

# Rapports PSS N° 24

Production Soudano-Sahélienne (PSS)  
Exploitation optimale des éléments nutritifs en élevage

Projet de coopération scientifique

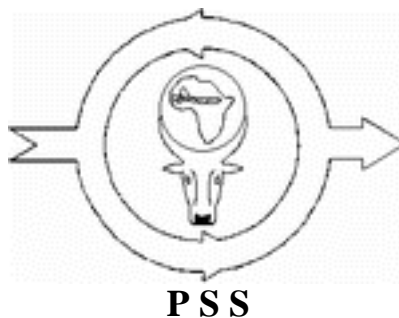
## Ruminants : besoins et alimentation

### Effets de la supplémentation sur le comportement ingestif des ruminants

H. M. van de Poll & I. Heitkönig\*

\*) Département de l'Ecologie Terrestre et de l'Aménagement de la Nature, Université Agronomique de Wageningen (DAN-UAW), Bornsesteeg 69, 6708 PD Wageningen, Les Pays-Bas

IER, Bamako  
AB-DLO, Wageningen, Haren  
DAN-UAW, Wageningen



**Rapports PSS N° 24**

**Wageningen, 1996**

Rapports du projet Production Soudano-Sahélienne (PSS)

---

Numéro 24

## Table des matières

- [1. Introduction](#)
- [2. Comportement ingestif](#)
  - [2.1. Comportement alimentaire](#)
  - [2.2. Selection de la nourriture](#)
  - [2.3. Supplémentation protéique](#)

- [2.4. Supplémentation énergétique](#)
- [3. Facteurs de régulation de l'ingestion et de la digestion des aliments](#)
  - [3.1. Ingestion](#)
    - [3.1.1. Régulation d'ingestion physique](#)
    - [3.1.2. Régulation d'ingestion physiologique](#)
    - [3.1.3. Supplémentation protéique](#)
    - [3.1.4. Supplémentation énergétique](#)
  - [3.2. Digestibilité et cinétique de digestion](#)
    - [3.2.1. Azote : protéine, ammoniacale.](#)
    - [3.2.2. Supplémentation protéique](#)
    - [3.2.3. Hydrates de carbone : sucre, amidon, \(hémi\)cellulose](#)
    - [3.2.4. Supplémentation énergétique](#)
- [4. Comparaison des animaux utilisés dans les expériences](#)
  - [4.1. Comparaison entre les espèces](#)
  - [4.2. Comparaison entre les sous-espèces et les races](#)
- [5. Elaboration de l'étude documentaire](#)
  - [5.1. Références bibliographiques](#)
  - [5.2. Sélection des articles](#)
  - [5.3. Méthodologie utilisée dans les expériences de supplémentation](#)
  - [5.4. Les animaux](#)
  - [5.5. Rations de base](#)
  - [5.6. Suppléments](#)
- [6. Effets de la supplémentation protéique](#)
  - [6.1. Comportement alimentaire](#)
    - [6.1.1. Temps de pâture](#)
      - [Bovins](#)
      - [Ovins](#)
    - [6.1.2. Habitudes de pâture](#)
      - [Bovins](#)
      - [Ovins](#)
    - [6.1.3. Rendement de récolte du fourrage ingéré](#)
    - [6.1.3. Ruminantion](#)
    - [6.1.4. Déplacement\(s\)](#)
  - [6.2. Sélection](#)
    - [Bovins](#)
    - [Ovins](#)
  - [6.3. Ingestion](#)
    - [Bovins gardés à l'étable](#)

- [Bovins en libre pâture](#)
- [Ovins et caprins gardés à l'étable](#)
- [Ovins et caprins en libre pâture](#)
- [6.4. Digestibilité et cinétique de digestion](#)
  - [Bovins gardés à l'étable](#)
  - [Bovins en libre pâture](#)
  - [Ovins et caprins gardés à l'étable](#)
  - [Ovins et caprins en libre pâture](#)
- [6.5. Protéine non dégradable dans le rumen](#)
- [7. Effets de la supplémentation énergétique](#)
  - [7.1. Comportement alimentaire](#)
    - [7.1.1. Temps de pâture](#)
    - [7.1.2. Habitudes de pâture](#)
    - [7.1.3. « Rendement de récolte du fourrage ingéré »](#)
    - [7.1.4. Déplacements](#)
    - [7.1.5. Ruminantion](#)
  - [7.2. Sélection](#)
  - [7.3. Ingestion](#)
    - [Bovins](#)
    - [Ovins](#)
  - [7.4. Digestibilité et cinétique de digestion](#)
    - [Bovins](#)
- [8. Discussion](#)
  - [8.1. Effets de la supplémentation proteique](#)
    - [8.1.1. Comportement alimentaire](#)
    - [8.1.2. Sélection](#)
    - [8.1.3. Ingestion](#)
    - [8.1.4. Digestibilité et cinétique de digestion](#)
    - [8.1.5. Protéine non dégradable dans le rumen](#)
  - [8.2. Effets de la supplémentation énergétique](#)
    - [8.2.1. Comportement alimentaire et sélection](#)
    - [8.2.2. Ingestion et digestion](#)
- [9. Conclusions](#)
  - [9.1. Supplémentation proteique](#)
  - [9.2. Supplémentation énergétique](#)
- [Bibliographie](#)
- [Liste des abréviations](#)
- [Annexe A - Les Animaux dans les Publications](#)

