

26000 781

781

OK

MINISTERE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES
AGRICOLAS (I.S.R.A.)

LABORATOIRE NATIONAL DE L'ELEVAGE ET DE
RECHERCHES VETERINAIRES

DAKAR-HANN

PROGRAMME A B T

METHODOLOGIE DE L'ETUDE DE LA VALEUR
ALIMENTAIRE DES PARCOURS NATURELS
A FAIBLE PRODUCTIVITE

Première partie : Approche bibliographique
Par H. GUERIN

REF. N° 103/PHYSIO.
DECEMBRE 1983

INTRODUCTION

La composition floristique et la productivité des pâturages sahéliens sont étudiées depuis de nombreuses années (AUBREVILLE 1950) et sont l'objet de cartes descriptives des groupements végétaux, des sols, etc... (IEMVT-ORSTOM).

La biomasse produite annuellement est, pour un site donné, essentiellement fonction de la pluviométrie (quantité, répartition) ce que traduisent certaines méthodes de prévision de la productivité herbacée (VALENZA, BOUDET), et, à partir d'un certain seuil de pluviométrie, de la teneur en azote des sols (BREMEN).

La dynamique et la productivité du couvert ligneux, objets d'études moins nombreuses, commencent à être connues (PIOT, POUPON, TOUITAIN).

Des techniques modernes d'observation (images satellites, vols systématiques de reconnaissance de WISPELAERE-VAN PRAET) associées à des mesures au sol dans des stations judicieusement choisies, permettent de suivre l'évolution interannuelle de ces écosystèmes et de faire chaque année le diagnostic de l'état des pâturages en fin de saison des pluies (VAN PRAET).

La démographie animale peut être étudiée au niveau de la région (vols systématiques de reconnaissance, M. SHARMANN ; inventaire lors des séances de vaccination - DSPA), de la zone d'influence d'un forage (comptages lors de l'abreuvement. PLANCHENAU-LE MEYER), ou plus rarement d'une parcelle clôturée (ranching, dispositifs expérimentaux).

La dégradation des strates herbacées et ligneuses sous l'action conjuguée du bétail, de l'homme et du climat est dénoncée par les écologistes et les pastoralistes qui prouvent la réduction globale des effectifs du cheptel et la mise en défens de certains pâturages pour permettre leur régénération.

Leurs avertissements restent sans effet pour diverses raisons :

- les services vétérinaires, en diminuant la mortalité liée aux maladies (vaccinations) et à la sous-alimentation (complémentation) encouragent les éleveurs à thésauriser leur cheptel même improductif, et contribuent donc à une augmentation globale des effectifs,

La stratification de l'élevage (zones de naissance, de réélevage, station d'embranchement) et le destockage des mâles et des animaux improductifs, organisés par certains organismes de développement visent à lutter contre ce processus mais ne touchent encore que des effectifs limités.

- les normes limites d'une gestion rationnelle des parcours (charge maximale, rythme d'exploitation) ne présentant pas de risque pour l'écosystème, ne sont pas connues.
- les aléas climatiques (variabilité de la pluviométrie) rendraient caduques si elles étaient sociologiquement envisageables à court terme, les actions préconisées pour des années normales.

Toutes ces raisons font que les actions de développement encourageant une meilleure gestion des parcours sont rares (unités pastorales au Niger).

Il est cependant impensable d'imaginer qu'un retour à un état sanitaire déplorable résolverait le problème de la surcharge des pâturages sahéliens ; le remède est donc dans des solutions techniques qui permettraient de rationaliser l'exploitation des pâturages et du cheptel. Ces solutions restent à imaginer.

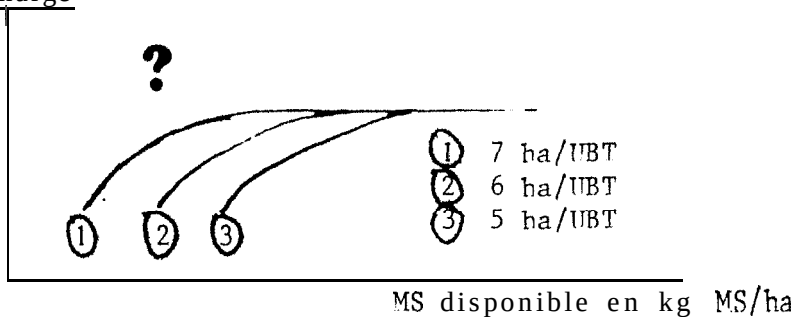
L'objectif à atteindre est une diminution globale des effectifs accompagnée d'un accroissement du taux d'exploitation pour maintenir ou améliorer le revenu des éleveurs. Cette double évolution suppose une amélioration de l'alimentation et de la gestion du troupeau pour le rendre plus productif et surtout un changement des mentalités (le troupeau ne devrait plus être considéré comme le premier signe extérieur de richesse, responsabilisation des éleveurs dans la sauvegarde du milieu, etc...).

Avant de proposer des normes techniques pour la gestion des pâturages et l'alimentation des animaux, de nombreuses questions doivent trouver une réponse ; par exemple :

- en dessous de quel disponible fourrager (exprimé en MS/ha, en ha/UBT, en kg MS/UBT) la valeur alimentaire de la ration (en particulier les quantités ingérées) et les performances zootechniques sont-elles affectées,
 - définir une charge optimale, pour chaque région, avec un risque connu de sous alimentation et des remèdes adaptés en année de sécheresse.
- Le problème majeur réside en effet dans l'inadéquation quasi constante entre la productivité des pâturages, très variable d'une année à l'autre et les effectifs en bétail relativement constants ou en progression lente entre les sécheresses (1976-1983),
- quel est le rôle effectif des ligneux dans l'alimentation du bétail en particulier pour sa nutrition azotée,
 - pour un disponible fourrager donné, rechercher un niveau de complémentarité techniquement et économiquement optimal,

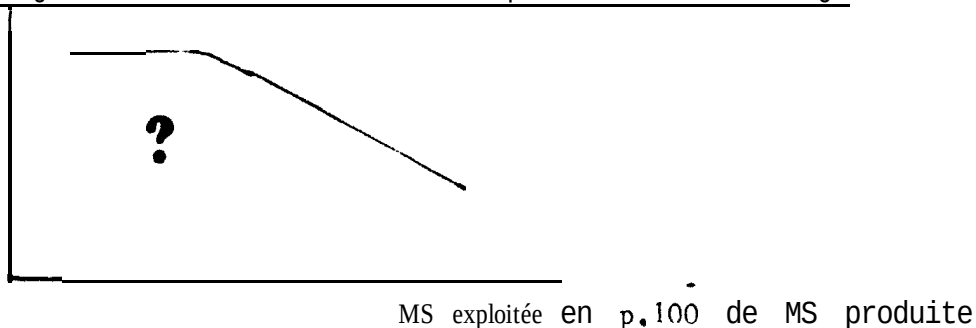
Valeur alimentaire du régime en fonction de la productivité du parcours et de la charge

MSVI / 100 kg PV
ou
UF / kg MS



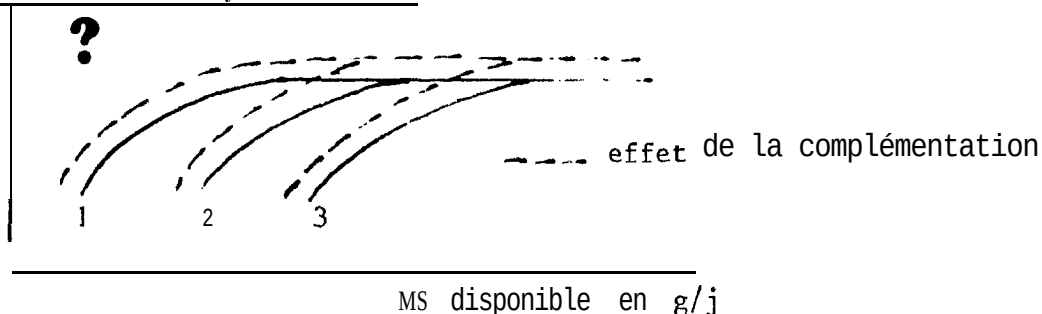
Valeur alimentaire du régime en fonction du taux d'exploitation du fourrage

MSVI / 100 kg PV
ou
UF / kg MS



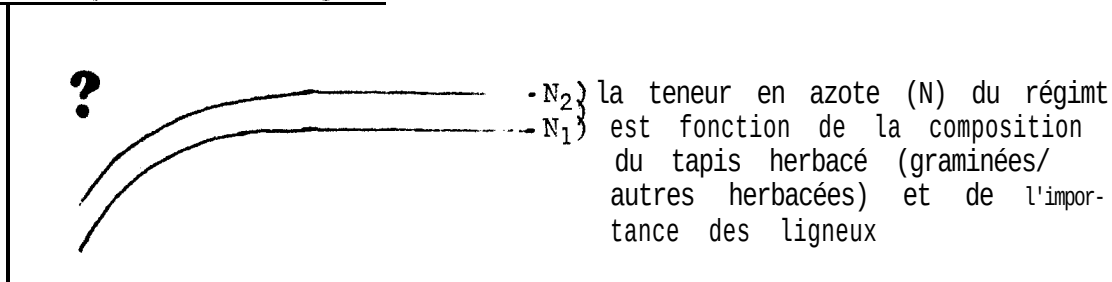
Productivité pondérale du troupeau en fonction du disponible fourragère, de la charge et de la complémentation

GQM en g / j



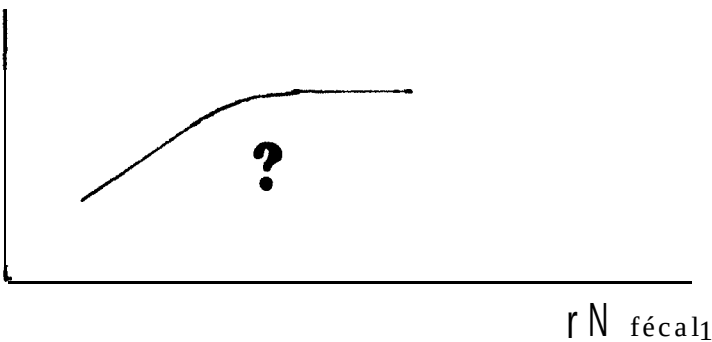
Productivité pondérale du troupeau en fonction de la pression de pâturage et de la teneur en azote du régime

GQM en kg /ha
pour une charge
donnée (1 - 2 ou 3)



Prévision de la productivité pondérale du troupeau à partir de la teneur en azote des fécès [N fécal]

GQM en g / j



- mettre au point des méthodes simples de diagnostic de l'état nutritionnel des animaux pour prévenir des baisses de productivité en apportant la complémentation adaptée aux besoins instantanés.

