

Nutrition des bovins tropicaux dans le cadre des élevages extensifs sahéliens : mesures de consommation et appréciation de la digestibilité et de la valeur alimentaire des fourrages

1^{re} Partie : Bases théoriques, objectifs, méthodes

par P. L. PUGLIESE, S. DIALLO, H. CALVET (**)

RÉSUMÉ

Les auteurs exposent, dans un premier article introductif, après avoir posé le problème dans le contexte général du Sahel, les grandes lignes (objectifs, bases théoriques, méthodes) d'un programme de recherche visant à déterminer les composantes essentielles de la nutrition des bovins tropicaux dans le cadre des élevages extensifs sahéliens : la consommation de matière sèche, la digestibilité et la valeur alimentaire des fourrages. Il est fait appel aux techniques des marqueurs, externe : sesqui-oxyde de chrome, et interne : lignine, aux équations de VAN SOEST et de LAMBOURNE, ainsi qu'aux techniques de digestibilité, *in vitro* de TILLEY et TERRY, et *in vivo* sur mouton.

INTRODUCTION

Les élevages de type extensif, entretenus sur les pâturages sahéliens, constituent à l'heure actuelle et sans doute pour longtemps encore, la principale source d'approvisionnement en viande des pays Ouest-africains. Composés essentiellement de zébus, exploités par les populations peulhes, les troupeaux tirent leur unique subsistance des ressources fourragères de la savane et sont soumis à la climatologie éprouvante régnant dans ces régions arides. Ainsi, leur production,

faible dans l'absolu, comme cela a été souvent souligné, devient relativement remarquable, replacée dans son contexte que dominant des conditions de milieu très inhospitalières durant une grande partie de l'année. La recherche et les services techniques nationaux apportent depuis longtemps leur appui à ces formes d'élevage en extensif, dans le domaine de la pathologie et plus récemment de la physio-pathologie (vaccination contre les maladies contagieuses, lutte contre les carences minérales, etc...). Parallèlement, les études sur l'alimentation sont déjà nombreuses (enquêtes agrostologiques, cartographie des pâturages, analyses bromatologiques, etc...), mais leur interprétation et les conséquences pratiques que l'on peut en tirer sont limitées par l'absence d'informations précises sur ces deux facteurs essentiels de la nutrition des animaux au pâturage que sont les quantités de fourrage journallement consommées par

(*) L'étude de la nutrition des bovins tropicaux dans le cadre des élevages extensifs sahéliens (consommation et digestibilité) fait l'objet d'un thème de recherche inscrit au IV^e Plan de développement économique et social de la République du Sénégal.

(**) Laboratoire national de l'Élevage et de Recherches vétérinaires B. P. 2057, Dakar-Hann (Sénégal), I. E. M. V. T., Délégation générale à la Recherche Scientifique et Technique.

animal et la digestibilité des produits ingérés. La valeur d'un fourrage, en effet, ne dépend pas seulement de la concentration en ses divers éléments nutritifs (UF et MAD/kg de matière sèche), mais aussi de son « acceptabilité » c'est-à-dire des quantités spontanément consommées par l'animal à qui ce fourrage est offert à volonté (2, 3). C'est pourquoi, à la suite de CRAMPTON (1), les nutritionnistes du bétail — DEMARQUILLY et collab. en particulier en France — ont été amenés à considérer un nouveau paramètre, celui de la « valeur alimentaire » des pâturages, qui est le produit de la consommation par la valeur énergétique du fourrage. Or, concernant ce nouveau critère, celui de la valeur alimentaire, qui paraît être un des mieux adaptés à l'étude de la nutrition de l'animal au pâturage, il n'existe à l'heure actuelle que des informations fragmentaires. En effet, s'agissant des quantités ingérées, les données utilisées couramment proviennent de mesures effectuées en stabulation ou en cage de digestibilité, c'est-à-dire dans des conditions très différentes de celles du pâturage. Pour ce qui est du second paramètre, la valeur énergétique, les résultats obtenus en laboratoire portent encore sur un très petit nombre de fourrages et font abstraction d'un facteur très important : le choix des espèces pâturées par l'animal.

