ZV... 21/11

OK 1976?
1977?

NUTRITION DES BOVINS TROPICAUX DANS LE CADRE DES
ELEVES EXTENSIFS SAHELIENS : MESURES DE CONSOM-
MATION ET APPRECIATION DE LA DIGESTIBILITE ET DE
LA VALEUR ALIMENTAIRE DES FOURRAGES (*)

IV - NOTE CONCERNANT LA COMPARAISON DE CINQ
METHODES D'APPRECIATION DE LA
DIGESTIBILITE DES ALIMENTS DU BETAIL
(FOURRAGES VERTS)

par P.L. PUGLIESE, D. FRIOT, H. CALVET (**)

I - INTRODUCTION

La présente note constitue la quatrième partie d'une série d'articles déjà publiés sous le titre général : "Nutrition des bovins tropicaux dans le cadre des élevages extensifs sahéliens". (1,2,3). Ceux-ci ont permis de définir les objectifs poursuivis, d'exposer les méthodes utilisées, de souligner les difficultés rencontrées et de donner dans le contexte de cette recherche un certain nombre de résultats préliminaires.

L'un des problèmes initiaux à résoudre, entre autres, résidait dans le choix d'une méthode d'appréciation de la digestibilité des fourrages qui soit applicable sur le terrain et capable de donner des résultats satisfaisants par rapport à la méthode de référence : la digestibilité in vivo sur mouton. Or, dans les conditions tropicales, l'alimentation des animaux au pâturage repose sur deux catégories de fourrages très sensiblement différentes : les fourrages verts de la saison des pluies et les fourrages secs consommés durant la saison sèche. La méthode de digestibilité à adopter sur le terrain devait donc tenir compte de cette distinction. Un précédent travail (3) a eu pour objectif de tester par rapport à la méthode de référence quatre méthodes indirectes appliquées aux fourrages secs. Le présent travail procède du même esprit, avec les mêmes méthodes, appliquées cette fois à des fourrages verts.

(*) L'étude de la nutrition des bovins tropicaux dans le cadre des élevages extensifs sahéliens 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, (République du Sénégal).

II - MATERIEL ET METHODES

II/1 - Fourrages testés

Les fourrages testés dans le cadre de cette étude représentent un matériel végétal qui a été suivi au cours de **trois années consécutives d'exploitation**, en saison sèche et en saison des pluies, au plan de la **brumatologie**, de la **digestibilité** et de la valeur **alimentaire** (4 et présente note). Il **s'agit d'un Panicum Maximum (56 - 01 - Dakar)** et d'un **Pennisetum purpureum variété Kizozi** qui ont été exploités à **divers stades de végétation** entre 25 et 90 jours. Si on peut **regretter** que la **comparaison des méthodes** qui nous intéresse ici n'ait **pu** porter sur un plus grand **nombre** d'espèces **fourragères**, chaque espèce a cependant été étudiée à deux époques **très différentes** de l'année, en digestibilité **in vivo** et **par** quatre **méthodes** indirectes et ceci depuis un stade de végétation très jeune jusqu'à un stade **très avancé**. C'est donc en définitive à un **matériel végétal assez diversifié**, depuis des repousses **très tendres**, **jusqu'à des cannes relativement ligneuses**, qu'on a eu affaire. Au total, c'est **par rapport** à 43 **expérimentations de digestibilité in vivo** que les **comparaisons** ont été **effectuées**.

II/2 - Méthodes indirectes retenues

Parmi les différentes **méthodes** indirectes **d'appréciation** de la digestibilité ont été retenues ici :

- la **méthode des rapports (Lignin ratio)** qui utilise la lignine **comme marqueur** interne des **fourrages**, celle-ci étant dosée soit **par l'acide sulfurique 72 %**, soit **par le permanganate de potassium** ;
- la **méthode** mettant en jeu l'équation **sommative** dite de Van Soest ;
- la **digestibilité in vitro** en deux temps de **Tilley et Terry** ;
- la **méthode de l'index fécal azoté (Lambourne et Reardon)**.

