont réfléchies ou réfractées. Ces deux phénomènes se produisent en fonction du matériel auquel elles se heurtent. On peut ainsi, sachant les caractéristiques de la lumière qui tombe sur l'échantillon et celles de la lumière qui est réfléchiée par l'échantillon, voir quelles sont les différences produites. Une fois ces différences comparées avec les données obtenues utilisant un échantillon de référence dont les caractéristiques sont connues, on peut établir des équations de régression reliant les deux types de données. Ceci implique que les procédures de l'étalonnage soient très précises et que, même si la mesure spectrale est plus sensible et répétable que le dosage traditionnel en phase humide, la précision analytique obtenue ne peut dépasser celle de l'analyse de référence (Norris, 1976; Bertrand, 1988; Shenk, 1989).

Cette méthode a été utilisée avec succès pour la dosage de presque tous les paramètres normalement réalisés avec les techniques en phase humide (matières azotées totaux, ingestion de matière sèche, neutral detergent fibre, etc.) utilisant des bols oesophagiens et des fèces d'animaux au pâturage. Il y a donc un grand potentiel pour la réalisation d'analyses botaniques et la connaissance du régime alimentaire des animaux au pâturage.

CONCLUSION

Après cette brève synthèse on peut s'apercevoir de la grande diversité de méthodes qui sont développées pour faire face au problème fondamental de la détermination du régime alimentaire des animaux au pâturage. En fait cet étude permet l'obtention de connaissances pour intervenir à deux niveaux: l'animal et l'espace ou il pâture.

Les différentes méthodes sont plus ou moins complexes, plus ou moins exigeantes en temps, main-d'oeuvre et matériel et plus ou moins complètes en ce que concerne l'information rendue. C'est la conjugaison de tous ces facteurs que va finalement permettre de décider sur le choix de l'une ou de l'autre méthode. Notons, cependant, que dans ces études il n'y a pas des méthodes vraiment standardisées et qu'une période d'adaptation aux conditions locales est toujours nécessaire. Cette période d'adaptation s'applique, d'ailleurs, au personnel chargé des études pour maîtriser parfaitement la technique choisie.

Nous pensons que les études des régimes alimentaires des animaux au pâturage sont des "outils" très importants pour une bonne gestion des territoires et que son importance sera de plus en plus grande au fur et à mesure que la pression d'exploitation des territoires augmente.

BIBLIOGRAPHIE

Barth (K. M.); Chandler (J. E.); Fryer (M. E.) et Wang (H. C.) - Effects of saliva and drying temperature on composition and digestibility of forage samples collected through esophageal fistules. *J. Anim. Sci.*, 1970, 31 : 794 - 798.

Bath (Donald L.); Weir (William C.) et Torell (Donald T.) - The use of the esophageal phistula for the determination of the consumption and digestibility of pasture forage by sheep. *J. Anim. Sci.*, 1956, 15: 1166 - 1171.

Bertrand (Dominique) - Utilisation des analyses multidimensionnelles en spectroscopie de reflexion dans le proche infra rouge. Application à la carcterisation de la qualité technologique du blé et de ses produits de mouture. Th. Doct. Univ. Dijon, 1988, Tome 1 (Texte): 119 p.

Campbell (C. M.); Eng (K. S.); Jr; Nelson (A. B.) et Pope (L.S.) - Use of the esophageal fistula in diet sampling with beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 1968, 27: 231 - 233.

Charpentau (JJ. L.) et Balant (G.) - Modélisation et informatisation: deux outils pour changer le niveau d'échelle. L'exemple du traitement des circuits de pâturage dans le Pyrénées. B. Hubert, N. Girault Ed., De la touffe d'herbe au paysage. Séminaire Viens (France) 13 - 14 Janvier 1983. INRA - SAD, Paris 1988: 181 - 197.

Cook (C. Wayne); Thorne (Joseph L.); Blake (Joseph T.) et Edlefsen (James) - Use of an esophageal-fistula cannula for collecting forage samples by grazing sheep. *J. Anim. Sci.*, 1958, 17: 189 - 193.

Danckwerts (J. E.) - Animal performance as affected by herbage availability and quality in semi-arid southern african grassland. In: XVI International Grassland Congress, Nice, France, 1989: 811 - 812 p.