L'objectif premier de ce programme de recherche sera donc de substituer, dans le domaine de la consommation, à l'hypothèse du travail retenue à ce jour suivant laquelle le bovin tropical consommerait uniformément 2,5 kg de matière sèche par 100 kg de poids vif et par jour, une mesure réelle effectuée sur le terrain suivant des méthodes appropriées. Cette hypothèse n'est en effet vérifiée ni en digestibilité classique (digestibilité *in vivo* en cage), ni dans les expériences d'embouche conduites en zone tropicale. Il s'agira également de remplacer les appréciations de la valeur des pâturages résultant de l'inventaire des différentes espèces végétales, des quantités consommées estimées de chacune d'elles, de leur analyse bromatologique et de l'usage des tables d'alimentation, par des mesures effectives de digestibilité des fourrages réellement ingérés au pâturage, à partir desquelles il s'avère relativement facile de parvenir à une bonne appréciation de leur valeur alimentaire.

Comme nous l'avons déjà souligné, les élevages extensifs sahéliens sont étroitement dépendants d'un milieu que domine la climatologie tropi-

cale. Celle-ci, classiquement, est faite de la succession régulière de trois périodes bioclimatiques très marquées : la saison des pluies ou hivernage, la phase fraîche de la saison sèche, suivie de sa phase chaude qui s'étend jusqu'au prochain renouveau. C'est un lieu commun de dire que tout en zone sahélienne est lié à ce déroulement saisonnier : l'aspect de la nature, l'activité des hommes, l'état des troupeaux... La valeur alimentaire des fourrages, telle qu'elle a été définie plus haut (3, 4, 9) n'échappe pas à cette règle. Pour mieux saisir l'importance des fluctuations susceptibles de se produire d'une saison à l'autre dans ce domaine, nous allons envisager rapidement les principaux facteurs de variation de la valeur alimentaire des fourrages en zone tropicale.

PRINCIPAUX FACTEURS DE VARIATION DE LA VALEUR ALIMENTAIRE DES FOURRAGES

Certains de ces facteurs agissent sur le premier terme du paramètre (la consommation ou quantités spontanément ingérées), d'autres plus spécialement sur le deuxième (la valeur énergétique). Quant à la digestibilité, elle a une position tout à fait « centrale » dans ce problème, puisqu'elle conditionne de façon effective aussi bien la consommation que la valeur énergétique de l'aliment consommé.

On sait maintenant que la quantité de fourrage sec consommée spontanément par un ruminant est réglée avant tout par des phénomènes de nature physique au niveau du rumen. L'animal s'arrête de pâturer quand un certain degré de réplétion du rumen est atteint et recommence sa quête de nourriture dès que les aliments, cessant d'encombrer ce réservoir, ont transité dans les portions distales du tube digestif. La consommation est donc liée, en premier lieu, à la rapidité avec laquelle est digéré l'aliment. La nature du fourrage intervient alors : une paille grossière, hautement fibreuse, ayant une proportion importante d'indigestible, de ballast, transitera beaucoup plus lentement qu'un fourrage jeune, peu cellulosique, au contenu cellulaire facilement soluble. Ces deux exemples correspondent l'un à l'aliment habituel de la saison sèche, l'autre à celui qui abonde en saison des pluies. Le premier sera donc consommé en quantité moindre que le second.

Mais à des fourrages d'égale digestibilité

peuvent correspondre des niveaux de consommation très différents comme l'a montré OSBOURN *et al.* (10) à propos de la luzerne, du raygras et du foin de prairie. En effet, si ces fourrages ont le même ballast, la même proportion d'indigestible, leur fraction digestible, par contre, renferme des proportions inégales de « contenu cellulaire » hautement digestible et de « parois cellulaires » plus difficilement attaquées. Les analyses de VAN SOEST et les techniques *in vitro* exposées par la suite rendent compte de ce fait.

