

ZV0000840

Alimentation - Nutrition

Dec. 1989

M

UTILISATION DIGESTIVE DES ALIMENTS PAR LES RUMINANTS

I - DEGRADABILITE IN SACCO DES FOURRAGES :

ETUDE METHODOLOGIQUE

Par Safiétou Touré FALL  
avec la collaboration technique de Bassirou DIAW

Dec. 1989

## INTRODUCTION

Les préestomacs, le rumen en particulier, jouent un rôle prépondérant dans le processus de digestion des aliments chez les ruminants.

Les transformations physiques et chimiques que subissent les aliments dans le réservoir rumino-réticulaire déterminent leur digestibilité.

La possibilité de décrire la cinétique de dégradation des aliments dans le rumen permet d'évaluer leur disponibilité, important critère d'estimation de leur valeur nutritive.

Parmi les méthodes utilisées, la méthode des sachets de nylon ou méthode *in situ* ou méthode *in sacco* est l'une des plus simples. Elle consiste en la mesure directe du pourcentage pondéral d'aliment disparu à la suite d'une incubation intraruminale pendant un temps déterminé, d'un échantillon broyé contenu dans un sachet de nylon aux dimensions et à la porosité connues.

Cette méthode utilise donc les conditions physiologiques *in situ* pour estimer la digestibilité des aliments dans le rumen. Moins coûteuse et plus rapide que les techniques *in vivo*, elle offre l'avantage d'opérer directement sur l'animal et contourne le problème de reproduction des conditions physiologiques réelles qui se pose aux techniques *in vitro*.

En 1938, QUEEN et al. ont utilisé des poches de soie naturelle pour étudier la digestion intra ruminale des aliments. Leur technique a par la suite, inspiré ERWIN et ELLISTON en 1959, puis JONHSON en 1966 et RODRIGUEZ en 1968 qui ont utilisé des sachets artificiels en nylon.

CHENOST (1970) puis MEHREZ et ORSKOV (1977) ont amélioré la technique des sachets de nylon. Appliquée aujourd'hui par de nombreux laboratoires, elle est considérée comme une mesure très importante pour évaluer la valeur alimentaire des aliments (PRESTON et LENG 1985). Elle a été adoptée par l'équipe de l'INRA pour la mesure de la solubilité de l'azote base du nouveau système PDI (DOREAU et al. 1987). Selon ORSKOV (1980), c'est la méthode de choix pour étudier l'écosystème du rumen par description du type de fermentation en cours (cellulolytique ou amylolytique) ou vérifier l'efficacité des technologies appliquées sur les aliments du bétail (traitement des pailles ou protection des protéines de haute valeur biologique).

Si pour l'essentiel, les auteurs s'accordent sur l'utilité et les domaines d'application de la technique des sachets de nylon, il en est autrement du matériel et des modes opératoires proposés. Il y a une grande disparité des

données disponibles et chaque laboratoire a sa propre technique . Une revue bibliographique sommaire (cf tableau 1) met en évidence d'importantes variations du matériel utilisé ainsi que celle du mode opératoire appliqué.

Ce travail avait pour objectif, d'étudier les variations méthodologiques de la technique in sacco en vue d'identifier le mode opératoire le plus fiable. Ont été étudiés, les facteurs de variation liés au matériel et au mode opératoire

## 1 - MATERIEL ET METHODE

Pour vérifier les disparités bibliographiques et identifier les conditions opératoires optimales d'application de la technique des sachets de nylon dans notre laboratoire, les essais méthodologiques menés ont concerné le matériel (le tissu nylon, les animaux, le régime alimentaire, l'effet du lest) et le mode opératoire (incubation, lavage et nombre de répétitions).

### 1.1 - La matériel

#### 1.1.1 - Le sachet de nylon

Les sachets ont été confectionnés avec un tissu en fibres polyester indigestibles. Un tissu nylon à pores réguliers de 30 microns (1) et un autre à pores irréguliers variant de 10 à 80 microns (2) ont été comparés.

Deux types de sachets d'une taille de 10 x 15 cm et 10 x 20 cm ont été testés.

#### 1.1.2 - LES animaux et le régime alimentaire

Trois taurillons portant chacun une fistule du rumen d'un diamètre de 75 mm ont été comparés :

- la fane d'arachide récoltée dans la zone de Nioro a été offerte ad libitum. Le niveau de consommation a atteint 74 g/kg p 0.75. Elle titre en moyenne 69 % de matière azotée digestible, 10,1 g de calcium et 1,2 g de phosphore par kg de matière sèche. La digestibilité moyenne de la matière organique est de 58 pour cent (ROBERGE et al. 1985).

(1) Tissu nylon fabriqué par BECK MICHEL & SIMMONS, FRANCE

(2) Tissu nylon F 100 TRIPETTE ET RENAUD, FRANCE

- Une ration composée à base de copra : arachide 68 p 100, sorgho 27 p 100 et tourteau d'arachide 5 pour cent a été offerte ad libitum. Cette ration a été consommée à raison de 94 g/kg p.0.75. Sa valeur nutritive théorique est de 0.33 UF, 53 MAD, 7 g de Calcium et 1.6 g de phosphore par kilo de matière sèche.

Les rations ont été distribuées en deux repas par jour.

Un bloc à lécher composé de sels minéraux et de vitamines a été mis à la disposition de chaque taurillon, les animaux ont été abreuvés à volonté.

### 1.1.3 - L'échantillon

Le fourrage test a été la paille riz. L'échantillon a été récolté dans la vallée du Fleuve Sénégal, séché à l'étuve à 80°C puis broyé pour passer une grille d'1 mm.

D'une digestibilité de la matière organique de 64 p 100 chez les bovins, la paille de riz titre 30 g de matière azotée totale, 1,9 g de calcium et 0,9 g de phosphore par Kg de matière sèche. Son ingestibilité moyenne a été de 74 g MS/kg p 0.75 (FALL et al. 1987).

### 1.1.4 - La lest

Pour étudier l'influence du lest, des sachets avec ou sans lest ont été comparés. Une boule de plomb plastifiée, d'un poids moyen de 350 g a été utilisée pour alourdir le système d'attachement des sachets, prévenir leur flottaison et assurer une incubation dans le sac ventral du rumen. En outre, les sachets ont été fixés le long d'un tube en plastique pour empêcher leur agglomération et la formation d'un microenvironnement dans le rumen puis faciliter la désincubation (ORSKOV, 1984).