- [Annexe B - Présentation des rations de base](#)
- [Annexe C - Etude des suppléments](#)

« The research for this publication was financed by the Netherlands' Minister for Development Co-operation. Citation is encouraged. Short excerpts may be translated and/or reproduced without prior permission, on the condition that the source is indicated. For translation and/or reproduction in whole the Section DST/SO of the aforementioned Minister should be notified in advance (P.O. Box 20061, 2500 EB The Hague). Responsibility for the contents and for the opinions expressed rests solely with the authors ; publication does not constitute an endorsement by the Netherlands' Minister for Development Co-operation ».

## 1. Introduction

Dans toute la zone aride et semi-aride des tropiques, l'exploitation du bétail se trouve fréquemment confrontée à des situations hostiles. Dans les régions les plus sèches (par exemple, dans le Nord du Sahel), c'est l'eau qui est le principal facteur de limitation de la production. Dans les régions au climat plus humide (par exemple, au Sud du Sahel et au Soudan), c'est la disponibilité en substances nutritives qui limite principalement la production. Le bétail et la production agricole souffrent d'une telle carence. Bien que les ruminants soient susceptibles de faire un usage plus efficace des fourrages de basse qualité - en raison de leur capacité à digérer les parois cellulaires - le manque de substances nutritives dans les régions arides et semi-arides constitue un problème prioritaire pour les éleveurs de bétail ( [Pening de Vries et Djiteye, 1982](#)).

Une façon de pallier (et de venir à bout de) cette carence en substances nutritives - à la fois pour les animaux à l'herbage et pour ceux qui sont élevés en enclos et nourris de paille - est de fournir des suppléments d'alimentation. L'apport de suppléments d'alimentation protéiques accroît la production des ruminants (Caton et al., 1988 ; Guthrie et Wagner, 1988). Des recherches sur les causes et les effets de la supplémentation en N (azote) sont réalisées au niveau mondial. On attache une importance toute particulière à l'utilisation qui est faite des sous-produits industriels, en tant que source protéique largement disponible et peu onéreuse.

Bien qu'une grande partie des recherches soit réalisée sur des animaux que l'on garde à l'étable, on sait beaucoup moins de choses au sujet de la supplémentation des animaux qui paissent sur des surfaces herbagères de basse qualité. Les effets produits sur les caractéristiques d'ingestion et de digestion sont souvent déduits de ceux constatés dans le cadre d'expériences effectuées sur des animaux restant à l'étable. En outre, les effets de la supplémentation sur le comportement alimentaire - observés dans le cadre d'expériences en étable - sont pratiquement impossibles à étudier sur le terrain.

L'objet de la présente étude est de résumer les travaux de recherche réalisés au sujet des effets de la supplémentation sur le comportement ingestif, l'absorption et la cinétique de digestion des ruminants vivant dans des conditions marginales. Pratiquement tous les documents traitent des bovins, des ovins ou

des caprins. On a trouvé peu de documents sur les ruminants sauvages, pouvant être comparés aux résultats des expériences effectuées sur des animaux domestiques. L'accent majeur a été mis sur la découverte de documents récents traitant des animaux en libre pâture. Les recherches sur les animaux vivant en étable n'ont été intégrées que lorsqu'elles paraissaient avoir de l'importance pour les études traitant de ce sujet, et lorsqu'elles étaient comparables à des expériences effectuées sur des animaux en libre pâture.

Cette étude se concentre sur la supplémentation protéique et énergétique étant donné que ces éléments semblent être les suppléments principaux donnés aux animaux vivant dans des conditions marginales. Une attention particulière a été portée à la recherche de documents traitant de l'usage fait des sous-produits industriels en tant que suppléments - ce point étant d'une grande importance pour le projet PSS.

Les chapitres deux et trois de cette étude traitent brièvement de la théorie actuelle et des antécédents en matière de comportement ingestif, d'ingestion et de digestion, qui sont nécessaires pour interpréter, évaluer et comparer les documents traitant de la supplémentation. Le chapitre deux analyse deux aspects du comportement ingestif : le comportement alimentaire et la sélection de la nourriture. Le chapitre trois traite de l'ingestion et de la cinétique de digestion. Après avoir ainsi défini le domaine général des recherches sur la supplémentation, les chapitres quatre et cinq abordent le sujet des antécédents de l'étude documentaire. Au chapitre quatre, on évalue les possibilités et les problèmes relatifs à la comparaison des résultats des expériences effectuées sur différentes espèces et sous-espèces animales. Le chapitre cinq fournit une vue d'ensemble des références bibliographiques utilisées pour cette recherche documentaire, ainsi que les caractéristiques générales des publications découvertes en cours d'étude, et utilisées pour les chapitres suivants.