Si la nature du fourrage retentit sur la digestibilité, la vitesse de transit et par conséquent sur le niveau de consommation, d'autres facteurs, plus proches de l'animal, en particulier l'activité des micro-organismes qui peuplent son rumen interviennent également. Pour que la flore bactérienne joue son rôle digestif normal, il est nécessaire qu'elle trouve dans les apports alimentaires les éléments indispensables à son développement. Les plus importants sont l'azote et les sels minéraux. Le niveau critique de la teneur en protéines des fourrages serait de 4 à 6 p. 100 de protéines brutes. En dessous de ce seuil, l'activité des micro-organismes serait fortement déprimée et la consommation de tels fourrages nettement diminuée. Or, en saison sèche, les pailles du Sahel se situent souvent en dessous de ce seuil.

La climatologie, en dehors de son effet sur la végétation, intervient également de façon directe sur la physiologie de l'animal. On sait, en particulier, que les hautes températures, celles que l'on rencontre durant la période chaude de la saison sèche, sont susceptibles de déprimer l'appétit, voire même d'agir sur l'efficacité de l'utilisation nutritionnelle des aliments ingérés.

Telles sont les principales causes de variation de la consommation et de la digestibilité des fourrages en milieu sahélien et, partant, de leur valeur alimentaire. On constate que chacune d'elles est susceptible d'intervenir spécifiquement au cours de chaque période annuelle et qu'en définitive, la valeur alimentaire des fourrages, tout autant que l'aptitude de l'animal à les utiliser, dépendent étroitement de la climatologie du moment. Ceci entraîne deux conséquences essentielles :

— la nutrition des animaux élevés sur les pâturages sahéliens ne peut être étudiée de façon efficace qu'à l'intérieur de chacune des trois principales périodes d'un cycle annuel (hivernage

post-hivernage, saison sèche), les facteurs conditionnant la consommation et la valeur des fourrages variant très sensiblement d'une période à l'autre ;

— toute amélioration des conditions nutritionnelles de ces troupeaux nécessite la mesure préalable de deux facteurs essentiels de la valeur nutritive des pâturages (consommation et digestibilité) au cours de chacune des périodes bioclimatiques. En saison sèche, notamment, le mauvais état nutritionnel généralement rencontré peut tenir à deux causes aussi plausibles l'une que l'autre : la pauvreté des pâturages ou l'inaptitude de l'animal à les utiliser efficacement. Les mesures que nous nous proposons d'effectuer pourront déterminer le rôle essentiel de l'un ou l'autre facteur, les remèdes à apporter dans l'un ou l'autre cas étant très différents.

Après ce préambule, et avant d'aborder les méthodes à mettre en œuvre, il convient de formuler de façon précise les objectifs de cette recherche.

OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

Les objectifs essentiels de cette recherche sont :

— la détermination de la quantité journalière moyenne de matière sèche ingérée spontanément par les troupeaux aux différentes périodes de l'année et en fonction des types de pâturages exploités ;

— l'étude de la digestibilité des aliments ingérés aux mêmes périodes et l'établissement de la valeur alimentaire des fourrages ;

— l'expérimentation des remèdes à apporter pour l'amélioration éventuelle de la consommation ou de la digestibilité à chacune des périodes bioclimatiques étudiées.

Cette recherche constitue donc une première tentative de meilleure compréhension du milieu animal en zone sahélienne. On ne peut, en effet, appréhender efficacement l'état nutritionnel des troupeaux à chaque saison et préconiser les mesures visant à l'améliorer, sans avoir des estimations aussi précises que possible sur la consommation des animaux et la digestibilité des ingestats.