## 1.2 - La procédure expérimentale

### 1.2.1 - Incubation et lavage

Une prise d'essai d'environ 5 g est introduite dans un sachet nylon. Après fermeture par soudure à la chaleur, le sachet est incubé dans le rumen le matin, une demi heure après la distribution du premier repas. La désincubation se fait en double après 24, 48 et 72 heures. Les sachets sont ensuite lavés par massage sous un courant d'eau jusqu'à ce que l'eau qui s'écoule soit claire. Ils sont séchés à l'étuve à 80°C pendant 24 heures. Le pourcentage de matière sèche disparue représente la dégradabilité intraruminale de la matière sèche.

Un double sachet contenant une prise d'essai de 5 p a

été lavé sans incubation pour déterminer la fraction immédiatement soluble.

### 1.2.2 - Influence de la pepsine

Après incubation, des sachets ont été incubés dans de la pepsine chlorhydrique (selon TILLEY-TERRY) pendant 48 h à 39°C pour simuler la phase intestinale de la digestion et éliminer une contamination bactérienne éventuelle.

Ces sachets ont été comparés à d'autres non traités à la pepsine pour vérifier son influence.

### 1.2.3 - Nombre de répétitions par échantillon

Deux essais ont été effectués sur trois animaux, soit six répétitions par temps d'incubation et par échantillon. Les différences entre sachets désincubés en même temps, entre animaux et d'un essai à l'autre ont été étudiées.

## 1.3 - Analyses chimiques

Pour évaluer leur dégradabilité, la matière sèche, les matières azotées totales et la fraction pariétale ont été dosées sur le substrat et le résidu.

La matière sèche a été évaluée par dessiccation à l'étuve à 80°C pendant 24 h. Les matières azotées totales par la technique de KJELDAHL (AFNOR 1978) et la paroi (NDF) par la méthode de Van Soest (GOERING et VAN SOEST, 1970)

## 1.4 - Analyses statistiques

Une comparaison des moyennes obtenues selon les différents traitements et une analyse de variance pour apprécier la signification des différences observées ont été effectuées.

## II - RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 2.1 - Facteurs de variation liés au matériel

#### 2.1.1 - Porosité du tissu nylon et broyage de l'échantillon

Les tableaux 2 et 3 décrivent les résultats obtenus avec les deux types de tissu testés.

L'influence des pores du tissu nylon, significative ( $P \leq 1\%$ ) en début d'incubation, est négligeable à 72h. Son incidence est donc plus importante pour les concentrés, les aliments rapidement dégradables en général comparativement

aux fourrages en maturité, ORSKOV (1980), KEMPTON (1981) puis LINDBERG (1981) avaient observé ce phénomène avec des tissus à porosité comprise en 20 et 70 microns.

Le tissu nylon est caractérisé par sa porosité. La dégradabilité des aliments est proportionnelle au pourcentage de matière sèche qui traverse le tissu nylon. Sa porosité doit donc être mise en rapport avec la finesse du broyage de l'échantillon.

Pour une porosité comprise entre 10 et 100 microns, les tamis préconisés par la bibliographie varient de 1 à 3 mm pour les échantillons secs (cf tableau 1). ORSKOV (1980) préconise une grille de 5 mm pour les échantillons humides. Il est essentiel d'éviter une fuite de la prise d'essai à travers les mailles du tissu. Les recommandations récentes préconisent un broyage des échantillons à la grille 1 à 2 mm avec des tissus nylon à porosité régulière comprise entre 20 et 50 microns (CHENOST et al 1970, VAN SOEST, 1982, HASTER et al 1983, ORSKOV 1984, DE FARIA 1984, UDEN et al 1984, STERN et al 1984, SAUVANT et al 1985, DOREAU et al 1987).

### **2.1.2 - Prise d'essai et taille du sachet**

Les rapports prise d'essai/surface utile du sachet de 16.6 et 12.5 mg/cm<sup>2</sup> n'ont pas donné de résultats significativement différents (cf tableau 4 et 5). Ces données s'approchent de ceux de MEHREZ et ORSKOV (1977) qui n'ont pas trouvé de différences significatives entre 16.3 et 6.7 mg/cm<sup>2</sup>. Ce rapport présente certes des variations bibliographiques importantes, d'une moyenne de 19.5 mg/cm<sup>2</sup>, elle a varié de 2.7 à 86 mg/cm<sup>2</sup>, mais son choix dépend des analyses à faire sur le résidu (ORSKOV 1984). Selon FIGFOID et al (1972) puis LINDBERG (1981), il n'a pas d'influence sur la dégradabilité des aliments (LINDBERG 1983). Il faut cependant créer dans le sachet un encombrement comparable à celui du rumen, permettant une mobilité de la prise d'essai en concomitance avec les mouvements peristaltiques. Le rapport 16.6 mg/cm<sup>2</sup>, soit un sachet de dimension 10 x 15 cm pour une prise d'essai de 5 g semble satisfaire ces conditions.

### **2.2.3 - L'influence du lest sur la dégradabilité des aliments**

Une différence significative ( $F \leq 0.01$ ) a été observée entre sachets lestés et non lestés en début d'incubation (24 et 48 heures). Aucune différence n'a été significative à 72 heures d'incubation (cf tableaux 6 et 7).

Le lest a eu une influence négative sur la dégradation de la paille de riz. Cela pourrait s'expliquer par une restriction des mouvements gastriques provoquée par l'alour

dissement des sachets.

Des observations contradictoires ont été rapportées par la bibliographie. BALCH et JOHNSON (1951) puis MILES (1951) ont montré une influence positive d'une incubation des sachets dans le sac ventral du rumen (LINDBERG, 1983). A cette fin, DEMARQUILLY (1981), BERGER et al (1981), ISTASSE et al (1981) puis UDEN et al (1954) préconisent des lests d'un poids variant de 0.5 à 2.5 kg chez les bovins.

KEMPTON (1980) puis PRESTON et LENG 1984 n'utilisent pas de lest alors que pour MEHREZ et ORSKOV (1987), celui-ci n'a aucune influence sur la dégradabilité des aliments.

Le rumen est un milieu hétérogène. La flottaison ou la localisation des sachets dans une zone sélective devrait influencer la dégradation des aliments. L'idéal serait d'avoir une prise en masse des sachets par le digesta pour leur faire subir les mouvements péristaltiques en même temps.