Les responsables de l'élevage extensif (Australie, Texas, Bassin méditerranéen, Afrique, ..) se sont posés ces questions et ont mis au service de toutes ces études, un grand nombre de techniques pour caractériser le régime des animaux au pâturage et les facteurs de variation de sa qualité. Certaines de ces techniques sont communes à l'étude de la prairie à haute productivité (irriguée ou en zone tempérée) pour laquelle l'approche de la valeur alimentaire est également délicate, d'autres sont spécifiques des pâturages extensifs.

L'abondance des techniques proposées par la bibliographie, la multiplicité des problèmes qu'elles posent toutes dans leur application ne nous ont pas permis de choisir d'emblée, une méthodologie simple, applicable immédiatement à l'étude de la valeur alimentaire des parcours naturels sénégalais.

Tout en poursuivant l'étude bibliographique, nous en avons cependant appliquées quelques unes, choisies d'après leur complémentarité, ou en vue de comparer entre eux les résultats obtenus par différentes méthodes. Ces résultats seront présentés par ailleurs, les pages qui suivent faisant le point de nos recherches bibliographiques. Les différents aspects abordés concernent :

- la productivité et la composition floristique du pâturage,
- les préférences alimentaires,
- la digestibilité de la ration consommée,
- les quantités volontairement ingérées,
- le comportement alimentaire des animaux,
- les performances zootechniques.

1 - PRODUCTIVITE ET COMPOSITION FLORISTIQUE DES PATURAGES.

Il n'est pas envisageable d'étudier la valeur alimentaire d'un parcours sans un minimum de description tant au plan botanique qu'au plan de la production primaire.

Le premier problème qui se pose est celui de l'échelle. En pâturage extensif traditionnel, l'aire de parcours exploitée par un même troupeau est très vaste, hétérogène et variable au cours des saisons,

Or, les techniques habituellement utilisées par les pastoralistes concernent les sous régions, la zone d'influence d'un forage ou des stations témoin dont on veut observer l'évolution interannuelle, mais rarement des zones de parcours spécifiques à des troupeaux. Ces zones de parcours sont éminemment hétérogènes si bien qu'un même troupeau traverse dans une journée des surfaces complètement désertes et d'autres plus riches en pâturage, certaines dépourvues de ligneux, d'autres très arborées etc...

Devant ces difficultés, de nombreux auteurs se sont contentés de donner une description qualitative des pâturages, lorsqu'ils travaillent dans les conditions normales de l'élevage extensif (LECLERC, FOURBOUZE) ; certains, ont cependant tenté de donner une estimation de la biomasse disponible en effectuant des prélèvements réguliers sur des transects recouvrant la zone de pâturage (SCHWARTZ).

La situation la plus simple est réalisée en zone tropicale sèche à une seule saison des pluies, sur des pâturages dominés par les herbacées annuelles (pas de repousse), et lorsque les recherches sont effectuées sur des parcelles clôturées de superficie et de charge connues ; on peut alors effectuer un échantillonnage en fonction de la précision souhaitée.

La méthode des points cadrats (DAGET, POISSONET) est souvent utilisée pour étudier la composition floristique.

La technique des prélèvements pour l'estimation de la biomasse disponible varie beaucoup avec les auteurs : le nombre, la taille et la périodicité des prélèvements sont choisis en fonction de la surface et de l'hétérogénéité du pâturage et de la précision souhaitée,

Certains coupent au ras du sol, d'autres à 5 cm. En effet, certains auteurs considèrent que la biomasse utilisable est celle dépassant une hauteur de 5 cm ; d'autres remarquant qu'en fin de saison sèche, les pailles brisées se trouvant à la surface du sol sont ingérées et que certaines plantes dressées sont négligées au bénéfice de brins très courts, la discrimination n'étant pas fonction de la distribution spatiale mais de l'espace, considèrent que toute la matière végétale aérienne est potentiellement utilisable par l'animal et ils effectuent donc leurs prélèvements au ras du sol.

Les ligneux ayant plusieurs périodes de croissance au cours de l'année, leur productivité est plus difficile à estimer. De plus, seules les parties basses du houppier sont accessibles aux animaux ; le disponible fourrager qu'ils représentent est donc difficile à apprécier et rarement étudié (cf. BIB).

II - CHOIX DES ESPECES CONSOMMEES : PREFERENCES ALIMENTAIRES.

HEADY (1954) cité par MALECHEK distingue appétibilité et préférence alimentaire :

- l'appétibilité est fonction de la composition chimique (EB, MAT...) qui jouerait un rôle indirect (état nutritionnel...), mais surtout des métabolites secondaires (tannins, alcaloïdes, terpén...) qui sont responsables du goût et de l'odeur et jouent le plus souvent un rôle "négatif" de protection du végétal. L'anatomie joue également un grand rôle dans l'appétibilité, également par ses effets de protection : présence d'épines, de barbes, de poils, de cuticules,...

- Les préférences alimentaires seraient fonction de l'appétibilité relative des espèces mais aussi de caractéristiques propres à l'animal : espèce, origine génétique, expérience, conditionnement, état nutritionnel, circonstances environnementales. Finalement, les déterminisme des préférences alimentaires seraient la recherche d'une optimisation du rapport
$$\frac{\text{énergie ingérée}}{\text{énergie dépensée pour l'ingestion}}$$
 ou du bilan nutritionnel.

Les auteurs qui s'intéressent à cet aspect du comportement alimentaire poursuivent des buts variés :

- identification des espèces utiles en fonction de la saison et du disponible,
- recherche des plantes toxiques en particulier pour la faune sauvage,
- étude de la complémentarité des régimes des herbivores en vue de définir une composition de la faune permettant de maintenir la végétation en équilibre,
- enfin, plus rarement, amélioration des critères de classification destinés à estimer les valeurs pastorales.

Les méthodes sont le plus souvent quantitatives sauf peut être pour les plantes toxiques. Elles sont adaptées par les auteurs aux moyens techniques dont ils disposent et aux types de pâturages étudiés : par exemple les méthodes faisant appel aux observations visuelles sur le terrain sont les plus faciles à utiliser et souvent les plus économiques, bien que fortes consommatrices de main-d'oeuvre. Ces méthodes "de terrain" sont cependant plus adaptées aux pâturages aériens ou disperses, car lorsque le couvert herbacé est dense, il est très difficile de distinguer les espèces consommées.

THEURET a fait une revue de toutes ces techniques. On distingue d'abord les observations visuelles sur le terrain, la plus simple consistant à énumérer les espèces et les organes apparemment les plus consommés telle que l'ont souvent appliquée les pastoralistes : elle permet de classer les espèces en "appâtées", "peu appâtées" et "non appâtées", mais elle a l'inconvénient de ne pas permettre de donner un ordre de grandeur de la consommation de chaque plante, ni de nuancer la classification en fonction du disponible.

La quantification de ces observations visuelles fait appel à la notion de "temps consacré" à chaque espèce (GAUTHIER-PILTERS) ou à celles de "coup de dent" et de "bouchées" (BOURBOUZE, SCHWARTZ, LECLERC). Ces auteurs ont essayé d'approcher les quantités ingérées par espèce en mesurant la vitesse d'ingestion (en gramme par minute) ou le poids de bouchée (ou de coup de dent) pour chaque espèce. Ces techniques sont très lourdes et supposent que le niveau de précision attendu soit très élevé ; elles posent le problème de la reproductibilité du poids de bouchée, de la vitesse d'ingestion, etc... en fonction de l'heure (variations de l'appétit), de la distribution spatiale du fourrage, du développement des organes ingérés etc... et donc de la généralisation des résultats obtenus.

Comme nous l'avons vu plus haut, ces méthodes ne sont pas adaptées à la faune sauvage ni aux pâturages denses à moins que les animaux ne soient très familiers.

C'est pour cette raison que se sont développées des techniques à la fois plus précises, plus rapides, bien que faisant appel à du matériel de laboratoire et plus généralisables : il s'agit de l'étude microscopique des contenus digestifs qu'ils soient recueillis au niveau de l'œsophage (animaux fistulés), du rumen (animaux sacrifiés ou fistulés), du rectum ou du sol (féces). La méthode consiste à étudier, à partir d'un herbier, les caractéristiques anatomiques des principales plantes présentes dans le pâturage (cuticules, poils etc...) et à reconnaître entre lames et lamelles les organes caractéristiques des différents végétaux. Le fractionnement des contenus digestifs, leur dilution et les comptages entre lames et lamelles quadrillées permettent d'estimer les proportions des particules caractéristiques pour chaque espèce ; les pourcentages de particules "indéterminées" par cette technique sont élevés.

.../...