Diallo (M. C. B.) - Etude de la composition botanique des regimes alimentaires des ruminants domestiques (bovins, ovins caprins) en région Soudano-Sahelienne par analyse histologique des fèces. Approche méthodologique. Université Montpellier II, 1991. These Doct. Sciences biologiques. Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier II 1991, 262 p.

Dicko (M. S.) - Utilisation de sachets en plastique pour la collecte des fèces de bovins mâles élevés sur parcours. CIPEA Actualités, 1987, 6 (4): 6 p.

Doyle (J. J.) - The effect of chewing by sheep on the release of nitrgen and soluble carbohydrates from plant cells. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Husbandry*, 1967, 7: 318 - 320.

Forwood (J. R.) et Husle (M. M.) - Electronic measurement of grazing time and intake in free roaming livestock. In: XVI International Grassland Congress, Nice, France, 1989: 799 - 800 p.

Free (James C.); Sims (Phillip L.) et Hansen (Richard M.) - Methodes of estimating dry-weight composition in diets of steers. J. Anim. Sci., 1971, 32 (5): 1003 - 1007.

Gesshe (R. H.) et Walton (P. P.) - Grazing animal preferences for cultivated forages in Canada. J. Range Mgmt, 1981, 34 (1): 42 - 45.

Guerin (H.) - Le régime alimentaire des ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) exploitant des parcours naturels sahéliens et soudano-sahéliens. I. Rappels bibliographiques sur les objectifs et les méthodes d'étude de la composition botanique des régimes ingérés au pâturage. Revue Elev. Medec. vét. Pays trop., 1989, 41 (4):

Guerin (H.); Friot (D.); Mbaye (Nd); Richard (D.) et Dieng (A.) - Le régime alimentaire des ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) exploitant des parcours naturels sahéliens et soudano-sahéliens. II. Essai de description du régime par l'étude du comportement alimentaire. Facteurs de variation des choix alimentaires et conséquences nutritionnelles. Revue Elev. Medec. vét. Pays trop., 1988, 41 (4): 427 - 440.

Guerin (H.); Friot (D.); Mbaye (Nd) et Richard (D.) - Alimentation des ruminants domestiques sur pâturages naturels sahéliens et sahel - soudaniens. Etude méthodologique dans la région du Ferlo au Senegal. Col. Etudes et Synthèses de l'ITEMVT, Programme "Alimentation du Bétail Tropical (ABT)", 1991, n° 39.

Holechek (J. L.) - Fistula samples numbers required to determine cattle diets on forest and grassland ranges. J. Range Mgmt, 1983, 36 (3): 323 - 326.

Holechek (Jerry L.); Vavra (Martin) et Pieper (Rex D.) - Botanical composition determination of range herbivore diets: A review. J. Range Mgmt, 1982, 35 (3): 309 - 315.

Holloway (J. W.); Estell II (R. E.) et Butts (W. T. Jr) - Relationship between fecal components and forage consumption and digestibility. J. Anim. Sci., 1981, 52 (4): 836 - 847.

Johnson (Mark, K.) et Pearson (Henry A.) - Esophageal, fecal and enclosure estimates of cattle diets on a longleaf pine - bluestem range. J. Range Mgmt, 1981, 34 (3): 232 - 234.

Lambourne (L. J.) - Estimation of the intake and digestibility of grazed herbage. Grassland Res. Inst. Tech. Rep., 1965, 1: 8 - 10.

Landais - Tendances actuelles des recherches sur les systèmes d'élevage: exemples de travaux du département <<Systèmes Agraires et Développement>> de l'INRA. Note méthodologique. 1992, 1: 55 - 65.

Langlands (J. P.) - Studies on the nutritive value of the diet selected by grazing sheep. Anim. Prod., 1974, 19: 249 - 252.

Leclerc (Bernadette) - Une méthode d'étude du régime alimentaire d'ovins et de caprins dans le maquis corse: l'analyse coprologique. Greghje et Rughjoni: Cahiers

de la recherche sur l'élevage en corse (FRA), 1987, 13: 113 - 121.

Marten (G. C.) et Windham (W. R.) - Near infrared reflectance spectroscopy as a universal forage evaluation technique. In: XVI International Grassland Congress, Nice, France, 1989: 885 - 886 p.