Le système d'attachement des sachets, le long d'un tube en plastique porté par une cordelette en nylon selon le modèle préconisé par ORSKOV (1984) est assez fonctionnel. Il permet à la fois une désincubation facile et une motilité gastrique correcte en prévenant la flottaison des sachets.

## **2.2 - Facteurs de variations liés à la méthode expérimentale**

### **2.2.1 - Le régime alimentaire**

Le régime à base de fane d'arachide a donné des résultats significativement supérieurs comparativement à l'aliment composé (cf tableau 8) dont la forte teneur en sorgho a eu sans doute un rôle négatif sur la cellulolyse.

Le rôle déterminant du régime alimentaire sur l'écosystème du rumen explique son influence prépondérante sur la technique de sachets de nylon.

Le choix du régime alimentaire revêt en effet, une importance particulière. Il doit être constant après adaptation. Selon ORSKOV (1980) un bon fourrage, d'une digestibilité égale ou supérieure à 70 p 100, titrant au moins 3 p 100 d'azote pour engendrer dans le rumen une teneur en ammoniacale supérieure à 20 mg/100 ml serait adéquat. Son ingestibilité devrait être proche de 50 g MS/kg p 0.75 avec une distribution en deux repas par jour,

Le meilleur régime alimentaire semble être un bon fourrage (F) associé à un concentré (C) dans le rapport F/C de 70/30 (DOREAU et al 1987).

Avec un complément minéral, la fane d'arachide offerte à

volonté pouvait être un régime alimentaire pour l'étude de la dégradabilité partielle des aliments, car elle satisfait les besoins d'entretien et permet une production modérée chez les bovins et ovins. Elle a cependant l'inconvénient d'une valeur alimentaire variable en fonction du rapport tige/feuille et de son degré de lignification (CALVET 1971). Les paramètres sont tributaires de la période (précoce ou tardive) et du mode de récolte (battage ou égoussage manuel).

La paille de riz a volonté + 1 kg de tourteau d'arachide + 75 g de poudre d'os par animal et par jour qui satisfait les besoins d'entretien et autorise une production modérée est actuellement appliquée avec des taurillons pesant en moyenne 250 kg.

## 2.2'2 - La nombre de répétition

Le nombre de répétition par échantillon et par temps d'incubation est le produit du nombre d'animaux, de sachets et d'essais.

### a) - Le nombre d'animaux

Les variations entre animaux ont présenté des résultats irréguliers, mais le plus souvent non significative ( $P \leq 0.05$ ) (voir tableau 9), surtout avec le tissu nylon à pores constants (30 microns) qui semble avoir un effet positif sur la répétabilité des résultats.

Des différences entre animaux **qui peuvent** rendre difficile l'interprétation des résultats ont été rapportées par la bibliographie. Le nombre optimal d'animaux a souvent été étudié.

UDEN (1934) a travaillé avec différents lots pour comparer les espèces : 4 bovins, 2 chèvres et 2 moutons. Pour KEMPTON (1980) et ISTASSE (1984), il faut travailler avec un minimum de trois sujets. En 1977, MEHREZ et ORSKOV avait déjà utilisé trois bovins ainsi que LINDBERG (1983) puis DOREAU et al (1937).

Le nombre minimal de trois sujets semble donc être adopté par plusieurs équipes actuellement.

La manipulation des animaux dans des conditions opératoires (alimentation, abreuvement et logement) strictement identique est obligatoire pour avoir des résultats proches d'un animal à l'autre.

### b) - Le nombre de sachets par temps d'incubation



Sur 127 doubles mesures de dégradation pariétale et 131 doubles mesures de dégradation de la matière sèche de la paille de riz, la différence entre sachets a varié de 1 à 2 avec une moyenne de 1,5 point.

La répétabilité de la méthode des sachets de nylon au cours d'un essai et sur un animal est bonne. La double incubation ne se justifie donc pas, Un sachet par temps d'incubation et par animal. suffit

#### c) - La nombre d'essais par échantillon

Des résultats variables ont été observés d'un essai à un autre. Les différences n'ont cependant pas été souvent significatives (cf tableau 10).

Avec le tissu à pore régulier (30  $\mu$ ) et le traitement à la pepsine sur tissu à pore irrégulier (10-80  $\mu$ ) aucune différence entre essais n'a été significative ( $P \leq 0.05$ ). L'emploi d'un tissu à mailles réguliers ainsi que le traitement à la pepsine semble avoir un effet améliorateur sur la reproductibilité de la méthode.

Un régime alimentaire constant, l'emploi d'un matériel standard et le respect strict du mode opératoire peuvent atténuer les variations entre essais.

Le nombre de deux essais par échantillon a été adopté par plusieurs équipes de recherche.

#### d) - Conclusion

Les répétitions multiples ont pour but de contrôler les variations entre essais, animaux et sachets en vue d'assurer une précision acceptable à la méthode des sachets de nylon. La mise en oeuvre de deux essais sur trois animaux soit six répétitions par temps d'incubation, avec le respect méticuleux des conditions opératoires donne des résultats reproductibles.

### 2.2.3 - Le traitement post incubatoire des sachets

Après incubation certains auteurs préconisent le lavage des sachets par massage sous un courant d'eau jusqu'à ce que l'eau qui s'écoule soit claire (MERREZ et ORSKOV 1977, DEMARQUILLY et CHENOST 1969, FIGROID et al. 1969). DOREAU et al (1987) utilisent une machine à laver et standardisent le nombre et la durée des cycles. KEMPTON (1981) et WEAKLEY (1983) utilisent de l'eau tiède tandis que CIZEK (1970) préconise un rinçage des sachets à l'éthanol après lavage à l'eau.

La procédure de lavage des sachets est donc variable d'une publication à l'autre.

Si pour l'essentiel, la technique simple de lavage sous le robinet, à température ambiante est largement appliquée actuellement, certains auteurs la considèrent comme insuffisante pour limiter la contamination bactérienne des sachets principal responsable de la médiocre reproductibilité de la technique des sachets de nylon (CHENOST et al 1970, VAN SOEST 1982, UDEN et VAN SOEST 1984). Comme solution, ils préconisent le traitement à la pepsine selon TILLEY-TERRY (CHENOST et al 1970) ou au détergent neutre (UDEN et VAN SOEST 1984).