BASES THÉORIQUES ET MÉTHODES

La méthode générale que nous proposons a déjà servi à étudier la nutrition des animaux au

pâturage dans plusieurs régions du monde. A la suite des travaux de KANE *et al.* (7), SMITH et REID (14), WILSON (23), qui ont eu, entre autres, le mérite de reposer clairement le problème, et devant l'impossibilité de mesurer directement la consommation des animaux au pâturage, nous envisageons de recourir à des méthodes indirectes utilisant notamment la relation classique qui existe entre la consommation, l'élimination fécale et la digestibilité. La formule de base est alors la suivante :

$$\text{Consommation de matière sèche} = \frac{\text{Elimination fécale (g MS/j)}}{\text{Indigestible (p. 100 MS)}} \quad (F_1)$$

Pour parvenir aux quantités de matières sèches consommées, il faut donc connaître les quantités de matières fécales éliminées journalièrement et la digestibilité des fourrages ingérés.

1. Elimination fécale

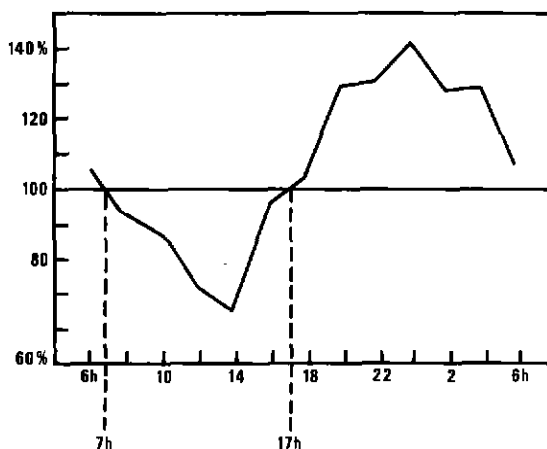
L'élimination fécale des animaux au pâturage pourrait s'établir en utilisant des sacs de récolte de fèces maintenus en permanence sur les animaux par un harnachement spécial. Mais, outre la gêne apportée par ces sacs qui risque de perturber l'animal dans ses déambulations sur le pâturage et par conséquent de fausser les mesures, la méthode a l'inconvénient, appliquée à des lots d'animaux de grand format, lâchés sur pâturage, de nécessiter des manipulations nombreuses et astreignantes. C'est la raison pour laquelle l'attention s'est portée depuis de nombreuses années sur l'utilisation d'un marqueur dit « externe », n'existant que dans les fourrages et susceptible de conduire à une estimation de l'élimination fécale par la formule :

$$\text{Elimination fécale} = \frac{\text{Marqueur administré (g/j)}}{\text{Concentration de marqueur dans un échantillon représentatif des fèces (g/g. MS)}} \quad (F_2)$$

De nombreux marqueurs externes ont été proposés : le sesqui-oxyde de chrome, le sulfate de baryum, certains isotopes radioactifs, certains colorants. Le plus utilisé est le sesqui-oxyde de chrome. Il s'agit d'une substance indigestible se retrouvant intégralement dans les fèces. Le produit est administré journalièrement aux animaux en quantité connue, soit dispersé dans un concentré, soit sous forme de capsules ou de gélules. Au

bout de 7 à 8 jours d'administration, la concentration des fèces en oxyde de chrome se stabilise et on doit retrouver dans les fèces émises les quantités de marqueur administrées. Dès que ces conditions sont requises, l'élimination fécale journalière peut se calculer en appliquant la formule précédente.

Cependant, une difficulté majeure rencontrée dans l'application de cette technique réside dans le fait que l'excrétion fécale du sesqui-oxyde n'est pas constante dans le temps. La concentration en sesqui-oxyde dans les fèces varie même sensiblement selon l'heure d'émission des fèces et présente des pics plus ou moins accusés. Rapportée à la concentration en sesqui-oxyde dans la totalité des fèces émises par période de 24 h, considérée comme base 100, HARDISON et REID (6) ont montré que la concentration en sesqui-oxyde des fèces pouvait varier entre 50 et 180 p. 100 chez des taureaux au pâturage selon l'heure des prélèvements. Une étude semblable sur femelles (14) donnait des variations comprises entre 60 et 140 p. 100. Les auteurs représentaient les variations de l'élimination horaire du chrome par le graphique suivant :



— en abscisses, les horaires des prélèvements rectaux de matières fécales, en ordonnées la concentration en chrome dans ces mêmes prélèvements exprimée en pourcentage du chrome contenu dans la récolte totale de fèces émises sur la période considérée (24 h) ;

— On constate à la lecture de ce graphique que 2 horaires, celui de 7 h et celui de 17 h, sont représentatifs de la concentration en oxyde dans la totalité des fèces.