Ces différentes **méthodes** ont été détaillées dans l'article **concernant** les fourrages secs (3). Seule la **méthode in vitro** a fait l'objet de quelques **adaptations**, compte tenu des observations que nous avons faites sur **fourrages secs**. Ces **adaptations sont** les suivantes :

- a) L'échantillon, passé au tamis de 0,5 mm, est analysé brut et non séché à 100 % comme auparavant, la matière sèche étant déterminée à part.
- b) Au lieu de déterminer la digestibilité d'un échantillon en une seule série de 56 tubes, nous testons 5 à 7 échantillons à la fois sur une dizaine de tubes par échantillon et répétons les séries de 3 à 5 fois consécutivement. Ceci permet de déceler d'éventuelles, quoique rares, variations d'une série à une autre ; on peut ainsi éliminer une série aberrante.
- c) Les mutons donneurs de jus de rumen ont été remplacés par des bovins nourris avec une alimentation constante à heure fixe et soumis à prélèvement également à heure fixe.
- d) La salive artificielle de Mac Dougall est toujours utilisée mais le chlorure de calcium est ajouté au moment de l'emploi ; le pH est ajusté à 6,9-7,0 après barbotage de gaz carbonique à 37°C.
- e) Enfin, la première digestion de 48 heures avec le mélange salive-jus de rumen est arrêtée avec de la glace à la place du chlorure mercurique précédemment utilisé.

Ainsi modifiée, la méthode de Tilley et Terry nous a donné des résultats reproductibles.

II/3 - Critères statistiques d'appréciation de la validité des méthodes

Les critères statistiques d'appréciation de la validité des diverses méthodes indirectes retenues par rapport à la méthode de référence ont été d'une part le résultat d'une analyse de variance par blocs casualisés qui permet de porter un jugement sur la comparabilité des groupes testés, d'autre part le résultat du test de corrélation qui permet de situer le degré de liaison existant éventuellement entre les méthodes. La discussion qui suit et qui porte sur les résultats présentés ci-dessous prend en compte méthode par méthode ces deux critères.

.../...

III - RESULTATS D'ENSEMBLE OBTENUS AVEC LES QUATRE METHODES INDIRECTES RETENUES ET LA METHODE DE REFERENCE

Ces résultats figurent aux tableaux généraux n°I et II qui regroupent, par fourrage et pour chacun des stades de végétation étudiés, en saison sèche et en saison des pluies, les cinq types de données obtenues.

D'une façon générale, les coefficients d'utilisation digestive rapportés ici intéressent l'ingéré réel. Ils sont donc le résultat de corrections tenant compte de la proportion, de la composition et éventuellement des coefficients de digestibilité des refus.

Tableau n°I - Panicum Maximum - Coefficients de digestibilité (p.100). Résultats d'ensemble obtenus avec les quatre méthodes indirectes retenues et la méthode de référence.

I - a) - Saison des pluies

Nombre de jours de végétation du fourrage	Nombre de digestibilités in vivo*	Nombre d'animaux traités en digestibilité in vivo *	Digestibilité in vivo		Rapport lignine		Van Soest	Digestibilité in vitro		Lambourne
					H ₂ SO ₄	KMnO ₄		dMS	dMO	
			dMS	dMO	dMS	dMS	dMO	dMS	dMO	dMO
25	1	4	55,3 ± 3,4	57,5 ± 3,0	67,8	41,9	66,5	57,6	54,1	59,4
35	3	18	60,5 ± 1,7	61,6 ± 1,5	37,4	26,7	52,6	53,0	51,1	54,7
45	3	18	62,8 ± 2,4	64,8 ± 2,4	36,3	33,0	53,3	49,4	46,8	53,9
55	3	14	58,5 ± 2,9	58,8 ± 2,6	45,7	18,2	56,1	42,6	37,4	54,5
65	2	10	53,6 ± 2,7	57,3 ± 2,3	29,9	19,8	52,1	37,6	33,6	52,5