D'autres auteurs ayant mesuré la contamination bactérienne par des marqueurs l'ont considérée comme négligeable et trouvent le traitement chimique post incubation superflu (MEHREZ et ORSKOV 1977, KEMPTON 1981)

Nos résultats confirment leurs observations car aucune différence entre sachets traités à la pepsine ou non n'a été significative ( $P \leq 0.05$ ) (Voir tableaux 11 et 12).

Une mesure directe du résidu bactérien par marquage radioactif nous aurait permis d'évaluer la contamination bactérienne rapportée par la bibliographie.

#### 2.2.4 - Précision de la méthode des sachets de nylon

Fiabilité et corrélation avec les techniques *in vitro* et *in vivo*.

L'hétérogénéité et l'instabilité de l'écosystème du rumen (voir revue de FALL 1988) explique les variations et difficultés de mise au point de la méthode *in sacco*. Sa précision ne peut donc pas égaler celle des techniques chimiques et enzymatiques qui sont très reproductibles.

En effet, il existe d'étroites corrélations entre la digestibilité *in vivo* et la composition chimique des aliments

Les coefficients de corrélation rapportés par MINSON (1982) sont proches de 0.9 avec de faibles écart-types résiduels souvent inférieurs à 5.

La méthode *in vitro* de la pepsine cellulaire offre une très bonne estimation de la digestibilité *in vivo* des aliments  $R \geq 0.7$   $S_{xy} = 0.035$  (AUFRERE 1982).

En 1970, CHENOST et collaborateurs ont montré que les méthodes *in sacco* et *in vitro* (TILLEY-TERRY) étaient comparables du point de vue reproductibilité. Une analyse de variance sur 30 séries avait donné des écart-types intra-série de 0.55 et 0.69 puis des écart-types inter-séries de

2.66 et 2 respectivement pour les méthodes de TILLEY-TERRY et celle des sachets de nylon. Le premier est souvent appliqué pour ses possibilités d'incubation d'un plus grand nombre d'échantillons par essais dans des conditions qui simulent celles de la méthode **in sacco**.

Des essais de comparaisons de méthode **in vivo** et **in sacco** sont en cours dans notre laboratoire. Cependant, une bonne corrélation de la technique **in sacco** et de la méthode **in vivo** a été rapportée par la bibliographie :

Selon plusieurs auteurs, les mesures effectuées **in sacco** à 48 h d'incubation sont proches des digestibilités **in vivo**. Sur 137 échantillons (97 graminées et 40 légumineuses) LINDBERG (1983) a trouvé des coefficients de corrélation compris entre 0.66 et 0.92 avec des écart-types résiduels inférieurs à 4.

Des coefficients de corrélation de 0.72, 0.82, 0.91 et 0.92 après 6, 12, 24 et 48 h d'incubation respectivement, ont été rapportés par SAUVANT et al (1985).

Les mêmes observations ont été faites par MARTINSON et al puis LINDBERG et al (résultats non publiés ; d'après LINDBERG 1983). Selon ces auteurs, la digestibilité **in vivo** de la matière sèche de la paille d'avoine traitée ou non (y), peut être exprimée en fonction de sa dégradabilité **in sacco** à 48 h d'incubation (x) par la relation :

$$y = 0.64 x + 19.0 \quad R = 0.95 \quad Syx = 4.1$$

La dégradabilité **in sacco** à 48 h d'incubation donne donc une bonne estimation de la digestibilité **in vivo** des aliments. Elle sous-estime cependant cette dernière. En effet, la contamination bactérienne des sachets (VAN SOEST 1982) ou un temps de séjour trop court (ISTASSE et al 1981) peuvent entacher les résultats d'erreurs. Le niveau d'ingestion du régime alimentaire influe aussi sur la dégradation des aliments (ORSKOV 1984). C'est pourquoi, bien que la méthode **in sacco** donne une estimation acceptable de la digestibilité **in vivo**, les résultats obtenus sont relatifs (ORSKOV 1984, STERN et SATTER 1984).

L'uniformisation du matériel et du mode opératoire ainsi que la comparaison des résultats entre laboratoires puis l'étalonnage de la méthode **in sacco** sur une large base de mesures **in vivo**, permettraient de contourner ces limites (VERITE et al 1987).

## CONCLUSION

La méthode de sachets nylon est simple, peu exigeante en matériel donc aisément applicable en station rurale.

Les nombreux facteurs de variation liés au matériel et au mode opératoire posent cependant de sérieux problèmes de reproductibilité à la méthode **in sacco** dont la précision ne peut pas égaler celle des techniques chimiques ou enzymatiques.

Dans un laboratoire, il est nécessaire de respecter un mode opératoire constant en vue de limiter les variations, et de comparer la technique **in sacco** avec la méthode **in vivo** qui fait référence pour vérifier sa fiabilité.

Un contact régulier entre laboratoires utilisant la méthode **in sacco** devrait exister pour uniformiser le matériel et le mode opératoire et créer une chaîne d'échange d'échantillons qui pourrait assurer le contrôle des analyses effectuées.

## RESUME

L'étude bibliographique de la méthode des sachets de nylon a mis en évidence une très grande hétérogénéité du matériel et du mode opératoire appliqués d'un laboratoire à un autre.

Pour identifier un mode opératoire applicable au LNERV, l'étude méthodologique menée a porté sur l'influence des facteurs de variations du matériel et du mode opératoire.

L'influence de la porosité des tissus nylon de 30  $\mu$  et de 10 à 80  $\mu$  puis du site d'incubation dans le rumen significative en début d'incubation ne l'est pas au terme de la dégradation. La porosité de 30 à 40 microns suggérée par de nombreux auteurs semble adéquate. L'emploi d'un tissu à mailles régulières a été recommandé.

Les rapports prise d'essai/surface utile du sachet de 16.6 et 13.5 mg/cm<sup>2</sup> n'ont pas eu de différences significatives ( $P \leq 0.05$ ).

Le régime alimentaire a eu un effet hautement significatif sur les résultats ( $P \leq 0.05$ ). L'utilisation d'un régime constant est de rigueur.

Les différences entre animaux et d'un essai à l'autre ont été irrégulièrement significatives. Les variations entre sachets ayant eu un même temps d'incubation n'ont pas été significatives ( $P \leq 0.05$ ).