Il conviendra donc, dans un premier temps, d'établir pour le zébu tropical au pâturage la courbe horaire d'élimination du chrome et de déterminer le ou les horaires correspondant à des échantillons de fèces dont la teneur en chrome est représentative de celle rencontrée dans la totalité des fèces. Un tel travail a déjà été réalisé au Laboratoire de Dakar sur des animaux maintenus en cage de digestibilité. Il conviendra de vérifier que les horaires favorables déterminés dans ces conditions sont éventuellement transposables à des bovins au pâturage.

2. Indigestible

La détermination de la fraction indigestible — ou digestible — constitue en soi un apport intéressant. Elle permet, de plus, par l'application de la formule de base citée plus haut (F_1) de remonter d'une part à la consommation de matière sèche et de déduire d'autre part la valeur énergétique de l'aliment par la formule Breirem :

$$UF/kg MS = \frac{2,36 MOD - 1,20 MOND}{1\ 650} \quad (F_3)$$

avec MOD = Matière organique digestible
MOND = Matière organique non digestible.

La digestibilité est donc un paramètre fondamental à connaître et permet en dernier ressort de remonter à la valeur alimentaire des fourrages.

Plusieurs méthodes visant à déterminer la digestibilité des fourrages peuvent être mises en œuvre. Une revue très complète des méthodes d'appréciation de la digestibilité des fourrages a d'ailleurs été faite à l'Université de Davis (Californie) par WILSON et collab. (23). Parmi les différentes méthodes citées dans la bibliographie, on a retenu les méthodes qui suivent et qui répondent le mieux aux conditions de la recherche.

— La méthode des rapports (*lignin ratio*)

Elle fait appel à une substance indigestible existant normalement dans les fourrages se retrouvant donc intégralement dans les fèces. Il s'agit d'un marqueur dit « interne ». La plupart des études que rapporte la bibliographie utilisent la lignine. Ce marqueur répond aux impératifs précités (7, 20, 5). Nous l'avons retenu pour la suite des recherches. Le dosage de la lignine dans le fourrage ingéré et dans les fèces permet de déduire les coefficients de digestibilité, en parti-

culier ceux de la matière sèche et de la matière organique, à l'aide des formules suivantes (5, 13) :

$$\begin{aligned} \text{digestibilité de la matière sèche} &= \\ &= 100 - 100 \frac{\text{p. 100 de lignine dans fourrage}}{\text{p. 100 de lignine dans les fèces}} ; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{digestibilité d'un composant spécifique n} &= \\ &= 100 - 100 \frac{x}{y} \cdot \frac{\text{n fèces}}{\text{n fourrage}} ; \quad (F_4) \end{aligned}$$

avec

x : pourcentage de lignine dans le fourrage,
y : pourcentage de lignine dans les fèces,
n : pourcentage d'un composant de l'analyse bromatologique (matière organique, matière azotée totale, cellulose, etc...), soit dans le fourrage, soit dans les fèces.

Les méthodes retenues pour le dosage de la lignine sont les méthodes de VAN SOEST qui font intervenir dans un premier temps l'action d'un détergent, le C. T. A. B., (Cetyl-Triméthyl-Ammonium Bromide), suivie soit d'une attaque à l'acide sulfurique à 72 p. 100 (VAN SOEST (16, 17), *Acid detergent fiber method*), soit d'une attaque au permanganate de potassium (22) suivant la qualité du matériel à analyser. La lignine correspond au résidu final de l'attaque dans le premier cas et à une fraction dissoute dans le deuxième cas.

— L'équation sommative de VAN SOEST (20, 18, 23).