I - b) - Saison sèche

Nombre de jours de végétation du fourrage	Nombre de digestibilités in vivo *	Nombre d'animaux traités en digestibilité in vivo *	Digestibilité in vivo		Rapport lignine		Van Soest	Digestibilité in vitro		Lambourne
					H ₂ SO ₄	KMnO ₄		dMS	dMO	
			dMS	dMO	dMS	dMS	dMO	dMS	dMO	dMO
30	1	6	68,8 ± 4,8	73,1 ± 4,2	50,5	15,7	70,3	-	-	61,1
40	4	17	65,0 ± 2,0	69,3 ± 1,8	52,9	21,8	60,0	59,0	57,7	55,2
50	3	13	58,6 ± 2,4	63,3 ± 2,8	33,8	27,8	59,6	56,0	54,6	56,5
60	3	14	58,8 ± 3,8	63,9 ± 3,5	31,8	14,8	61,5	52,6	49,8	55,3
75	2	8	55,7 ± 4,4	58,3 ± 4,6	35,5	25,1	61,4	51,7	49,3	52,4

* Chaque expérimentation de digestibilité in vivo correspond en général au traitement de 4 à 6 animaux.

IV - ANALYSE DES RESULTATS ET DISCUSSION

IV/1 - Méthode des rapports

L'analyse de variance appliquée à la comparaison des coefficients de digestibilité par la méthode in vivo et par la méthode lignine H_2SO_4 met en évidence une différence hautement significative entre les deux méthodes ($F_{20}^1 = 32,161$). Dans l'absolu la méthode lignine H_2SO_4 n'est donc pas applicable telle quelle à la détermination des coefficients de digestibilité des fourrages verts. Il existe cependant une liaison significative à 5 % entre les deux méthodes. Sur 22 couples de valeurs le coefficient de corrélation obtenu, r , est égal à 0,45 et les paramètres de la droite de régression de x sur y ($x =$ coefficient de digestibilité par la méthode lignine H_2SO_4 / $y =$ coefficient de digestibilité par la méthode de référence) ressortent à $a = 0,18$ et $b = 53,76$.

Concernant la comparaison Vivo/Lignine $KMnO_4$, les résultats sur 22 couples de données sont les suivants : $F_{20}^1 = 137,02$; $r = 0,23$. Il y a une différence hautement significative entre les résultats fournis par les deux méthodes et la liaison est non significative. La méthode au permanganate est donc a priori à écarter. Seule la méthode à l'acide sulfurique, par l'application de l'équation de régression dont les paramètres ont été donnés plus haut, peut fournir un élément d'appréciation, encore que d'autres méthodes, on le verra plus loin, apparaissent plus satisfaisantes.

IV/2 - Equation sommative de Van Soest

Le traitement statistique sur 22 couples de données conduit aux conclusions suivantes : différence significative à 1 % par rapport à la méthode in vivo ($F_{20}^1 = 8,471$; liaison non significative entre les deux méthodes ($r = 0,36$). Là aussi, il semble que l'on puisse difficilement retenir la méthode pour l'appréciation des coefficients de digestibilité des fourrages verts.

.../...

IV/3 - Digestibilité in vitro en deux temps de Tilley et Terry

L'application de l'analyse de **variance** aux résultats obtenus en digestibilité in **vitro** par rapport à ceux obtenus in **vivo** fait **ressortir** tant pour la **comparaison** des coefficients de digestibilité de la **matière sèche** que pour celle des coefficients de digestibilité de la **matière organique**, des **différences hautement significatives entre** les deux méthodes. Les valeurs de F obtenues sont respectivement : F_{15}^1 (M.S.) = 25,32 et F_{15}^1 (M.O.) = 67,147. Par contre, la **liaison** entre les deux **méthodes** in vivo et in **vitro** est dans les **deux** cas significative à 1 % (respectivement : $r = 0,63$ et $r = 0,681$). Si donc dans l'absolu les **méthodes** conduisent à des **résultats** différents, ceux-ci sont liés entre eux et de façon **significative**. Les courbes de régression linéaire et parabolique obtenues sur les données traitées sont les suivantes (x = coefficient de digestibilité in **vitro**/ y = coefficient de digestibilité in **vivo**) :