Une incubation des sachets en simple sur trois animaux avec une répétition de chaque essai soit un total de six mesures par temps d'incubation a été retenue.

Le contrôle des analyses et la standardisation du matériel et du mode opératoire appliqués ont été recommandés.

## METHODE DES SACHETS DE NYLON

### TECHNIQUE APPLIQUEE AU LNERV

Après l'étude méthodologique, la procédure expérimentale suivante a été appliquée dans notre laboratoire.

#### - Le régime alimentaire

Paille de riz a volonté + 1 kg de tourteau d'arachide  
+ 75 g de poudre d'os par animal et par jour.

La distribution de l'aliment se fait en deux repas par jour et l'abreuvement à volonté.

#### - Les animaux

Un lot de trois taurillons fistulés du rumen d'un poids moyen de 250 kg âgé de 2 à 3 ans.

#### - Les sachets nylon

Les sachets sont confectionnés avec un tissu nylon d'une porosité constante de 46 microns (réf. 120/50 Klutex Tripette et Renaud) proches des normes d'ORSKOV (1981) adopté par l'INRA (DOREAU 1987). Les dimensions sont de 10 x 15 cm. Ils sont fermés par soudure à la chaleur.

#### - La prise d'essai

Elle est de 5 g de fourrage séché et broyé pour passer un tamis d'1 mm.

#### - Le temps d'incubation

0,6,9, 24, 48 et 72 heures pour les fourrages  
0,3,6,9, 24, 48 heures pour les concentrés

#### - Nombre de répétitions

3 bovins x 2 essais x 1 sachet soit six répétitions par échantillon et temps d'incubation.

#### - Le lavage des sachets

Après incubation, les sachets sont lavés sous le courant d'eau du robinet à température ambiante jusqu'à ce que l'eau qui s'écoule soit claire.

#### - Séchage

à l'étuve à 80°C.

## \* Les analyses

Le6 matières sèches : par dessiccation à l'étuve 80°C  
L'azote total : par la technique de Kjeldahl (AFNOR 1976)  
La paroi totale : par la technique de Van Soest (GOERING et Van Soest 1970).

### Expression des résultats

La dégradabilité de : La matière sèche ou des nutriments exprimée en pour cent est fonction du temps d'incubation, Sa représentation graphique donne une courbe exponentielle. Elle dépend en outre de la vitesse de vidange du rumen.

Le modèle mathématique d'ORSKOV et MC DONALD (1977) a été appliqué.

$$D = a + b(1 - e^{-ct}) \text{ où } D = \text{Dégradabilité mesurée au temps } t$$

a = dégradabilité immédiate mesurée par lavage sans incubation du sachet contenant une prise d'essai

b = fraction potentiellement dégradable

c = vitesse de dégradation de la fraction b

La dégradabilité théorique est de :

$$DT = a + \frac{bc}{c+k} \text{ où } K = \text{vitesse de vidange du rumen} = 6 \text{ p } 100/\text{h}$$

Les calculs sont faits avec le logiciel STAT ITCF à l'aide du modèle mathématique monomoléculaire.

TABLEAU 1 : VARIATION BIBLIOGRAPHIQUES DU MATERIEL ET  
DU MODE OPERATOIRE DE LA METHODE DES SACHETS,  
DE 1962 A 1984

Auteurs	mailles de tissu nylon µ	Prise d'essai	Tamie de broyage de méchan- tillon mm	Dimension du sachet cm	Prise d'essai par unité de surface mg/cm <sup>2</sup>
VANKEUREN	-	10	-	5.1x11.4	86
1962					
PLAYNE 1978		3		6x6	41.7
"		6		6x12	41.7
"		9		6x18	41.7
FIGROID et					
Coll. 197%	--	10		10.2x17.8	27.5
MEHREZ 1977	-	5		17x9	16.3
BAILEY 1962		5		10.2x15.2	16.1
DEMARQUILLY					
1969	-	3		15x7	14.3
AERTS 1976	-	3		15x8	12.5
MC MANUS 1972		2		15x15	4.4
ISTASSE et					
al. 1951	50	2		6x7	23.8
ORSKOV 1980	12	3	2.5 a 3	14x9	11.9
LOERCH 1983	20-70	4		8x14	-
CHENOST et					
Coll. 1970	50	3		15x7	14.2
HASTER et					
Coll. 1983	43	2		3x21	15.8
OKEKE et					
Coll. 1983	10	5		9x16	17.3
KEMPTON 1981	-	3 à 5	1	15x8	12.5 à 20.8
MEHREZ et					
ORSKOV 1977	-	4 à 5		20x9	11.1 à 13.8
DEMARQUILLY					
et JARRIGE					
1981	50	3	1	15x7	14.2
ORSKOV 1984	20-40	3 à 5	2.5 à 3	14x9	11.9 à 19.8
DE FARIA					
1984	35	2		12.5x9	17.7
UDEN et al					
1984	37		≥2	5x12	6 à 7
STERN et al.					
1984	52 ± 16	0.5	1	6x10	4.1
ANDERSON et					
al. 1981	150	0.5		6x15	2.7



:VAN DER AAR :	:	:	:	:	:	:
:1982 :	20-70 :	* :	- :	8x14 :	- :	:
:VAN SOEST :	:	:	:	:	:	:
: 1982 :	30 :	- :	- :	- :	- :	:
: SAUVANT et :	:	:	:	:	:	:
:al. 1985 :	10-80 :	3 :	1 :	15x9 :	10 :	:
: DOREAU et :	:	:	:	:	:	:
:al. 1987 :	46 :	3 :	0.8-1.5 :	6x11 :	20 :	:
:LXNDBERG :	:	:	:	:	:	:
: 1983 :	20-40 :	- :	1-2 mm :	- :	10 :	:

\* Quantité équivalente à 250 mg de protéines brutes.