On doit à VAN SOEST l'introduction assez récente d'un concept original en matière d'analyse des fourrages et d'estimation de leur digestibilité. Cet auteur distingue dans la matière sèche des fourrages deux fractions (19, 20, 18) :

— la « fibre » correspondant aux parois cellulaires du végétal, composée essentiellement de cellulose, d'hémicellulose et de lignine, insoluble dans un complexe détergent neutre. Le résidu de l'attaque du végétal par le détergent représente cette fraction cellulaire et aboutit à la « fibre-neutre-détergente » (N. D. F. : *neutral-detergent-fiber*) ;

— le « contenu cellulaire », composé de substances solubles dans le réactif détergent : carbohydrates, lipides, protéines, etc... (21).

L'intérêt d'une telle distinction au plan nutritionnel est que la « fibre » représente une fraction peu digestible tandis que le « contenu cellulaire » est, lui, hautement digestible (98 p. 100 selon

l'auteur). La sommation des digestibilités partielles de ces 2 fractions conduit à une estimation de la digestibilité apparente de la matière organique du fourrage, une fois retranchée la part revenant à l'excrétion endogène et bactérienne. C'est sur ces bases que VAN SOEST a proposé l'équation dite sommative qui porte son nom (20, 23) :

$$D.MO = 0,98 S + W(1,473 - 0,789 \log L) - 12,9 \quad (F_5)$$

dans laquelle :

- D.MO représente la digestibilité de la matière organique du fourrage exprimée en pourcentage ;
- S, la fraction soluble dans le complexe détergent neutre en pourcentage (contenu cellulaire) ;
- W, (ou N. D. F.), la fraction insoluble dans le même réactif (parois cellulaires) ;
- L, l'*acid-detergent-lignin* (ADL) exprimée en pourcentage de l'*acid-detergent-fiber* (17) ;
- 12,9 est un facteur de correction qui tient compte de l'excrétion endogène et bactérienne.

Au plan pratique, la méthode présente l'avantage de faire abstraction de l'animal puisqu'elle permet de déterminer la digestibilité en travaillant uniquement sur le fourrage. Des résultats très concordants ont été obtenus avec d'autres méthodes, la digestibilité *in vivo* en particulier qui reste la méthode de référence.

— La digestibilité *in vitro* en 2 temps de TILLEY et TERRY (15)

La méthode présente également l'avantage de ne travailler que sur le fourrage. Elle consiste en une digestion en 2 étapes du fourrage. Dans un premier temps, la prise d'essai de fourrage sec et broyé est soumise à une digestion anaérobie en présence de jus de rumen et de « salive artificielle » qui tamponne le milieu. Les tubes de fermentation sont maintenus à l'obscurité, à une température constante de 38° et au pH de 6,8. Le résidu obtenu est soumis dans un deuxième temps à une digestion par la pepsine en milieu acide et pour une nouvelle période de 48 h. La matière sèche et la matière organique digérées dans les tubes expérimentaux par rapport à des tubes témoins permettent de déter-

miner les pourcentages de matière sèche et de matière organique digestibles.

— L'équation de LAMBOURNE et REARDON (8). Index fécal azoté

Les auteurs ont établi, à la suite d'une étude portant sur un grand nombre de fourrages, une relation statistique qui aurait valeur générale :

$$Y.MO = 2,04 - 0,24 X_n + 0,186 X_n^2 ; \quad (F_6)$$

X_n , représente le pourcentage d'azote contenu dans la matière organique des fèces,

$Y.MO$, l'index fécal azoté. On passe de l'index fécal azoté à la digestibilité de la matière organique par la relation :

$$D.MO = \frac{Y.MO - 1}{Y.MO} \times 100. \quad (F_7)$$

Telles sont donc les 4 méthodes retenues ici pour apprécier la digestibilité des fourrages exploités au pâturage. L'application de la plupart de ces méthodes suppose que l'on connaisse le fourrage réellement ingéré par l'animal qui, en raison de l'étendue du choix (*selective grazing*) que celui-ci est susceptible de faire, est souvent très différent dans sa composition d'un échantillon de fourrage obtenu à la main en fauchant une petite parcelle de pâturage par exemple. Nous nous proposons de tourner la difficulté en faisant récolter par l'animal lui-même l'échantillon de fourrage qui sera soumis ensuite à l'analyse. L'animal, équipé d'une large fistule du rumen, sera lâché sur le pâturage après vidange complète de ce réservoir. Il suffira ensuite de prélever un échantillon du fourrage réellement ingéré.