$$\begin{array}{l} \text{dMS} \quad Y = 0,40 x + 39,21 \\ \quad \quad Y = 0,0068 x^2 - 0,29 x + 56,53 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{dMO} \quad Y = 0,38 x + 43,65 \\ \quad \quad Y = 0,0083 x^2 - 0,42 x + 62,64, \end{array}$$

les **courbes** de régression **parabolique** cernant de plus **près** la **réalité**. Il semble donc en **première** approche que la technique in **vitro** telle qu'elle a été **décrite** plus haut **puisse** constituer par l'**application** des relations précédentes un **moyen** indirect d'**appréciation** de la digestibilité des **fourrages** verts,

IV/4 - Equation de Lambourne et Reardon

Les calculs statistiques sur 22 couples de données **obtenues** font **apparaître** une **différence hautement significative** entre les résultats fournis par la **méthode** in **vivo** et ceux issus de l'**équation** de Lambourne ($F_{20}^1 = 104,231$). Cependant, la **liaison** entre les deux **méthodes** est significative à mieux que 1°/00 ($r = 0,69$). Il semble donc exister avec les données traitées une **corrélation étroite** entre les

.../...

deux méthodes, les équations de régression obtenues étant les suivantes (x = coefficient de digestibilité Lambourne/y = coefficient de digestibilité par la méthode de référence) :

$$y = 0,86 x + 15,76$$

$$y = -0,0323 x^2 + 4,72 x - 98,63$$

Au **total**, cette dernière équation, qui cerne davantage la ^{peut} réalité/constituer un moyen d'approche indirect convenable pour l'appréciation sur le terrain des coefficients de digestibilité, moyen qu'il est toujours possible d'améliorer en faisant intervenir dans l'établissement de la régression un plus grand nombre de données, mais qui reste, en première approche, immédiatement utilisable pour l'étude des fourrages verts.

V - CONCLUSION

L'objectif de ce travail était donc la **comparaison** sur **fourrages** verts des coefficients de digestibilité obtenus par quatre **méthodes indirectes** par rapport à ceux fournis par la **méthode de référence** : la **digestibilité** *in vivo* sur **mouton**. Le tableau n°III suivant regroupe les résultats obtenus en égard aux **critères retenus** pour cette **comparaison** : l'**analyse de variance** et le **test** de **corrélation**.

Tableau n°III - **Comparaison** des coefficients de digestibilité *in vivo* à ceux obtenus par les **méthodes** indirectes. Tests de F et de r.

Méthode		Comparaison/Digestibilité <i>in vivo</i> . Valeurs de F	Corrélation avec la digestibilité <i>in vivo</i> . Valeurs de r.
-Rapport Lignine	H ₂ SO ₄	20 32,16 DHS 1p.1000	0,45 LS 5 p.100
	KMnO ₄	1 20 137,02 DHS 1p.1000	0,23 LNS
Equation de Van Soest		1 20 8,47 DS 1 p.100	0,36 LNS
In Vitro	MS	1 15 25,32 DHS 1 p.1000	0,63 LS 1 p.100
	MO	1 15 67,47 DHS 1 p.1000	0,68 LS 1 p.100
Equation de Lambourne		1 20 104,23 DHS 1 p.1000	0,69 LHS 1 p.1000

Sur les **fourrages** testés - 43 expérimentations - deux **méthodes indirectes**, par l'**application** des équations de régression mises en évidence, **permettent** en **première** approche et avec le plus de fiabilité d'estimer les coefficients de digestibilité des **fourrages** verts par rapport à la **méthode de référence** : la **digestibilité** *in vitro* telle qu'elle a été décrite et la **méthode de Lambourne**, cette dernière conduisant aux résultats les meilleurs. La méthode des rapports

.../...

basée sur un dosage de lignine à l'acide sulfurique pourrait éventuellement servir de méthode approchée de vérification. Quant aux deux autres types de résultats (Lignine $KMnO_4$ et Equation de Van Soest), les critères de comparaison apparaissent trop médiocres pour que ces méthodes soient valablement retenues.