TABLEAU 2 : INFLUENCE DU TISSU NYLON SUR LA DEGRADATION  
INTRARUMINALE DE LA PAILLE DE RIZ

Temps d'incuba- tion (h)	Tissu de nylon	Dégradabilité de la matière sèche			Dégradabilité des parois (NDF) p 100		
		Moy. p 100	Ecart type	Nombre d'essais	Moy. p 100	Ecart type	Nombre d'essais
24	M1	29.4	3.0	15	25.7	3.6	12
	M2	37.3	5.8	20	32.6	5.7	6
48	M1	49.5	9.4	7	49.7	10.9	6
	M2	56.8	3.6	17	53.3	6.9	18
72	M1	62.2	6.2	3	61.9	4.1	3
	M2	63.2	4.3	12	62.8	7.0	18

M1 = tissu B et M Simmons 30  $\mu$       M2 = tissu F100 10-80  $\mu$

TABLEAU 3 : INFLUENCE DU TISSU DE NYLON SUR LA DEGRADATION DE LA PAILLE DE RIZ : ANALYSE DE VARIANCE

Temps d'incubation (heures)	Dégradabilité de matière sèche	Dégradabilité des parois NDF
24	F <sub>1/34</sub> = 22.1****	F <sub>1/17</sub> = 9.88****
48	F <sub>1/23</sub> = 7.8**	F <sub>1/23</sub> = 0.92 NS
72	F <sub>1/22</sub> = 3.1 NS	F <sub>1/2ci</sub> = 0.04 NS

NS : non significatif  
 \* : significatif à P ≤ 5 %  
 \*\* : " " à P ≤ 2.5 %  
 \*\*\* : " " à P ≤ 1 %  
 \*\*\*\* : " " à P ≤ 1 %.

TABLEAU 4 : EFFET DU RAPPORT PRISE D'ESSAI/SURFACE UTILE DU SACHET (E) SUR LA DEGRADATION INTRARUMINALE DE LA PAILLE DE RIZ

Temps d'incubation (he)	Dégradabilité de la matière sèche p 100			Dégradabilité des parois (NDF) p 100			
	Moyenne	Ecart type	N	Moyenne	Ecart type	N	
24	16.6	37.3	5.8	20	28.5	5.7	14
	12.5	34.8	5.7	7	22.9	5.6	4
48	16.6	56.8	3.6	17	50.2	6.6	7
	12.5	53.6	4.5	10	47.6	5.5	10
72	16.6	63.2	4.3	12	62.8	7	18
	12.5	57.8	5.5	6	57.8	6.6	3

TABLEAU 5 : EFFET DU RAPPORT PRISE D'ESSAI/SURFACE UTILE DU SACHET SUR LA DEGRADATION INTRARUMINALE DE LA PAILLE DE RIZ : ANALYSE DE VARIANCE

: temps : d'incubation : (heures)	: Dégradabilité de : la matière sèche		: Dégradabilité des : parois NDF	
	F	NS	F	NS
24	F = 1.05	NS	F = 3.63	NS
48	F = 4.08	NS	F = 0.8	NS
72	F = 4.84*		F = 1.41	NS

TABLEAU 6 : INFLUENCE DU LEST SUR LA DEGRADATION INTRA-RUMINALE DE LA PAILLE DE RIZ

Temps (h)	Sachet	Dégradabilité de la matière sèche p 100			Dégradabilité des parois NDF p 100		
		Moyenne	Ecart type	N	Moyenne	Ecart type	N
24	avec lest	34.9	2.5	7	23.1	2.4	6
	sans lest	39.6	3.7	12	29.9	3.3	12
48	avec lest	53.6	4.5	10	47.6	5.5	10
	sans lest	57.4	2.6	10	53.1	6.4	11
72	avec lest	57.8	6.0	6	57.6	6.6	3
	sans lest	61.4	7.0	17	62.2	5.8	8

PABLEAU 7 INFLUENCE DU LEST SUR LA LÉGRADATION  
DE LA PAILLE DE RIZ : ANALYSE DE VARIANCE

Temps d'incubation (heures)	F	
	Matière sèche	Parois
24	F = 8.36*** 18	F = 19.57*** 17
48	F = 5.17* 19	F = 4.41** 20
72	F = 1.28 NS 22	F = 1.26 NS 10

TABLEAU 8 : INFLUENCE DU REGIME ALIMENTAIRE SUR LA  
 DEGRADABILITE DE LA MATIERE SECHE DE LA  
 MATIERE SECHE DE LA PAILLE DE RIZ

Régime	Temps d'incubation (heures)	Dégradabilité de la matière sèche p 100	N
Fane	24	34.9 ± 2.4	7
d'ara	48	54.8 ± 3.8	8
chide	72	62.1 ± 4.6	3
Aliment	24	30.3 ± 1.6	10
composé	48	34.3 ± 1.4	10
			10



TABLEAU 9 - DIFFERENCES ENTRE ANIMAUX : ANALYSE DE VARIANCE

Conditions expérimentales		Tissu 30µ Sachets 10 x 20 cm Avec lest	Tissu : 10 - 80 µ Sachet : 10 x 20 cm Avec lest	Tissu : 10 - 80 µ Sachet : 10 x 15 cm Sans lest	Tissu 10 - 80 µ Sachet 10 x 15 cm Avec lest	Tissu 10 - 80 µ Sachet : 10 x 15 cm Sans lest Avec pepsine
Temps d'incubation	Dégradabilité					
24	DMS (1)	$F_{13}^1 = 0.00$ NS	$F_{20}^2 = 12.54^{***}$	$F_{17}^2 = 0.82$ NS	$F_{10}^2 = 90.14^{****}$	$F_{11}^2 = 13.92^{***}$
	DNDF (2)	$F_{11}^1 = 0.01$ NS	$F_{13}^2 = 0.01$ NS	$F_{11}^2 = 0.77$ NS	$F_5^1 = 3.53$ NS	$F_{11}^2 = 14.70^{***}$
48	DMS	$F_6^1 = 3.60$ NS	$F_{16}^1 = 3.19$ NS	$F_{11}^2 = 10.10^{***}$	$F_{10}^1 = 7.25^{***}$	$F_{10}^2 = 17.74^{***}$
	DNDF	$F_5^1 = 0.71$ NS	$F_{17}^1 = 6.41^{**}$	$F_{10}^2 = 0.11$ NS	$F_9^1 = 7.23^{***}$	$F_{10}^2 = 21.26^{***}$
72	DMS	-	$F_{18}^1 = 1.58$ NS	$F_{16}^2 = 12.74^{****}$	-	$F_{10}^2 = 4.30$ NS
	DNDF	-	$F_{17}^1 = 1.82$ NS	$F_{20}^2 = 0.16$ NS	-	$F_9^2 = 3.71$ NS

(1) DMS = Dégradabilité de la matière sèche  
 DNDF = Dégradabilité des parois (NDF)