L'ensemble de ces méthodes exige un travail important et une bonne connaissance de la flore, alors que les résultats correspondant à une situation donnée ne sont pas généralisables. On ne peut donc se demander si une fois un ordre de grandeur défini par plante (ou par famille), par espèce animale et pour les principaux groupements végétaux, il est utile de les répéter un grand nombre de fois car il est certain qu'à chaque situation particulière correspondra un régime différent.

III - ESTIMATION DE LA DIGESTIBILITE DE LA RATION CONSOMMEE

111.1. Le premier problème qui se pose est celui de la constitution d'échantillons représentatifs du régime.

HOLECHEK a fait dans une revue bibliographique, l'inventaire des méthodes utilisées. Il évoque d'abord la fauche qui n'exige aucun matériel spécifique mais élude le problème du tri par l'animal.

La ceuillette sélective des espèces et des organes consommés est toujours moins sévère que le choix des animaux ; cette technique a été affinée par SCHWARTZ qui effectue sa ceuillette en fonction du temps consacré aux huit principales espèces consommées représentant 80 p 100 du régime.

La mise en défense de zones témoin sous cages de protection et la comparaison des prélèvements avant et après pâturage est plus adaptée aux prairies intensives qu'aux pâturages à faible productivité.

HOLECHEK en arrive rapidement aux techniques faisant appel à des animaux fistulés de l'oesophage ou du rumen. Les fistules du rumen sont plus faciles à mettre en place et à entretenir sur les grands animaux, mais elles présentent de nombreux inconvénients : les manipulations sont pénibles, la vidange du rumen entraîne un dérèglement de l'appétit et des entrées importantes de liquides contaminent et lessivent les prélèvements. Par ailleurs, un début de digestion microbienne est probable bien qu'il n'ait jamais été clairement mis en évidence.

Les fistules de l'oesophage sont les plus couramment pratiquées et sont l'objet de nombreuses revues bibliographiques. Mis à part les aspects chirurgicaux et le matériel d'obturation dont dépendent la durée de vie des animaux fistulés et la qualité des prélèvements sont évoqués :

- les horaires et la durée des prélèvements
- les taux de récupération du fourrage
- le mode de conditionnement des prélèvements
- les effectifs d'animaux
- la fréquence des prélèvements
- etc...

Une des conditions à remplir pour que les échantillons collectés soient bien **représentatifs** du régime, est que les animaux soient en bonne santé ; cette condition qui semble évidente n'est pas inutile à rappeler lorsqu'on songe aux renseignements officieux concernant le déroulement de certaines expériences... De plus, les animaux doivent être bien **intégrés** au troupeau, et accoutumés au **pâturage**. Le plus grand soin doit donc être apporté aux interventions chirurgicales **et** aux soins **post-opératoires** pour favoriser une utilisation prolongée des animaux **fistulés**.

Le taux de récupération du fourrage **ingéré** au travers de la fistule dépend de la taille de la fistule et du type de fourrage ; ces taux varient suivant les auteurs de 35 à 95 p100. D'après CAMPBELL, la composition botanique ne serait pas **affectée**, par contre la composition chimique risque de l'être, les **grasses** ayant tendance à ne pas passer au travers de la fistule.

Les prélèvements ne doivent pas être effectués aux heures chaudes ni durer trop longtemps pour diminuer les risques de rumination ; par contre, s'ils sont effectués aux heures de grands repas, il semble inutile de claustrer les animaux avant les **prélèvements** (toujours pour éviter la rumination durant le **prélèvement**) car cela risque de perturber leur **appétit** par rapport à celui des animaux **présents** en permanence sur le pâturage.

Les **prélèvements** doivent avoir lieu le **matin** et le **soir**, car le régime varie en fonction de l'heure ; STREETER a mis en évidence des variations **nycthémérales** et **journalières** de la composition du régime. De plus, il y a des **interactions** probables entre l'horaire et le lieu de **prélèvement** à l'intérieur d'un même parcours.

Les effectifs conseillés varient en fonction de la caractéristique de la ration **étudiée** : 6 à 8 taurillons et 10 moutons pour déterminer à 10 p100 ($\alpha = 0,05$) près les teneurs en MAT, NDF, ADF, du régime ; mais si on veut esti-

.../...

mer la teneur moyenne en lignine, les effectifs doivent atteindre 30 animaux car il y a de grandes variations individuelles dans le choix des ligneux.

Pour obtenir une précision raisonnable, HOLECHEK et VAN DYNE conseillent de faire des prélèvements sur 4 animaux durant 4 jours consécutifs.

La comparaison de la composition chimique du fourrage ingéré à celle du fourrage récolté lors des prélèvements se fait par des essais en cages.

L'essentiel des différences observées lors de ces essais, entre les échantillons du fourrage offert et ceux récoltés au travers des fistules sont liées à des contaminations par la salive :

- les teneurs en matières minérales des prélèvements oesophagiens sont supérieures^{s/} de 14 à 100 (essentiellement du potassium) à celle du fourrage offert.
 - Les teneurs en matières azotées des prélèvements oesophagiens sont supérieures à celle du fourrage offert, mais les différences sont fonction de la teneur en azote du fourrage étudié.
- La suppression de la complémentation minérale et azotée peut réduire les contaminations mais risque de perturber l'état nutritionnel et le comportement des animaux.

L'égouttage, l'essorage et le rinçage des prélèvements sont des solutions pour diminuer les effets des contaminations, mais outre le fait que ces modes opératoires modifient la composition chimique en entraînant les substances solubles dans la fraction liquide, il est difficile de standardiser ces techniques. Il est donc préférable de conditionner les prélèvements à l'état brut et d'exprimer les résultats d'analyse par rapport à la teneur en matière organique, ce qui élimine le problème des contaminations minérales.

Les résultats d'analyse varient en fonction du mode de conditionnement : les prélèvements oesophagiens sont séchés à l'air, à l'étuve, congelés ou lyophilisés :

- le principal inconvénient du séchage est qu'il modifie la composition des constituants pariétaux et surtout de la lignine d'autant plus que la température de séchage est élevée. La plupart des auteurs sèchent à 50°C, au dessus de cette température, la modification de la composition chimique est significative.

Les conséquences pour les résultats de digestibilité "in vitro" sont identiques, probablement en raison de la modification des structures pariétales.

- La lyophilisation a l'avantage de ne pas modifier les structures des cellules, en particulier celles des parois et de n'affecter ni les proportions de constituants pariétaux ni les résultats de digestibilité in vitro. Mais il est rarement possible de mettre en place cette technique dans les conditions expérimentales réunies en élevage extensif.

Cependant CUNNY et HICE (revue de HOLECHEX) n'ont pas trouvé de différences significatives pour CB, LI, et la digestibilité in vitro entre les échantillons séchés et les échantillons lyophilisés.

Une fois le mode d'échantillonnage et de conditionnement choisi, et après avoir fait des corrections éventuelles sur les analyses chimiques pour se rapprocher au mieux de la composition réelle du régime, il reste à décider des mesures de laboratoire et des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur alimentaire.

III.?, Estimation de la digestibilité des échantillons représentatifs du régime.

La méthode la plus performante serait sans doute la digestibilité "in vi vo", mais il est rarement possible de récolter suffisamment d'échantillons pour ce type d'essai : cependant, WALLACE et VAN DYNE l'ont appliqué à des prélèvements ruminants de bovins, et elle est envisageable sur des collectes manuelles "représentatives" du régime.

Par contre, comme nous l'avons ^{vu}/plus haut, les mesures de digestibilité in vivo sur fourrage fauché ne permettent pas d'estimer la valeur alimentaire du régime des animaux sur pâturages, car il y a de trop grandes discordances : entre le fourrage ingéré au pâturage et à l'auge pour la composition botanique et chimique, les niveaux d'alimentation, la vitesse de transit et la taille des particules (HOLECHEK).

La digestibilité in vitro en deux temps de Tilley et Terry est la méthode la plus utilisée. De nombreux auteurs utilisent les résultats obtenus directement, ou après avoir appliqué des équations assez générales issues de la bibliographie donnant la digestibilité in vivo en fonction de la digestibilité in vitro : il semble pourtant très important de mettre au point des

équations spécifiques pour chaque type de fourrages à partir d'essai de comparaison "d vivo - d vitro". Lors de ces essais, il est indispensable de tenir compte du mode de conditionnement des prélèvements oesophagiens sous peine de faire des erreurs grossières dans la prévision de la digestibilité in vivo de la matière sèche (M. CHENOST en cours de publication).

Il est possible d'établir des équations donnant la digestibilité in vitro en fonction de la composition chimique. Le meilleur prédicteur est la teneur en MAT, et les coefficients de corrélations ne sont guère améliorés par NDF, ADF, Li, si.

Une fois prises les précautions décrites plus haut, la prédiction de la digestibilité in vivo à partir des mesures in vitro est en général bonne ; certains auteurs ont été plus loin puisqu'ils proposent des équations du type :

$$ED = f(d \text{ vitro})$$

ou encore

$$\text{performances} = f(d \text{ vitro})$$

D'autres microtechniques telles que la digestibilité in situ à l'aide de sachets de nylon ou celles utilisant les enzymes cellulolytiques sont utilisées. La méthode des sachets de nylon semble plus intéressante pour classer des espèces ou des variétés dans le cadre d'un essai donne que pour étudier la valeur d'un régime. Les méthodes utilisant les cellulases sont séduisantes car elles nécessitent de faibles moyens (pas d'animaux fistulés en particulier) et elles sont faciles à standardiser.

L'avantage des microtechniques est qu'elles permettent d'étudier la vitesse de digestion, qui joue un rôle aussi important que la digestibilité sur les quantités volontairement ingérées. En particulier, la digestibilité égale les vitesses de digestion décroissent dans l'ordre suivant : feuilles de ligneux, tiges de ligneux, feuilles et tiges de graminées.