Nous retrouvons là des résultats rigoureusement parallèles à ceux déjà obtenus sur fourrages secs, ce qui nous conforte dans le classement de valeur relative des méthodes obtenu.

Eh conclusion et d'une façon générale, dans le cadre des études à conduire ultérieurement et dont les objectifs essentiels sont rappelés dans le titre, une méthode indirecte au moins, celle faisant appel aux travaux de Lambourne et Reardon, paraît d'utilisation immédiate dans les conditions de terrain pour l'appréciation de la digestibilité des fourrages verts (ou secs) consommés sur les pâturages tropicaux. C'est à elle qu'il sera par la suite fait le plus souvent référence. La méthode in vitro quant à elle pourra être utilement employée comme moyen de vérification des résultats acquis par la méthode de Lambourne.

R E S U M E

Les auteurs comparent et discutent les résultats obtenus sur fourrages verts avec 5 méthodes d'appréciation de la digestibilité. Par rapport à la méthode de référence, la digestibilité in vivo sur mouton, les méthodes qui sont apparues susceptibles de donner les meilleures estimations avec les fourrages tropicaux étudiés sont : celle qui fait appel à l'index fécal azoté de Lambourne d'une part, et celle qui utilise la technique in vitro en deux temps de Tilley et Terry légèrement modifiée, d'autre part.

Dans le cadre du programme de recherche rappelé dans le titre ces méthodes semblent d'utilisation immédiate dans les conditions de terrain pour l'appréciation de la digestibilité des fourrages verts (ou secs) consommés sur les pâturages tropicaux.

S U M M A R Y

Tropical cattle nutrition under grazing range conditions in sahelian areas : Measurement of the dry matter intake and estimation of digestibility and feeding value of forages. Part IV : Comparison of five methods of predicting digestibility - green forages.

Authors compare and discuss the results given by 5 methods of predicting digestibility. The whole of the work was carried out with green forages. If compared with the reference method - in vivo digestibility on sheep - methods which allow the best estimations with tropical investigated forages are on the one hand the Lambourne's faecal nitrogen index method and, on the other hand, the Tilley's and Terry's lightly modified in vitro digestion method.

Within the limits of the research programme referred in the title, it seems that these methods may be used directly under ground conditions for predicting digestibility of green (or dry) forages consumed on tropical pastures.

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

- 1) - FUGLIESE (P.L.), DIALLO (S.) et CALVET (H.) - 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. I - Bases théoriques, objectifs, méthodes. Rev.Elev. Méd. vét. Pays trop., 1976, 29 (2) : 149-156.
- 2)- DIALLO (S.), FUGLIESE (P.L.) et CALVET (H.) - 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. II - Note concernant les résultats d'une première série de digestibilités in vivo sur mouton. Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop., 1976, 29 (3) : 233-246.
- 3) - FUGLIESE (P.L.), DIALLO (S.) et CALVET (H.) - 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. III - Comparaison de cinq méthodes d'appréciation de la digestibilité des aliments du bétail (fourrages secs).Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop., 1976, 29 (3) : 247-257.
- 4) - FUGLIESE (P.L.) et CALVET (H.) - Utilisation digestive et valeur alimentaire de deux graminées fourragères tropicales : Panicum Maximum (Jacq.) et Pennisetum purpureum variété Kizozzi. Résultats acquis au cours de trois années d'exploitation dans les conditions écologiques du Cap-Vert (Sénégal). Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop. (A paraître).