TABLEAU 10 : VARIATIONS D'UN ESSAI A L'AUTRE : ANALYSE DE VARIANCE

Conditions expérimentales		Tissu 30 $\mu$ Sachets 10 x 20 cm Avec lest	Tissu : 10 - 80 $\mu$ Sachet : 10 x 15 cm Avec lest	Tissu : 10 - 80 $\mu$ Sachet : 10 x 15 cm Sans lest	Tissu 10 - 80 $\mu$ Sachet 10 x 15 cm Avec lest	Tissu 10 - 80 $\mu$ Sachet : 10 x 15 cm Sans lest Avec pepsine
Temps d'incubation	Dégradabilité					
24	DMS	$F_{14}^2 = 1.98$ NS	$F_{16}^4 = 7.53^{***}$	$F_{23}^3 = 23.48^{****}$	$F_6^1 = 0.46$ NS	$F_{11}^1 = 1.68$ NS
	DNDF	$F_{11}^2 = 0.01$ NS	$F_5^1 = 0.75$ NS	$F_{11}^1 = 5.19^*$	$F_5^1 = 0.03$ NS	$F_{11}^1 = 1.76$ NS
48	DMS	$F_6^1 = 2.18$ NS	$F_{16}^3 = 1.56$ NS	$F_{11}^1 = 1.44$ NS	$F_{12}^1 = 8.08^{**}$	$F_{10}^1 = 0.56$ NS
	DNDF	$F_5^1 = 2.10$ NS	$F_{17}^3 = 0.26$ NS	$F_{10}^1 = 4.15$ NS	$F_9^1 = 0.17$ NS	$F_{10}^1 = 0.53$ NS
72	DMS	-	$F_{21}^4 = 7.46^{***}$	$F_{16}^3 = 1.14$ NS	-	$F_{10}^1 = 0.06$ NS
	DNDF	-	$F_{20}^4 = 6.80^{***}$	$F_{12}^3 = 5.51^{**}$	-	$F_{10}^1 = 0.16$ NS

TABLEAU 11 : INFLUENCE DU TRAITEMENT A LA PEPSINE SUR LA  
 DEGRADABILITE DE LA MATIERE SECHE ET DES  
 PAROIS DE LA PAILLE DE RIZ

Temps d'incu- bation (heures)	Sachets	Dégradabilité de la matière sèche p 100	Dégradabilité des parois (NDF) p 100
24	Traité	41.0 ± 5.1 N = 12	29.7 ± 6.5 N = 12
	non traite	39.6 ± 3.7 N = 12	29.9 ± 3.3 N = 12
48	Traité	57.3 ± 4.3 N = 11	51.2 ± 5.9 N = 11
	non traité	57.4 ± 2.6 N = 10	53.1 ± 6.4 N = 11
72	Traité	65.2 ± 6.4 N = 11	61.5 ± 7.3 N = 10
	non traité	61.4 ± 7.0 N = 17	58.9 ± 6.6 N = 12

TABLEAU 12 : EFFET DU TRAITEMENT A LA PEPSINE SUR LA  
 DEGRADABILITE DE LA MATIERE SECHE ET DES PAROIS  
 DE LA PAILLE DE RIZ : ANALYSE DE VARIANCE

Temps d'incubation (heures)	F	
	Dégradabilité de la matière sèche	Dégradabilité des parois
24	$F_{23}^1 = 0.61$ NS	$F_{23}^1 = 0.00$ NS
48	$F_{20}^1 = 0.00$ NS	$F_{21}^1 = 0.52$ NS
7.2	$F_{27}^1 = 1.99$ NS	$F_{21}^1 = 0.71$ NS

**TABEAU 13 : DEGRADABILITE DE LA MATIERE SECHE (DMS  
ET DES PAROIS (DNDF) DE LA PAILLE DE RIZ  
EN FONCTION DE DIFFERENTES CONDITIONS  
EXPERIMENTALES (RESUME)**

Délai d'incubation (jours)	Porosité du tissu Taille des sachets Lest Régime	30 µ 10 x 20 cm + Fane d'arachide	10-80 µ 10 x 20 cm + Fane d'arachide	10-80 µ 10 x 15 cm Fane d'arachide	10-80 µ 10 x 15 cm + Fane d'arachide	10-80 µ 10 x 15 cm Fane d'arachide	10-80 µ 10 x 15 cm + Aliment composé
	Dégradabilité						
0	DMS	24.0 ± 0.8 N = 5	24.3 ± 2.6 N = 8	23.3 ± 3.1 N = 8	23.3 ± 3.1 N = 8	23.3 ± 3.1 N = 8	22.8 ± 1.3 N =
	DNDF	-	12.5 ± 3.1 N = 4	13.4 ± 3.9 N = 5	13.4 ± 3.9 N = 5	13.4 ± 3.9 N = 5	13.5 ± 3.9 N =
24	DMS	29.5 ± 2.9 N = 15	39.7 ± 6.1 N = 21	37.0 ± 4.8 N = 18	34.9 ± 2.4 N = 7	41.0 ± 4.9 N = 12	30.3 ± 1.6 N =
	DNDF	25.9 ± 3.6 N = 11	31.0 ± 6.8 N = 18	28.9 ± 4.0 N = 14	23.1 ± 2.2 N = 6	29.8 ± 6.3 N = 12	-
48	DMS	45.5 ± 8.7 N = 7	58.1 ± 4.5 N = 20	56.6 ± 2.8 N = 13	53.8 ± 4.3 N = 10	57.3 ± 4.1 N = 11	34.4 ± 1.4 N =
	DNDF	49.7 ± 10.0 N = 6	52.6 ± 6.1 N = 20	50.6 ± 7.0 N = 15	47.6 ± 5.3 N = 10	51.2 ± 5.7 N = 11	-
72	DMS	62.2 ± 6.2 N = 3	67.8 ± 5.2 N = 21	62.1 ± 6.4 N = 16	57.8 ± 5.5 N = 6	65.2 ± 6.1 N = 11	45.8 ± 4.7 N =
	DNDF	61.9 ± 4.14 N = 3	66.1 ± 5.5 N = 20	59.0 ± 6.4 N = 12	55.4 ± 6.0 N = 11	61.5 ± 5.9 N = 10	