111.3. Estimation de la digestibilité à partir de l'analyse des fécès.

Il est plus facile de constituer des échantillons de fécès que des échantillons de fourrage représentatifs du régime. De plus, la composition des fécès n'est que très faiblement fonction du mode de récolte.

De nombreux auteurs ont donc cherché à mettre au point des méthodes de prévision de la valeur nutritionnelle du régime à partir de l'analyse des fécès.

On distingue :

- les méthodes des index fécaux qui consistent à établir des équations

.../...

de prévision de dMS à partir de la seule analyse des fèces. Ces équations sont établies à la suite d'essais de digestibilité in vivo. De telles méthodes auraient l'avantage de pouvoir être appliquées en routine pour diagnostiquer l'état nutritionnel des animaux ; les prélèvements pourraient être assurés par des personnels non spécialisés et envoyés au laboratoire pour analyse.

- Les méthodes des "ratio" pour lesquelles on compare la teneur en marqueur indigestible endogène (Li, Si, chromogènes...) du régime à celle des fèces. Les techniques utilisant des marqueurs exogènes (C^{14} ...) sont utilisées pour l'estimation de la quantité de fèces émises (cf. ci-dessous : III Estimation des quantités ingérées).

III.3.1. Index fécaux.

Le principal index fécal utilise est l'azote mais il doit être manipulé avec prudence : en particulier les précautions suivantes doivent être prises (HOLECHEK) :

- les fourrages ingérés par les animaux en cage lors de la mise au point des index et ceux ingérés au pâturage doivent être du même type (saison, famille, stade de végétation),
- les gammes des digestibilités ayant servi à établir les index et celles des fourrages ingérés au pâturage doivent être identiques (WALLACE),
- des équations différentes doivent être établies lorsqu'il y a plusieurs cycles de végétation (LAMBOURNE), cependant les résultats demeurent corrects si on prend des équations assez générales,
- enfin et ce dernier point est très important pour les pâturages des zones semi-arides, l'utilisation de N fécal aboutit à une surestimation de dMS lorsqu'il y a beaucoup de ligneux dans la ration, car ceux-ci sont riches en MAT, mais cet azote est peu digestible.

La teneur en azote des fèces est donc d'utilisation délicate, mais demeure l'index le plus utilisé. Il a l'avantage par rapport à Li, CB, MG, NDF, ADF etc... d'être indépendant de l'état physiologique des animaux.

La teneur en matière organique des fèces serait aussi un bon indicateur de la digestibilité : Holechek a trouvé en montagne de bonnes liaisons entre dMO et MO des fèces.

HOLLOWAY a établi des équations de prévision de dMS faisant intervenir un grand nombre de résultats d'analyses de fécès : MM, CB, MAT, FNA et même MG et Zn.

Les index fécaux sont d'autant plus intéressants que les variations sont fortes par rapport aux valeurs absolues : pour Ses bovins par exemple N fécal varie peu, en tout cas beaucoup moins que la teneur en azote des prélèvements oesophagiens.

III.3.2. Méthodes des ratios : marqueurs endogènes de digestibilité.

Ces marqueurs sont choisis parce qu'ils sont en principe indigestibles mais bien souvent des contrôles révèlent que le taux de récupération n'atteint pas 100 p 100 ; on applique alors l'équation :

$$\text{dMS prédicta} \longleftarrow X = 1 - \frac{(1 - X)}{\% R} \longrightarrow \text{dMS mesurée}$$

avec $1 - X = \frac{\text{teneur en marqueur de la ration}}{\text{teneur en marqueur des fécès}}$

Cette équation suppose encore que le taux de récupération soit constant.

Le "lignin ratio" est largement utilisé aux U.S.A. malgré les difficultés liées aux méthodes de dosage complexes et variées, et les irrégularités dans l'estimation de la "digestibilité" de la lignine qui peut être élevée pour les fourrages jeunes.

De même, la méthode des chromogènes (PEID) souvent étudiée à l'auge est difficilement applicable aux pâturages car il y a de fortes variations journalières des concentrations en chromogènes des fécès.

L'insoluble chlorydrique (estimateur de la teneur en silice) a parfois été testé mais n'a pas donné de résultats encourageants.

IV - ESTIMATION DES QUANTITES VOLONTAIREMENT INGEREES AU PATURAGE.

Les performances zootechniques sont autant fonction des quantités ingérées que de la valeur nutritive des rations ; il est donc important de savoir estimer les quantités volontairement ingérées, éventuellement de favoriser leur augmentation, pour mettre au point des programmes de complémentation optimum au plan technique et économique, d'autant plus que les aliments concentrés sont chers et peu disponibles.

.../...

Les quanti-tes ingérées sont exprimées en pourcentage du poids vif ou par rapport au poids métabolique (P 0,75- P 0,67 - P 0,72).

Les méthodes agronomiques d'estimation des quantités ingérées sont souvent testées car elles sont faciles à mettre en oeuvre, mais elles sont trop imprécises. Elles consistent à estimer la quantité de fourrage disponible avant et après pâturage. SCHNEIDER a fait une revue de ces techniques. Les principales sources d'erreurs sont, pour les prairies intensives, le piétinement et la croissance pendant la période de pâturage, et pour les pâturages à faible productivité l'hétérogénéité de la végétation.

Les estimations faisant appel aux performances zootechniques ou au comportement alimentaire (comptage de bouchées...) sont également imprécises. Par exemple dans le cas du dromadaire GAUTHIER-PILTEPS a trouvé que le poids de bouchée pouvait varier de 1 à 20 g entre les espèces consommées, et que pour une même plante, il variait de 3 à 16 g en fonction des saisons. Ces techniques seront cependant décrites au chapitre V "Comportement alimentaire". Ces méthodes étant éliminées ont fait appel à des méthodes indirectes utilisant l'équation :

$$MSVI = \frac{\text{excrétion fécale (en MS)}}{1 - d \text{ MS}}$$

Les méthodes d'estimation de la digestibilité ont été décrites au chapitre III. L'excrétion fécale peut être estimée à l'aide de marqueurs, le principe est le même que pour les marqueurs de digestibilité, mais on utilise des marqueurs exogènes (CR_2O_3 ...) distribués en quantité fixe et connue (cf. G. FRIOT et A. NDOYE).

L'utilisation de ces marqueurs est très délicate à cause des problèmes posés par le dosage du chrome, le taux de récupération, les variations journalières et nyctémérales de la concentration en marqueur des fèces.

Finalement, les auteurs de revues bibliographiques conseillent la récolte totale des fèces à l'aide de sacs bien que cette technique soit très coûteuse et risque de modifier le comportement alimentaire et pondéral des animaux.

En fait, sur ce dernier point, les avis sont contradictoires : certains considèrent que la digestibilité, les quantités ingérées et les performances zootechniques sont affectées, alors que d'autres auteurs ont utilisé des sacs

Les quantités ingérées sont exprimées en pourcentage du poids vif ou par rapport au poids métabolique (P 0,75- P 0,67 - P 0,72).

Les méthodes agronomiques d'estimation des quantités ingérées sont souvent testées car elles sont faciles à mettre en oeuvre, mais elles sont trop imprécises. Elles consistent à estimer la quantité de fourrage disponible avant et après pâturage. SCHNEIDER a fait une revue de ces techniques. Les principales sources d'erreurs sont, pour les prairies intensives, le piétinement et la croissance pendant la période de pâturage, et pour les pâturages à faible productivité l'hétérogénéité de la végétation.

Les estimations faisant appel aux performances zootechniques ou au comportement alimentaire (comptage de bouchées...) sont également imprécises, Par exemple dans le cas du dromadaire GAUTHIER-ILTEPS a trouvé que le poids de bouchée pouvait varier de 1 à 20 g entre les espèces consommées, et que pour une même plante, il variait de 3 à 16 g en fonction des saisons. Ces techniques seront cependant décrites au chapitre V "Comportement alimentaire". Ces méthodes étant éliminées ont fait appel à des méthodes indirectes utilisant l'équation :

$$M \text{ s } V \text{ l} = \frac{\text{excrétion fécale (en MS)}}{1 - d \text{ MS}}$$

Les méthodes d'estimation de la digestibilité ont été décrites au chapitre III. L'excrétion fécale peut être estimée à l'aide de marqueurs, le principe est le même que pour les marqueurs de digestibilité, mais on utilise des marqueurs exogènes (Cr_2O_3 ...) distribués en quantité fixe et connue (cf. D. FRIOT et A. NGOYE).

L'utilisation de ces marqueurs est très délicate à cause des problèmes posés par le dosage du chrome, le taux de récupération, les variations journalières et nyctémérales de la concentration en marqueur des fèces.

Finalement, les auteurs de revues bibliographiques conseillent la récolte totale des fèces à l'aide de sacs bien que cette technique soit très coûteuse et risque de modifier le comportement alimentaire et pondéral des animaux.

En fait, sur ce dernier point, les avis sont contradictoires : certains considèrent que la digestibilité, les quantités ingérées et les performances zootechniques sont affectées, alors que d'autres auteurs ont utilisé des sacs

de récolte pendant 50 jours sur bovins, et 150 jours sur moutons sans observer de modifications du comportement.

L'excrétion totale des fécès est donc le paramètre indispensable pour l'estimation des quantités ingérées, par contre la digestibilité de la ration est remplacée dans les équations de certains auteurs par la teneur en azote des fécès.

Les méthodes utilisant N fécal pour l'estimation des quantités ingérées reposent sur le fait que N fécal est surtout d'origine métabolique, et que l'azote fécal endogène est proportionnel aux quantités ingérées ; de plus on a vu plus haut que la concentration en azote des fécès et la digestibilité de la matière organique sont fortement corrélées.