Les différentes méthodes envisagées, si elles donnent dans l'ensemble des résultats concordants, semblent être plus ou moins adéquates suivant la nature du fourrage auquel on s'adresse et l'époque de l'année (fourrages plus ou moins secs, plus ou moins lignifiés) (23). L'appropriation de chaque méthode aux types de fourrages rencontrés à chacune des périodes de l'année ne peut résulter que d'une longue étude comparative mettant en œuvre simultanément, sur les mêmes échantillons, ces différentes méthodes et comparant les résultats obtenus pour chacune d'elles sur des types variés de fourrages à ceux donnés par ce qui constitue pour nous la méthode de référence, la digestibilité *in vivo* sur mouton. Une telle étude est poursuivie au Laboratoire national de l'Élevage et de Recherches vétérinaires de Dakar depuis plus d'un an et déjà une quarantaine d'aliments ont été testés. Un des

prochains articles concernant ce sujet aura précisément pour objet de présenter les résultats obtenus et de spécifier la ou les méthodes d'appréciation de la digestibilité qui paraissent les mieux adaptées à l'étude des pâturages à chacune des périodes de l'année. Nous aurons ainsi en notre possession l'un des moyens indispensables pour passer à l'étude sur le terrain et déterminer pour les grands types de pâturages

rencontrés au Sénégal et en fonction du cycle climatique annuel la consommation spontanée et la valeur alimentaire des fourrages. La meilleure compréhension du comportement des troupeaux sahéliens passe par là. Outre l'intérêt théorique d'une telle recherche, celle-ci doit conduire à la mise en œuvre des mesures destinées à améliorer la nutrition des élevages extensifs du Sahel.

SUMMARY

Tropical cattle nutrition under grazing range conditions in the Sahel : measurement of the dry matter intake and estimation of digestibility and feeding value of forages. I. Theoric basis, purposes and methods

In this first introductive paper, main lines (purposes, theoretic basis and methods) of a general research program are exposed. This program aims to the determination of the most important components of bovine nutrition under grazing range conditions in Sahelian areas : the dry-matter intake, the digestibility and the feeding value of forages. So, techniques of indicators-external : chromium sesqui-oxide, and internal : lignin, VAN SOEST and LAMBOURNE equations, as digestibility techniques — *in vitro* of TILLEY and TERRY and *in vivo* with sheep — are proposed for use.

RESUMEN

Nutrición de los bovinos tropicales en ganaderías extensivas sahelianas : medidas de consumo y valoración de la digestibilidad y del valor alimenticio de los forrajes. I. Bases técnicas, objetivos, métodos

Los autores exponen la situación general en Sahel e indican el esencial de un programa de investigaciones para determinar los elementos de la nutrición de bovinos tropicales en las ganaderías extensivas sahelianas : consumo de materia seca, digestibilidad y valor alimenticio de los forrajes.

Se utilizan las técnicas de los marcadores, externa : sesqui-óxido de cromo, e interna : lignina ; las ecuaciones de VAN SOEST y de LAMBOURNE así como las técnicas de digestibilidad, *in vitro* de TILLEY y TERRY, e *in vivo* sobre oveja.