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

- 1 - CHENOST M., GRENET E., DEMARQUILLY C., JARRIGE R. 1970.  
The use of nylon bag technique for the study of forage digestion in the rumen and for predicting value.  
**In : Proc. XI International Grassland Congress 1970 :**  
Univ. of Queensland press 1970 - pp 697-702.
- 2 - CIZEK J. 1970 The rate of dry matter disappearance in some grasses and legumes  
**In : Proc. of the XI International Grassland Congress, 1970 - pp. 701-702. University of Queensland press.**
- 3 - DEMARQUILLY C., JARRIGE R., 1981 - Panorama des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages.  
**In : Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants INRA Publi. 1981.- 41-59.**
- 4 - DOREAU B.M., VERITE R., CHAFOUTOT F., 1987 - Méthodologie de mesure de la dégradabilité in sacco de l'azote des aliments dans le rumen.  
**Bull.Tech. CRZV Theix INRA 1987 - pp. 5-7**
- 5 - FALL S.T., 1988 - Utilisation digestive par les ruminants domestiques de ligneux fourragers disponibles au Sénégal  
Méthodologie et premiers résultats.  
**Rapport ISRA/LNERV, REF. N° 59/AL. NUT. - 80 p.**
- 6 - FALL S.T., GUERIN, SALL C., MBAYE N., 1989 Les pailles de céréale dans l'alimentation des ruminants au Sénégal  
**ISRA Etudes et Documents Vol. 1 N° 2, 1989 : 38 p.**
- 7 - FAO/CIPEA, 1984 - Rapport de la consultation d'experts en vue d'une meilleure utilisation des résidus de récolte et sous-produits agro-industriels en alimentation animale dans les pays en développement.  
**CIPEA eds Addis Abéba 5-9 mars 1984.**
- 8 - GOERING et VAN SOEST P.J., 1970 - Forage fiber analysis  
**USDA Handbook N° 379**
- 9 - KEMPTON (T.J.), 1980 - The use of nylon bag to characterize the potential degradability of feeds for ruminants  
**Tropical Animal Production 5 107-116**
- 10- LINDBERG J.E., 1981 - The effect of basal diet on the ruminal degradation of dry matter, nitrogenous compound and cell wall in nylon bags.  
**Swedish J. of Agric. Research 11 : 169-169.**

- 11 - LINDBERG J.E., 197+81 - The effect of sample size and sample structure on the degradation of dry matter, nitrogen and cell wall in nylon bags.  
Swedish J. of Agric. Research 11 : 71-81
- 12 - LINDBERG J.E., VARVIKKO T., 1982 - The effect of bag pore size on the ruminal degradation of dry matter nitrogenous compound and cell wall in nylon bag  
Swedish J. of Agric. Research 12 : 163-171
- 13 - MEHREZ A.Z. et ORSKOV E.R., 1977 - A study of the artificial fibre technique for determining the digestibility of feeds in the rumen  
J. of Agric. Sci., Camb. 88, 645-650.
- 14 - MINSON D.J., 1982 - Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolisable energy.  
Nutrition abstract and Review Serie B. 1982 Vol 82 N° 10
- 15 - MOREL-GARAY G. Etude comparative de la digestibilité des aliments chez les ruminants domestiques obtenue avec la technique classique des bilans *in vivo* et la technique dite des sacs.  
Thèse Maître ès-science Vétérinaire ENV Alfort 1980.
- 16 - ORSKOV E.R., DEBHOWELL F.D., MOULD F., 1980 - The use of nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs.  
Tropical Animal Production 1980 6 : 195-213.
- 17 - ORSKOV E.R. 1984 - Evaluation of crop residue and agro-industrial by product using the nylon bag method.  
In : **Proceedings of FAO/ILCA Expert Consultation ILCA 1984.**  
Eds T.R. PRESTON, B.V. KOSSILA, J. GOODWIN.
- 18 - ORSKOV E.R., MC DONALD I., 1989 - The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weighed according to rate of passage.  
J. Agric. Sci. of Cambridge 1979. 92 : 494-503.
- 19 - FIGDEN W.J., BALCH C.C., GRAHAM - Editors - Standardisation of analytical methodology for feeds.  
**Proceedings of a workshop held in Ottawa Canada 12-14 march 1979** - pp 61-71.
- 20 - PRESTON T.R., LENG R.A., 1984 - Supplementation of diets based on fibrous residues and by-product.  
In : **Straw and other fibrous by product as feed.**  
Eds. F. SUNDSTØL and E. OWEN : pp 376-413.  
Elsevier Press Amsterdam.

- 21 - SAUVANT D., BERTRAND., GIGER S., 1985 - Variation in the prevision of the in sacco dry matter digestion of concentrates and by products.  
**Animal Feed Science and Technology 13** (1985) : 223
- 22 - STERN M.D. ET SATTER L.D., 1983 - Evaluation of nitrogen solubility : The dacron bag technique as method for estimating protein degradation in the rumen.  
**Journ. of Animal Science Vol. 58 N° 3**, 1983 pp 714-724.
- 23 - TILLEY J.M.A. et TERRY F.A., 1963 - A two stage technique for the in vitro digestion of forage crop  
**J. Brit. Grassland Society, 18** : 104-110.
- 24 - UDEN P., VAN SOEST P.J., 1984 - Investigation of the in situ bag technique and a comparison of the fermentation in heifers, sheep, ponies and rabbits.  
**Journal of An. Science, Vol. 58 N° 2**, 1984 pp 213-221.
- 25 - VERITE R., DOREAU-MICHALET B., CHAPOUTOT P., PEYRAUD J.L., FONCET C., 1987 - Revision du système des protéines digestibles dans l'intestin PDI  
**Bull. Techn. CRZV Theix INRA 1987 (70)** : 19-34.
- 26 - VAN SOEST P.J., 1982 - Nutritional ecology of the ruminant.  
**O & B Book Inc. 1982** : pp 90-94.
- 27 - WEAKLEY D.C., STERN M.D., SATTER L.D., 1985 - Factors affecting disappearance of feedstuffs from bags suspended in the rumen.  
**Journ. of An. Science, VOL 56 N° 2**, 1985 : pp 493-504.



## REMERCIEMENTS

L auteur remercie, le Professeur A.L.NDIAYE et le Docteur D. RICHARD, pour les remarques critiques apportées à la rédaction de cet article ainsi que D. FRIOT, pour sa contribution au traitement des données et H. GUERIN, pour ses multiples suggestions.