Les index fécaux pour l'estimation des quantités ingérées au pâturage sont issus d'essais où l'on mesure "l'azote total excrété", le rapport des concentrations en azote du régime et des fécès, et la matière sèche totale excrétée.

L'imprécision des équations obtenues montre qu'elles ne sont intéressantes que lorsqu'il y a de fortes variations de MSVI ou de d MO. Des équations du 2^e degré du type :

$$MSVI = a + MSF \times (N \text{ fécal})^2 + c (N \text{ fécal})$$
seraient les plus précises.

Finalement ce type de relation résulte de la combinaison des équations permettant de calculer dMS à partir de N fécal, et de celles donnant MSVI à partir de dMS et excrétion fécale :

$$\left. \begin{array}{l} dMS = f(N \text{ fécal}) \\ MSVI = f(dMS, \text{excrétion fécale}) \end{array} \right\} \leftrightarrow MSVI = f(N \text{ fécal}, \text{excrétion fécale})$$

- En conclusion, les méthodes les plus couramment utilisées font appel à :
- collecte totale ou oxyde de chrome pour l'estimation de l'excrétion de MS fécale,
 - N fécal ou digestibilité in vitro des bols oesophagiens par l'estimation de dMS ration.

L'impression générale est que les valeurs mesurées pour les quantités ingérées varient plus avec les chercheurs et les méthodes qu'avec les fourrages et les milieux (CORDOVA). De même, MOOR et MATT. pensent que les valeurs obtenues ne sont qu'indicatives et que les différences observées n'ont une

Table 2. Ranges in daily voluntary forage intake by grazing animals, expressed in grams per unit of metabolic body weight (MBW).

Reference	Location	Type of animal	Type of pasture	Intake(animal/day) originally expressed	grams/MBW	Basis of measure ^a
Dry matter intake						
Cook & Harris, 1951	Utah	Sheep	Winter desert range	2.2 - 3.4 lb/100 lb	57.1- 88.2	LR/TC
Fels et al., 1959	Australia	Sheep		1.4 lb/100 lb	36.3	
Elliott & Fokkema, 1961	Rhodesia	Afticandercows	Summer veld grassland	1.5 - 1.9 lb/100 lb	38.9- 49.3	LR/TC
Holmes et al., 1961	England	Cattle	Ryegrass-clover pastures	1.8 lb/100 lb	46.7	FN
Pearce & Vercoe, 1961	Australia	Sheep	Mature <i>Lolium rigidum</i>	1.7 lb/100 lb	44.1	FN
Cook et al., 1962	Utah	Sheep	Poor and good desert ranges	2.53-3.21 lb	65.7-83.3	LR
Connore et al., 1963	N. Nevada	Hereford steers	Sagebrush-grass range	8.4-10.4 lb	69.4-85.9	CR/TC
Connore et al., 1963	S. Nevada	Hereford steers	Desert shrub range	5.1 - 9.0 lb	42.1- 74.4	CR/TC
Van Dyne & Meyer, 1964 ^b	California	Sheep	Dry annual summer range	1.7 - 2.2 lb	43.5-58.0	LR/TC
Van Dyne & Meyer, 1964	California	2-yr steers	Dry annual summer range	10.6-13.1 lb	64.0-78.2	LR/TC
Streeter et al., 1968	Nebraska	Hereford steers	Sandhill range (1964)	1.8 - 2.5 lb/100 lb	48.0-64.9	LR/CrO
Streeter et al., 1968	Nebraska	Hereford steers	Sandhill range (1965)	1.4-1.7 lb/100 lb	37.6-44.1	LR/CrO
Smith et al., 1968	S. Nevada	Mature steers	Desert shrub range	5.3-10.2 kg	46.7-89.8	LR/CrO
Hyder et al., 1968	Colorado	Hereford steers	Summer blue grama range	16.5-33.5 lb	135.6-204.2	Water/int
Jefferies & Rice, 1969	Wyoming	Hereford steers	Shortgrass range (1966)	1.7-2.8 kg/100 kg	53.8-88.5	IVDMD/TC
Jefferies & Rice, 1969	Wyoming	Hereford steers	Shortgrass range (1967)	1.9 - 2.4 kg/100 kg	60.1-75.9	IVDMD/TC
Rittenhouse et al., 1970	Nebraska	330-kg heifers	Winter sandhill range	50.0-58.0 g/MBW	50.0-58.0	LR/TC
Handl & Rittenhouse, 1972	Oregon	275-kg steers	Crested wheatgrass pasture	5.4-7.2 kg	80.0-108.1	IVDMD/TC
Scales, 1972	Colorado	Hereford steers	Sandhill range (May to Nov)	2.9-6.1 kg	41.3-86.6	IVDMD/TC
Streeter et al., 1974	Colorado	Mature Hereford cows	Native meadow forage	9.5-11.8 kg	97 -121 ^c	IVCWC/CrO
Lake et al., 1974	Nebraska	Yearling steers	Irrigated pastures	7.97 kg	116.1	IVDMD/TC
Orcasberro, 1974	New Mexico	Sheep	Irrigated alfalfa	1.0 lb/100 lb	26.0	LR/TC
Kartchner, 1975	Oregon	Lactating cows	Crested wheatgrass pasture	8.2-17.9 kg	75 -145 ^c	IVDMD/TC
Organic matter intake						
Arnold et al., 1964	Australia	Sheep	Perennial and annual pastures (diff. stocking rates)	0.62-1.42 kg	39.7-78.3	FN/TC
Arnold & Dudzinski, 1967	Australia	Ewes (diff. physiol. status)	<i>Phalaris</i> and <i>Trifolium</i> pastures	0.87- 1.96 kg	48.5-109.2	VN/CrO
Hills, 1968	New Mexico	Hereford and Sta. Gertrudis cows	Semidesert grassland	7.2-14.5 kg	75.4-151.1	LR/CrO
Scales, 1972	Colorado	Hereford steers	Sandhill range	36.7-75.7 g/MBW	36.7-75.7	IVOMD/TC
Langlands & Bowles, 1974	Australia	Sheep	Native pastures	0.95-1.25 kg	63.3-78.6	IVOMD/CrO
Donnelly et al., 1974	Australia	3-yr sheep (33 kg)	<i>Trifolium</i> pastures	0.65-0.92 kg	49.8-70.5	IVOMD/TC
Oyenuga & Olubajo, 1975	Nigeria	260-kg steers	Tropical-pasture mixtures	4.44-8.18 kg	82.3-95.2	FN/CrO
Digestible organic matter intake						
Langlands, 1968	Australia	Sheep (different ages and breeds)	Improved pastures	0.62-1.11 kg	39.3- 52.4	FN/CrO
Wilson et al., 1971	California	Sheep	Native annual grassland	0.93-1.10 kg	53.2- 62.9 ^c	IVCWC/TC
Wilson et al., 1971	California	Sheep	Improved annual and native grasses	0.74- 1.04 kg	42.3-59.5 ^c	IVCWC/TC
Scales, 1972	Colorado	Hereford steers	Sandhill blue grama range.	23.1-46.2 g/MBW	23.1-46.2	IVOMD/TC
Langlands & Bowles, 1974	Australia	Sheep	Native pastures	0.50-0.70 kg	31.4-46.7	IVOMD/CrO
Young & Newton, 1974	England	Lactating sheep (diff. breeds)	Perennial ryegrass	0.50-2.12 kg	24.3- 94.5	IVOMD/CrO
Oyenuga & Olubajo, 1975	Nigeria	260-kg steers	Tropical-pasture mixtures	2.85-5.54 kg	52.3-64.5	FN/CrO
Arnold, 1975	Australia	Sheep (diff. breeds)	<i>Phalaris</i> and <i>Trifolium</i> pastures	0.60-0.98 kg	34.3-56.1	FN/TC
Bishop et al., 1975	Argentina	2-yr-old wethers	Semi-arid sandhill grassland	6.7-13.2 g/kg w	17.5- 34.7	IVOMD/TC
Moran, 1976	Australia	Brahman cattle	Improved pastures	1.95-5.80 kg	31.2-83.2	FN/CrO
Moran, 1976	Australia	Hereford cattle	Improved pastures	2.40-6.80 kg	42.7-101.7	FN/CrO

^a LR = lignin ratio; TC = total collection; FN = fecal nitrogen; Cr = chromogen ratio; CrO = chronic oxide ratio; IVDMD or IVOMD = in vitro digestibility; CWC = cell wall constituents.

^b Van Dyne and Meyer (1964) also used silica and cellulose microdigestion for estimating intake.

^c Approximated values because no body weights are given.

signification au'à l'intérieur d'un même essai.

La variabilité individuelle des résultats est plus forte pour les quantités ingérées que pour les autres paramètres de l'alimentation. Par exemple pour les moutons, les coefficients de variation des quantités ingérées seraient de l'ordre de 10-15 p 100, et 3 à 4 fois plus élevés que pour les bovins. D'après ORIOLA, LAKE et CLANTON (revue de Cordova) les effectifs nécessaires pour estimer les quantités ingérées pour des moutons à 15, 10 et 5 p 100 près sont respectivement de 7,15 et 51 animaux alors qu'il suffit d'avoir 3 animaux pendant 3 à 5 jours pour estimer correctement la teneur en azote du régime et sa digestibilité.

Les quantités ingérées estimées sont en effet fonction de plusieurs facteurs eux-mêmes objets de variations individuelles :

- composition du régime,
- digestibilité du régime,
- vitesse de transit,
- composition des fèces,
- quantité de fèces émise.

En général, il y a peu de différences individuelles pour la composition et la digestibilité du régime... et pour la composition des fèces, le principal facteur de variations entre les individus est donc la quantité de matière sèche excrétée.