BIBLIOGRAPHIE

1. CRAMPTON (E. W.), DONEFER (E.), et LLOYD (L. E.). A nutritive value index for forages. *J. anim. Sci.*, 1960, **19** : 538-544 et 545-552.
2. DEMARQUILLY (C.). Valeur alimentaire de l'herbe des prairies temporaires aux stades d'exploitation pour le pâturage. II. Quantité ingérée par les vaches laitières. *Annls Zootech.*, 1966, **15** (2) : 147-169.
3. DEMARQUILLY (C.). Valeur alimentaire de la luzerne. *Fourrages*, 1966, **26** : 12-33.
4. DEMARQUILLY (C.) et WEISS (Ph.). Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages. S. E. I., Ministère de l'Agriculture, Institut National de la Recherche Agronomique, 1970. Etude n° 42.
5. ELLIS (G. H.), MATRONE (G.) et MAYNARD (L. A.). A 72 percent H₂SO₄ method for the determination of lignin and its use in animal nutrition studies. *J. anim. Sci.*, 1946, **5** : 285.
6. HARDISON (W. A.) et REID (J. T.). Use of indicators in the measurement of the dry matter intake of grazing animals. *J. Nutr.*, 1953, **51** : 35.
7. KANE (E. A.), JACOBSON (W. C.), ELY (R. E.) et MOORE (L. A.). The estimation of the dry matter consumption of grazing animals by ratio techniques. *J. dairy Sci.*, 1953, **36** : 637.
8. LAMBOURNE (L. J.) et REARDON (T. F.). The use of chromic oxide and faecal nitrogen concentration to estimate the pasture intake of Merino wethers. *Aust. J. agric. Res.*, 1963, **14** : 257.
9. LOCHER (E.). Estimation de la valeur alimentaire des fourrages grossiers à partir de moutons en cages à métabolisme. *Rev. Suisse agric.*, 1972, **4** (1) : 24-29.
10. OSBOURN (D. F.), THOMSON (D. J.) et TERRY (R. A.) Proc 10th Int. Grassland Congr., Helsinki, 1966. Pp. 363-366.
11. OSBOURN (D. F.). Brit. Grassland Soc. Occ. Symp., 1967, **3** : 20-28.
12. RAYMOND (W. F.). The nutritive value of forage crops. *Adv. Agron.*, 1969, **21** : 1-97.
13. REID (J. T.), WOOLFOLK (P. G.), RICHARDS (C. R.), KAUFMANN (R. W.),

- LOOSLI (J. K.), TURK (K. L.), MILLER (J. I.) et BLASER (R. E.). A new indicator method for the determination of digestibility and consumption of forages by ruminants. *J. dairy Sci.*, 1950, **33** : 60-71.
14. SMITH (A. M.) et REID (J. T.). Use of chromic oxide as an indicator of fecal output for the purpose of determining the intake of pasture herbage by grazing cows. Ithaca, N. Y. Department of Animal Husbandry, Cornell University, 1954.
 15. TILLEY (J. M. A.) et TERRY (R. A.). A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.*, 1963, **18** : 104.
 16. VAN SOEST (P. J.). Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. *J. A. O. A. C.*, 1963, **46**, 5 : 825.
 17. VAN SOEST (P. J.). Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. A. O. A. C.*, 1963, **46**, 5 : 829.
 18. VAN SOEST (P. J.) et MOORE (L. A.). New chemical methods for analysis of forages for the purpose of predicting nutritive value. *Proc. 9th Int. Grassland Congr., São Paulo, Brazil.*, 1965, paper 424.
 19. VAN SOEST (P. J.). Non nutritive residues : a system of analysis for the replacement of crude fiber. *J. A. O. A. C.*, 1966, **49**, 3 : 546.
 20. VAN SOEST (P. J.). Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. *J. anim. Sci.*, 1967, **26** : 119-128.
 21. VAN SOEST (P. J.) et WINE (R. H.). Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. A. O. A. C.*, 1967, **50** : 50.
 22. VAN SOEST (P. J.) et WINE (R. H.). Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. *J. A. O. A. C.*, 1968, **51** (4) : 780.
 23. WILSON (A. D.), WEIR (W. C.) et TORELL (D. T.). Comparison of methods of estimating the digestibility of range forage and browse. *J. anim. Sci.*, 1971, **32** (5) : 1046.