Mosley (C. Jeffrey); Reeves (Wayne G.); Maiga (Mouslim A.) et Grice (David M.) - Electronic clocks for measuring grazing time of free-ranging cattle: a comparison with vibracorders and visual observations. *Applied An. Behaviour Sci.*, 1987, 18: 349 - 353.

Butterworth (M. H.) - Animals in relation to land use. In: Barry Nestel, ed. Development of animal production Systems. Elsevier, Amsterdam, 1984. Chap. 2: p. 19.

Norris (K. H.); Barnes (R. F.); Moore (J.E.) et Shenk (J. S.) - Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. *J. Anim. Sci.*, 1976, 43 (4): 889 - 897.

Owen (D. F.) - Animal ecology in tropical Africa. 2^d edition, 1976. Editors: D. W. Ewer and M. D. Gwayne, Longman, London and New York. Tropical Ecology Series. 1^{re} edition 1966, Ed. Oliver & Boyd.

Planton (H.) - Le régime alimentaire des ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) exploitant des parcours naturels sahéliens et soudano-sahéliens. IV. Essai de description du régime par analyses micro-histologiques d'échantillons de collectes du berger, bols oesophagiens et fèces recueillis sur des bovins et des ovins. *Revue Elev. Medec. vét. Pays trop.*, 1989, 42 (2): 245 - 252.

Reppert (Jack N.) - Forage preference grazing habits of cattle at the Eastern Colorado Range Station. *J. Range Mgmt.*, 1960, 13: 58 - 62.

Rippstein (G.) - Une méthode d'étude et de classification des pâturages de savane. In: XVI International Grassland Congress, Nice, France, 1989: 1435 - 1436 p.

Sabiiti (E. N.) et Wein (R. W.) - Fire effects on herbage yield and nutritive value of natural grasslands in Uganda. In: XVI International Grassland Congress, Nice, France, 1989, 1579 - 1580.

Sanders (Kenneth D.); Dahl (Bill E.) et Scott (Gretchen) - Bite count vs Fecal analyses for range animal diets. *J. Range Mgmt.*, 1980, 33 (2): 146 - 149.

Scales (G. H.); Streeter (C. L.); Denham (A. H.) et Ward (G. M.) - Effect of mastication, salivary contamination and leaching on the chemical composition of forage samples collected via esophageal fistulae. *J. Anim. Sci.*, 1974, 38 (6): 1278 - 1283.

Schwartz (H. J.); Schuktka (W.); Engelhardt (W. V.); Rutagwenda (T.) et Schwartz (M.) - Behavioural adaptation of indigenous sheep and goats to seasonal changes of forage supply on a semi-arid thornbush pasture in northern Kenya. *Com. Int. Conference on animal production in arid zones*, Damas 7 - 12.9.85.

Schultze-Kraft (R.); Lascano (C.); Benavides (G.) et Gomez (J. M.) - Relative palability of some little-known tropical forage legumes. In: XVI International Grassland Congress, Nice, France, 1989: 785 - 786 p.

Shenk (J. S.) - Near infrared reflectance spectroscopy as an analytical tool for world agriculture. In: XVI International Grassland Congress, Nice, France, 1989: 883 - 884 p.

Smith (A. D.) et Shandruk (L. J.) - Comparison of fecal, rumen and utilisation methods for ascertaining pronghorn diets. *J. Range Mgmt*, 1979, 32 (4): 275 - 279.

Tissier (M.); Bechet (G.) et Molénat (G.) - Appareils de collecte totale des fèces pour agneaux en allaitement ou a l'engrais et pour brebis. *Ann. Zootech.*, 1975, 24 (3): 595 - 602.

Walker (John W.); Heitschmidt (R. K.); Demoraes (E. A.); Kotman (M. M.) et Dowhower (S. L.) - Quality and botanical composition of cattle diets under rotationa and continuos grazing treatments. *J. Range Mgmt*, 1989, 42 (3): PAGINAS

Weir (W. C.) et Torell (D. T.) - Selective grazing by sheep as shown by a comparison of the chemical composition of range and pasture forage obtained by hand clipping and that collected by esophageal-fistulated sheep. *J. Anim. Sci*, 1959, 18: 641 - 649.

Zimmerman (Ibo) - Study made over a period of 1 year, with monthly measurements, on Africander cattle ranging on mixed tree savanna in Transvall. *J. Range Mgmt*, 1980, 33 (2): 132 - 136.