Par exemple, avec 5 taurillons et 7 jours de mesures Van Dyne a estimé la quantité de fèces émises à 10 p 100 près au risque $\alpha = 0,05$ et Scale à 15 p 100 avec 6 animaux et 6 jours.

V - ETUDE DU COMPORTEMENT

Les études de comportement poursuivent deux types d'objectifs :

- soit elles visent à décrire les activités des troupeaux dans un milieu donné, avec une technique pastorale donnée (charge, mode de gardiennage, etc...) pour en déduire les conséquences sur l'évolution du milieu naturel,
- soit elles cherchent à quantifier le comportement alimentaire en tant que méthode indicatrice des quantités ingérées.

.../...

V.1. Activités générales du troupeau.

La méthode d'observation la plus usuelle consiste à dénombrer les animaux par type d'activité (pâturage, déplacement, repos en position debout ou couchée, rumination etc...) par des observations périodiques dont la fréquence varie entre 5 et 15 minutes. Ces comptages relativement aisés dans une vallée de montagne (FAVRE) sont plus difficiles sur des pâturages de plaines ou de plateaux, d'autant plus que la végétation est arborée ; on peut alors faire appel à des moyens plus sophistiqués (Land-Rover, M. SHARMAN - radio émetteur, Mme LECRIVAIN).

Le comportement du groupe à un instant donné est décrit par les "intensités d'activité" (exprimées en pourcentage du troupeau). Lorsqu'il s'agit d'analyser les interactions "animaux-milieu" il est intéressant d'effectuer pour chaque tranche horaire une cartographie de la répartition des animaux ; l'association des deux types d'observation permet de quantifier l'utilisation du terroir.

Des animaux munis d'enregistreurs permettent en plus de calculer la durée de pâture par animal et les distances parcourues. Ces données sont importantes à connaître lorsqu'on veut améliorer le mode d'utilisation du parcours, en particulier le mode de gardiennage.

Dans les études de valeur alimentaire des parcours naturels, la description des activités du troupeau est rarement aussi poussée et de nombreux auteurs se contentent d'indiquer la surface du parcours disponible et les horaires de présence sur le pâturage.

V.2. Quantification du comportement alimentaire en vue d'estimer les quantités ingérées.

Les méthodes décrites au IV pour estimer les quantités ingérées sont toutes d'une application délicate. Quelques auteurs, moins nombreux que pour les méthodes plus classiques, ont cherché à quantifier le comportement alimentaire individuel en vue d'estimer les quantités ingérées.

Le principe de cette approche repose le plus souvent sur l'équation :

$$MSVI = d \times I \times N \times P$$

durée d'ingestion nombre de "prises alimentaires" par unité de temps taille de la prise alimentaire.

La durée d'ingestion est exprimée en minutes par jour ou en p 100 de 24 heures.

Les prises alimentaires sont suivant les auteurs :

... / ...

- les **repas** unitaires définis comme une séquence ininterrompue de consommation d'une espèce,
- les mastications,
- les bouchées qui correspondent au fourrage collecté entre deux **déglutitions**,
- les coups de dents assimilés à la ceuillette accompagnée par un léger mouvement de recul de la tête.

Certains estiment directement N' (nombre de prises alimentaires : par 24 heures $dI \times N' = N'$) à l'aide d'appareils d'enregistrement.

Mme DICKO (en cours de publication) a trouvé des relations étroites entre N (nombre de bouchées par minute) et V (vitesse de déplacement de l'animal) ; la généralisation de telles relations permettrait de s'affranchir du comptage des bouchées.

Si la durée totale d'ingestion est facile à mesurer, il n'en est pas de même des comptages de bouchées et de coups de dents : **CHACON** sur des chaumes d'orge a eu des difficultés à distinguer les mastications "tête basse" au sens large, de celles correspondant à une prise alimentaire. De même en absence d'appareil d'enregistrement, les **déglutitions** ne peuvent être observées que si l'animal est vu de profil. Les bouchées et les mastications peuvent être l'objet d'enregistrements automatiques, par contre les coups de dents doivent être comptés par un observateur proche de l'animal, ce qui est relativement aisé lorsqu'il s'agit de chèvres consommant des ligneux mais devient très difficile lorsque la strate herbacée représente plus de 25 p 100 des quantités ingérées (**BOURBOUZE**).

Le poids unitaire (P) des prises alimentaires est le paramètre le plus difficile à estimer ; sa variabilité est très grande, car il est fonction de l'espèce végétale, de l'organe de la saison etc..., si bien qu'il doit être estimé à chaque fois que les conditions varient et pour chaque espèce ; Bourbouze estime que pour un régime essentiellement herbacé et un pâturage hétérogène, il est très difficile à estimer : en conséquence, ces techniques ont surtout été appliquées aux chèvres sur parcours naturels riches en ligneux, ou aux autres espèces de ruminants sur pâturages homogènes de préférence monospécifiques.

Quatre méthodes principales sont utilisées pour estimer le poids unitaire :

- ceuillette manuelle qui consiste à simuler les prélèvements par l'animal :

.../...

on comptabilise les pincées (1.03 à 200) et on pèse le prélèvement total (NEFF 1974, BECK 1975, GRIEGO 1975) cités par BOURBOUZE qui applique cette méthode aux herbacées.

- mesure en cage des quantités ingérées d'une espèce donnée (pesée du fourrage avant et après le repas) en comptant les coups de dents pendant la période correspondante (CRAWFORD et WHELAN 1973. BOURBOUZE pour les ligneux),
- pesée des échantillons récoltés au travers de fistules oesophagiennes et comptage simultané des bouchées (FREE 1971 et CHACON 1976). Cette méthode suppose que le taux de récupération des prélèvements oesophagiens soit de 100 p 100 (?) ou que l'oesophage soit au préalable obturé en aval de la fistule,
- application de relations entre temps de mastication et quantités consommées (Healy 1957).

Les deux premières méthodes permettent d'estimer les quantités totales ingérées et par espèce, les deux autres sont uniquement quantitatives.

Dans sa conclusion, CHACON estime que pour un pâturage homogène (chaumes d'orge) la mesure du comportement alimentaire permet d'estimer les quantités ingérées avec la même précision que les méthodes agronomiques (coefficient de variation de 10 p 100), mais, comme BOURBOUZE, il met en garde contre les variations du poids de bouchées qui devrait être estimé pour chaque espèce importante du régime et lors de chaque période de mesure,

VI - PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES.

L'objectif final d'une meilleure connaissance de la valeur alimentaire des parcours naturels est l'amélioration de la productivité des troupeaux de l'élevage traditionnel. Face à la complexité des méthodes décrites ci-dessus de nombreux auteurs préfèrent aborder ce problème d'une façon à la fois plus directe et plus pragmatique.

Les protocoles mis en place visent à étudier :

- les niveaux de charge et les rythmes d'exploitation optimum (VALENZA, KLEIN),
- les effets de la supplémentation alimentaire minérale et azotée (comparaison de diverses sources d'azote et de minéraux, recherche du niveau optimum) sur les performances des animaux en période de soudure (CALVET, MAC LENNAN).

Dans la discussion de leurs résultats ces auteurs, en particulier ceux s'intéressant à la charge et au rythme d'exploitation, mettent en évidence les difficultés rencontrées pour généraliser leurs résultats. En effet, les régimes n'étant pas caractérisés qualitativement et quantitativement et le contrôle de la charge étant impraticable (sauf au niveau de la région) en élevage traditionnel (grande étendue des surfaces exploitées, absence de clôture, hétérogénéité de la pression d'exploitation, mobilité des troupeaux), il est très difficile de projeter les résultats obtenus à d'autres conditions que celles de l'expérimentation, d'autant plus que la production primaire varie beaucoup d'une année à l'autre. La mise au point de normes d'exploitation à partir de telles expérimentations exigerait un grand nombre d'essais très coûteux répétés sur plusieurs années.

La production des prairies de zone tempérée ou des cultures fourragères irriguées en zone tropicale est plus régulière (dans le temps et l'espace) et mieux maîtrisée. Il est donc plus facile de définir des règles d'exploitation à partir d'essais de charge ; les résultats sont encore affinés, si, en plus des performances zootechniques, on estime la production fourragère (JEANNIN) et les quantités ingérées (BAKER).

Inversement, les performances zootechniques de races dont les besoins sont connus peuvent servir à l'estimation des quantités ingérées (THERIEZ 1980). M.S. DICKO a rapproché l'estimation des quantités ingérées par les méthodes décrites plus haut, de celles des besoins théoriques en énergie métabolisable calculés à partir des performances zootechniques. Ses résultats ne sont pas encore publiés mais les correspondances semblent être bonnes bien qu'elle n'ait pas tenu compte de la composition du crû, des variations saisonnières de contenus digestifs en particulier, alors que les variations de poids vif sont modestes.

Conclusion : dans les conditions de l'élevage extensif l'analyse des performances zootechniques semble insuffisante pour mettre en évidence les facteurs limitants alimentaires de la productivité du cheptel et mettre au point des systèmes d'alimentation adaptés. Il est par contre indispensable que toute expérimentation destinée à caractériser la valeur alimentaire du régime soit accompagnée de mesures zootechniques.

.../...

CONCLUSION GENERALE.

Les quelques pages qui précèdent ne sont qu'un aperçu des travaux relatés par la bibliographie.

Il reste à exploiter dans le détail l'ensemble des **résultats** exposés dans ces publications pour discuter les inconvénients et avantages de chaque **méthode** et pour critiquer nos **propres résultats**.

B I B L I O G R A P H I E

-:-:-:-

- ALDER F.E. 1974.- The use of cattle with oesophageal fistulae in grassl and experiments. J. Bul. grassld Soc.
- ALLISON C.D., and KOHMAN M.M.. 1979.- Effect of level of stocking pressure on forage in take and diet quality of range cattle. Proc., W. sect., Am. soc. An Sci 30 : 174-178.
- ARNOLD G.W., Mc MANUS and al.-1964.- The use of sheep fitted with oesophageal fistulas to measure diet quality . Aust. J. Exp. Agric. and An. Husb, 4 : 71-79.
- ARNOLD G.W. 1975.- Herbage intake and grazing behaviour in ewes of four breeds at different physiological states. Pust. J.Agric. Rev. 26 : 1017-1024
- BAKER R.D., ALYAREZ F., LE DU Y.L.P.- 1981.The effect of herbage allowance upon the herbage intake and performance of suckler cows and calves Gr, and For. Sci. 36 : 189-199.
- BAKER E.D., 1-E DU Y.L.P., ALYAREZ F. 1981.- The herbage intake and performance of set stocked sukler cows and calves. Gr. and For.Sci. 36 : 201-210.
- BILLE J.C. 1980.- Mesure de la production primaire appetéc des ligneux. Col. Int. four. ligneux Afri. Addis Abeba 8-12 avril 1980.
- BLANCOU J., CALYET M., FRIOT D. et YALENZA J.1977.- Composition des pâturages naturels consommés par les bovins en milieu tropical : note sur une technique d'étude nouvelle. DAKAR-LNERV. 10p.
- BIRREL. 1980.-Comparing estimates of herbage digestibility from faecal nitrogen and in vitro determinations. Anim. Prod. 31 : 57-62.
- BOUDET G. 1978.- Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. IEMVT. Ministère de la Coopération 257 p.

- BOUDET G. , DIEYE K. , VALENZA J. 1983.- Environnement biotique : évolution du couvert herbacé in : Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo."Acc. GRIZA (LAT)". ISRA-GERDAT - ORSTOM - ORANA - OCCGE - pp37-63.
- BOURBDUZE A. 1980.- Utilisation d'un parcours forestier utilisé par des caprins. Fourra-es 82. 121-144.
- BOURBOUZE A. 1981.- Comportement alimentaire en observation directe et quantités consommées. 4^e groupe de travail européen sur le pâturage. INRA.CFZV de Theix- 63110 Beaumont. 14-18 sept. 1981. 9 p.
- BOUTTIER - WINCKLEF B. , BOURBOUZE A. et de SIMIANE . 1982.- Composition botanique et valeur alimentaire de la ration ingérée par des chèvres laitières sur parcours dans la Drome. ITOVIC-INA 31p.
- BREDON R.M. 1971.- Oesophageal fistulation of cattle for pasture utilization studies, post-fistulation care and use of animals and sampling procedures. Agroanimalia 3-141-144.
- BREMAN H. , DIALLO N. , TRAORE G. and DJITEYE M.M. 1978.- The ecology of the annual migrations of cattle in the sahel Proc. 1st Int. Rangeland Cong. : 592-595.
- CALVET M. , FRIOT D. , GUEYE I.S. 1976.- Supplémentations minérales, alimentaires et perte de poids des zébus sahéliens en saison sèche. Rev. Elev. Med. Vet. Pays trop. 29 (1) : 59-66.
- CHACONE. , STOBBS T.-A. and SAMDLAND R.L. 1976.- Estimation of herbage consumption by grazing cattle using measurements of eating behaviour 31 : 81-87
- CHAZAL C. 1977.- Le comportement alimentaire des ovins au pâturage ; un exemple : la guarrique. Mémoire de fin d'Etude. EMSA- Montpellier 81 p.
- CISSE M.I. 1980.- Production fourragère de quelques arbres sahéliens :
- 1) Effets de divers régimes d'effeuillage sur la production foliaire de quelques buissons fourragers de la zone soudano sahélienne. 7 p.
 - 2) Relations entre la biomasse foliaire maximale et divers paramètres physiques.
Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique . Addis Abeba 8-12 avril 1980. 7 p.

- CISSE M.I. 1981.- Variations saisonnières de biomasse foliaire chez quelques ligneux fourragers sahéliens. ILCA n°A2-72 - 26p.
- CORDOVA F.J., WALLACE J.D., PIEPER R.O. 1978.- Forage intake by grazing livestock. J. Rang. Man. 31-6-430-438.
- DAGET P., PGISSONET J. 1971.- Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Ann. Agrom. 21 (1) 5-41.
- DAYTOM B.R. 1978.- Standing crops of dominant *Combretum* sp. at three browsing levels in the kruger national park. Koedoe 21 : 67-75
- DIAGAY ETE M. 1981.- Untersuchung zur Erweiterung der kenntnisse über den Futterwert West efrikanischer Futterpflanzen. lniv. Hohenheim 135 p.
- DICKO M.S. 1980.- Les mesures de la production secondaire des pâturages : un exemple d'application dans l'étude d'un élevage du système extensif au Mali. Colloque International sur les fourrages ligneux en Afrique. Addis Abeba 8-12 avril 1980.
- ENGELS E.L.H. and HUGO J.M. 1967.- An oesophagealfistula plug for sheep. Proc. S. Afr. Soc. Anim. Prod. 244-247.
- FAHEY G.C. and JUNG M.G. 1983.-Lignin as a markér in digestion studies : a review. J. an. Sci. 57 -1 - 220-225.
- FAVRE Y. 1978.- Comportement des bovins et des ovins au alpage -10^e journées grenier de Theix. 63110 Beaumont. 1-3 juin 78. 177-207.
- FOPPE T.M.- Determining animal diets on rangeland. Composition analysis Laboratory. Colorado state university. Fort Collins. Colorado 80523.
- D. FRIOT, PUGLIESE P.L., MBAYE Nd., CALVET H. 1980.- Nutrition des bovins tropicaux dans le cadre des élevages extensifs sahéliens. 5^ePartie. Résultats des premières mesures de consommation et digestibilité effectuées au CRZ de Dakhra. LNERV. 1980. 25 p.
- GAUTHIER - PILTERS M. 1961.- Observations sur l'écologie du dromadaire dans le sahara nord occidental. Mammalia 25 : 195-200.

- GREENHALGH J.F.D., REID G.M., Mc DONALD I. 1966.- The indirect estimation of the digestibility of pasture herbage Iv Regressions of digestibility on faecal nitrogen concentration : effects of different fractions of the herbage upon within and between period regressions. J. Agric. Sci. Camb. 66 : 277-283.
- HANSEN R.M. and GARY C.L.- 1981. Use of microhistology in dietary estimations : a bibliography. Composition analysis laboratory. Colorado state university. Fort Collins 80523 - 19 p.
- HANSEN R.M., FOPPE T.M. and al.- The microhistological analyses of feces as an estimation of herbivore dietary. Même adresse - 6 p.
- HAUSTAD K.M., NASTIS A.S., MALECZEK J.C.- 1983.- The voluntary forage in take of heifers grazing a diminishing supply of crested wheat grass. J. an Sci, 56, 2 : 259-263.
- HIERNAUX P. 1980.- L'inventaire du potentiel fourragers des arbres et arbustes d'une région du sahel malien. Méthodes et premiers résultats. Col. four. ligneux afric. Addis Abeba 8-12 avril 1980. 19 p.
- HODGSON J. and RODRIGUEZ J.M. 1970.- The measurement of herbage intake in grazing studies. Animal Report, Hurley 132-140.
- HODGSON J. 1977.- Factors limiting herbage intake by the graming animal, Int. Meet. Anim. Prod. from temperate grassland. Dublin. Juin 1977, 70-75.
- HOLECHEK J.L., VAVRA M. and PIEPER R.D. 1982.- Methods for determining the nutritive quality of range ruminant diets : a review. J. An. Sci. 54, 2 : 363-376.
- HOLLOWAY J.W., ESTEL R.E. and BUTTS W.T. 1982.- Pelationsheep between fecal components and forage consumption and digestibility J. lin. Sci. 52,4 : 836 -848.
- INRA Theix. Laboratoire de production ovine. 1979.- Les méthodes indirectes d'estimation de la valeur alimentaire de l'herbe pâturée. in Pâturages d'altitude et parcours méditerranéens -. Journées grenier de Theix : 566-569.

- JARRIGE R. 1965.- La composition des fécès de moutons et ses relations avec la digestibilité des fourrages - Fourrages 22.
- JEANNIN B., GARREZ J.P., LOUYOT J., de MONTARD F. et PETIT M. 1978. - Production et utilisation rationnelle des pâturages d'altitude dans les montagnes humides du massif central in "Pâturages d'altitude et parcours méditerranéens" - 10^e journées du grenier de Theix (1-3 juin 1978) 137-157.
- KLEIN M.O. 1981.- Contribution à l'estimation de la production sur pâturage sahélien au Niger. Rev. El. Méd. Vet. Pays trop. 34 (2).
- LAMBOURNE L.J. 1957.- Measurement of feed intake of grazing sheep. II The estimation of faeces output using markers. J. Agric. Sci. 48 : 419-425.
- LANGLANDS J.P. 1965.- Diurnal variations in the diet selected by free grazing sheep. Nature 207 : 666-667.
- LANGLANDS J.P. 1975.- Techniques for estimating nutrient intake and its utilization by the grazing ruminants. Proc. IV Int. Symp. on Rum. Physiol. 320-332.
- LANGLANDS J.P. 1965-1966.- Studies on; the nutritive value of the diet selected by grazing sheep.
- I Differences in composition between herbage consumed and material collected from oesophageal fistulae.
 - II Some sources of error when sampling oesophageally fistulated sheep at pasture.
 - III A comparison of oesophageal fistula and faecal index techniques for the indirect estimation of digestibility. Anim. Prod. 8 : 253-259 , 9 : X7-175 , 9 : 325-331.
- LE DU Y.L.P., and PENNING P.D.P. 1979.- Advance in the indirect techniques to determine herbage intake. European grazing workshop 2-5 april 1979. Lelystad.
- LE DU Y.L.P. and BAKER R.D. 1981.- The digestibility of herbage selected by oesophageally fistulated cows, steer calves and wether sheep when strip-grazing together. Grass and Forage Sci. 36 : 2X'-239.

- LEFORT V. 1980.- Relations animal végétal : le comportement alimentaire des brebis sur guarrique . CEPE-EKSA Montpellier 55 p.
- LE HOUEROU H.N. 1980.- Le rôle des ligneux fourragers dans les zones sahélienne et soudanienne Coll. Int. four. ligneux afric. Addis Abeba 8-12 avril 1980. 50 p.
- LE HOUEROU H.N. 1980.- Composition chimique et valeur nutritive des fourrages ligneux en Afrique tropicale occidentale. Coll. Int. four. ligneux afric. Addis Abeba 8-12 avril 1980. 13 p t tableaux
- LITTLE D.A. and TAKKEN B.U. 1970.- Preparation of oesophageal fistulae in cattle under local anesthesia. Aust. Vet. J. 46 : 335-337.
- Mc CRACKEN J.G. and HANSEN P.M. 1981 : Diets of domestic sheep and other large herbivores in south central Colorado. J. Rang. Manag. 34, 3: 242-243.
- Mc LEOD M.N. 1973.- The digestibility and the nitrogen, phosphorus and ash contents of the leaves of some australian trees and shrubs. Aust. J. Exp. Ag. and an. Husb. 13 : 245-250
- Mc MANUS W.R. 1961.- Properties of roughage feedstuffs collected from oesophageal fistulas. Aust. J. Exp. Ag. and An. Hush. 1 : 159-163.
- Mc MANUS W.R. , ARNOLD G.W. and HAMILTON F.J. 1962.- Improved techniques in oesophageal Fistulation of sheep. Aust. Vet. J. Mai 1962 : 279-281
- Mc LENNAN S.P. , DUNSTER P.J. , O'ROUKE P.K. and MURPHY G.M. 1981.- Comparison of dry season urea supplements containing salt, sulfur or molasses for steers grazing native pasture in the dry tropics of northern queensland. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 21 : 457-463.
- MATHIEU J. 1981.- Comportement alimentaire des ovins sur prairies irriguées: nouvelles techniques d'enregistrement de l'activité alimentaire. ENSA Montpellier. mémoire de fin d'étude 63 p.
- MALECHEK J.C. and PROVENZA F.O. 1981.- Feeding behaviour and nutrition of goats on rangelands. Symp. Int. Tours 12-15 mai 1981 : Nutrition et Systèmes d'alimentation de la chèvre p411-428.

- NEROUT J.P. et TOUTAIN B. 1978.- Etude sur les arbres fourragers dans la zone sahélienne (Oudalou voltaïque) (CTFT-IEMVT) 119p.
- PELLEW R. 1980.- Production et consommation des fourrages ligneux d'Acacia pour la production de protéines. Col. four, ligneux afric. Addis Abeba 8-12 avril 1980.
- PENNING de VRIES F.W.T. and DJITEYE M.A. 1982.- La productivité des pâturages sahéliens : une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. CABO. WAGENINGEN. 525 p.
- PERRIN B., PERRIER X. 1976.- Relations ovins-végétation et influence de la fertilisation sur les parcours du domaine de la Fage. Ense Montpellier 34 p. .
- PLANCHENAULT D., MEYER J.F. 1983.- Environnement anthropique ; le cheptel et ses potentialités ; in : Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo. "Acc- GPIZA (LAT)" - ISRA - GEPDAT - ORSTOM - ORANA - OCCGE pp 138-148.
- PLAYNE M.J. 1978.- Differences between cattle and sheep in their digestion and relative intake of a mature tropical grass hay. Anim. Feed Sci. and Tech. 3, 41-49.
- PLAYNE M.J. 1978.- Estimation of the digestibility of low quality hays by cattle from measurements made with sheep. Anim. Feed Sci and Tech. 3, 51-55.
- POUPON H. 1979.- Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du Sénégal (Thèse Doct. Paris).
- PRIGGE E.C. 1981.- Comparison of ytterbium chloride and chromium sesquioxide as fecal indicators. J. An. Sci. 53,6 : 1629-1633.
- RAYMON W.F. and MINSON D.J. 1955.- The use of chromic oxide for estimating the faecal production of grazing animals. J. Brit. Gras. Soc. 10,4: 282-296.
- RUSOFF L.L. and FOOTE L.E. 19 .- A stainless steel cesophageal fistula for dairy cattle nutrition studies J. of Dairy Scienc, 1549-1550.

- SCHUTTE J.A., WILKE P.I., COMPAAN J.P. 1971.- Surgical procedure for the creation of an oesophageal fistula in a sheep. *Agroanimalia* 1971 : 99-102.
- SCHWAKTZ H.J. , SAID A.N. 1981.- Dietary preferences of goats and nutritive value of forage on semi-arid pastures in northern Kenya. Symp. Int. Tours 12/15 mai 1981 : Nutrition et système d'alimentation de la chèvre p. 515-524.
- SHARMAN M.J. 1982.- Résultats du vol systématique de reconnaissance au Ferlo de juin 1982. Projet pilote d'inventaire et de surveillance continue des écosystèmes pastoraux sahéliens. FAO/PNUE/ISRA. 25 p. t annexes.
- SHEARER D.A. 1963.- Benzene-ethanol extracts of forage and feces as indicators of digestibility. *Agric. and Food chem.* 11, 1 : 33-35.
- STREETER C.L. 1969.- A review of techniques used to estimate the "in vivo" digestibility of grazed forage. *J. An. Sci.* 29, 5 : 757-768.
- THERIEZ M. et BECHET G. 1981.- Estimation de la digestibilité de l'herbe ingérée par les brebis à partir de correlations multiples. 4^e groupe de travail européen sur le pâturage. INRA-CRZV de Theix- 63110 Beaumont 4 p.
- THERIEZ M., BRUN J.P. et MOLENAT G.- Estimation de la quantité d'herbe ingérée au pâturage par les brebis à partir des performances du troupeau. 4^e groupe de travail européen sur le pâturage. INRA-CRZV de Theix 4 p.
- TISSIER M., BECHET G. et MOLENAT G. 1975.- Appareils de collecte totale des fécès pour agneaux en allaitement ou à l'engrais et pour brebis. *Ann. Zoot.* 24,3 : 595-602.
- TOUTAIN S. 1980.- Le rôle des ligneux pour l'élevage dans les régions soudanaises de l'Afrique de l'ouest. Col. Int. four. ligneux Afr. 8-12 avril 1980. 17 p.
- TSIRESY R.V. 1980.- Comportement alimentaire de la brebis sur parcours de garrique. Thèse 3^e cycle Montpellier 56 p.

- TRAORE G. 1978.- Evolution de la disponibilité et de la qualité des fourrages au cours de la transhumance de Diafarabé. Thèse biologie E.N.S. Bamako 87 p.
- VALENZA J. et FAYOLLE F. 1965.- Notes sur les essais de charges de pâturages en république du Sénégal. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop. 18, 3 : 321-327.
- VALENZA J. et DIALLO A.K. 1970. - Etude des pâturages du ranch de Doli. DAKAR , RRVZ/IEMVT : 20 p.
- VALENZA J. et DIALLO A.K. 1972.- Etude des pâturages naturels du Nord du Sénégal. Maisons Alforts. IEMVT, minéogr.. : 311 p, 8 fig., 11 ph., 44 tabl., 1 c. couleur au 1/200.000.
- VAN DYNE G.M. and TORELL D.T. 1964.- Développement and use of the esophageal fistula : a review. J. Range Mgmt. 17, 1 : 7-19.
- VAN DYNE G.M. and MEYER J.H. 1964.- A method for measurement of forage intake of grazing livestock using microdigestion techniques : J. Range Mgmt. 17 , 1 : 204-208.
- VANSOEST P.J. and MERTENS D.E. 1977.- Analytical parameters as guides to forage quality. Proc. Int. grass. IRISH grass. An. Pro. ass. Dublin 1977.
- WALTERS R.J. and E.M. EVANS 1979.- Evaluation of sward sampling technique for estimating herbage intake by grazing sheep. Gr. and For. Sci. 34 : 37-44.
- UANYOIKE M.M. and HOLMES W. 1981.- A comparison of indirect methods of estimating feed intake on pasture. Gr. and For. Sci. 36 : 221-225.
- WILLIAMS C.H., DAVID D.J. and IISMAA O. 1962.- The determination of chromic feed in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry J. agric. Sci. 59 : 381-385.
- WILSON A.O. 1977.- The digestibility and voluntary intake of the leaves of trees and shrubs by sheep and goats Aust. J. Agric. Res. 28 : 501-508.

WILSON A.D. et HARRINGTON G.N. 1980.- Nutritive value of australian browse plants. Col. Int. four. ligneux afric. Addis Abeba 8-12 avril 1980. 15 p.

de WISPELAERE G. 1980.- Les photographies aériennes témoins de la dégradation du couvert ligneux dans un géosystème sahélien sénégalais : Influence de la proximité d'un forage.
Cah. ORSTOM, sér. Sci. hum., 17, 3-4 : 155-166.

YARNS D.A., WHITMORE G.E., NORCROSS M.A. and CRANDALL M.L. 1964.- A technique for esophageal fistulation and maintenance in cattle J.an. Sci. 23, 4 : 1046-1048.