Dans les quatre derniers chapitres, on trouve les résultats, la discussion et les conclusions de l'étude documentaire. Au chapitre six, on étudie les effets de la supplémentation protéique sur le comportement ingestif des ruminants, et on les compare par catégorie et par article. On fait la même chose au chapitre sept, pour les effets de l'énergie en tant que supplément d'alimentation. On discute au chapitre huit des résultats de cette étude et, au chapitre neuf, on tire les conclusions relatives à l'effet des deux formes de supplémentation sur le comportement ingestif, l'ingestion et la cinétique de digestion des ruminants. Le chapitre neuf traite également, de façon brève, des recherches de certains éminents auteurs sur le thème de la supplémentation.

## **2. Comportement ingestif**

### **2.1. Comportement alimentaire**

Les activités des ruminants en libre pâture peuvent être globalement rangées en catégories telles que : marche ou déplacement, rumination, pâture, épanchement de la soif et repos. Le moment de la rumination et celui du repos sont liés, puisque l'animal passe environ 50 % de son temps de repos à ruminer (Ruckebusch et Bueno, 1978). Selon Le Houérou (1989), un ruminant passe 6 à 10 heures par jour à brouter, 2 à 4 heures à marcher, 4 à 6 heures à ruminer et 6 à 10 heures à se reposer.

La quantité d'heures réellement passées à fourrager est liée à la disponibilité et à la qualité de la nourriture. Au cours de la saison sèche au Sahel - période où l'on dispose de relativement peu de fourrage - les bovins broutaient 5 à 10 % de plus par jour et passaient moins de temps à ruminer. Lorsque l'on disposait de davantage de nourriture au cours de l'hiver, plus de temps se passait dans le repos (Diallo, 1978). Bayer (1990) a noté aussi une augmentation du temps de pâture en saison sèche et, en même temps, moins de rumination en cours de journée. Il a découvert que les bovins reportaient la rumination à la nuit, lorsqu'ils se trouvaient enfermés dans un enclos et ne pouvaient pas brouter.

Le modèle d'activités des ruminants fait généralement apparaître deux périodes principales de pâture : l'une en matinée, après le lever du soleil - l'autre dans l'après-midi (Adams, 1985). Lorsque l'herbage s'est accru, les périodes de pâture des animaux ont commencé plus tôt dans l'après-midi (Bayer, 1990).

L'importance du chemin parcouru est également liée à la qualité du fourrage (Anderson et Kothmann, 1980 ; Rouda et al., 1990). Lorsque la teneur en protéine brute du fourrage est passée de 8,3 à 9,3 %, le déplacement du bétail s'est réduit de 40,7 km par semaine (Anderson et Kothmann, 1980). En fonction de la qualité et de la quantité de la végétation et de ses propres besoins énergétiques, l'animal peut en outre varier l'envergure et le débit de ses bouchées, l'allure de son pas... etc. De cette façon-là, il s'adapte aux caractéristiques de son environnement.

## 2.2. Selection de la nourriture

Lorsqu'il pâit, un animal s'efforce de faire une sélection à différents niveaux. Au niveau du paysage et de la communauté, il pourrait y avoir sélection du lieu de pâture et du site d'alimentation. (Le site d'alimentation est la zone que l'animal peut atteindre avec sa bouche sans qu'il ait à changer de position en déplaçant ses pattes (Novellie, 1978 - dans : Krysl et Hess, 1993)). A une plus faible échelle, la sélection peut se faire au niveau des espèces végétales, et entre les différentes parties d'une plante.

Il s'est avéré que les animaux préféraient les feuilles aux tiges des plantes (Poppi et al., 1980). Au moment de choisir entre des herbes et des légumineuses dont la digestibilité est similaire, les ovins ont préféré les légumineuses (Thornton et Minson, 1973). Cette sélection réalisée au niveau de la plante et des parties de celle-ci peut être liée aux temps de rétention ruminale plus courts des feuilles et des légumineuses (Poppi et al., 1980), et/ou à la concentration supérieure de N à l'intérieur de ces feuilles et légumineuses, ainsi qu'à la fraction ligneuse élevée des tiges (Preston et Leng, 1978).

Le comportement sélectif de l'animal est visible dans sa façon de modifier l'envergure et le débit de ses bouchées, ainsi que dans le mouvement qu'il opère entre un lieu de pâture ou un site d'alimentation par rapport à un autre (Krysl et Hess, 1993). De même, cette sélection est nette lorsqu'on compare des échantillons de fourrage à des échantillons de digesta de l'animal, par exemple des échantillons de rumen ou d'excreta. Hafley et al. (1993) ont découvert que des échantillons d'excreta de vaches présentaient un niveau constant de protéine brute tandis que des échantillons de couche herbeuse taillée à la main (au hasard) présentait un niveau de protéine brute décroissant sur la saison - et ceci dans une mesure telle

que le niveau de protéine brute de d'excreta était « presque deux fois » aussi fort que la teneur en protéine brute (PB) des échantillons taillés à la main.

Caballero et al. (1992) ont découvert - tandis que la qualité des échantillons de fourrage ramassés à la main chutait - que les brebis sélectionnaient une nourriture de qualité constante. La teneur en protéine brute (PB) des échantillons de couche herbeuse a atteint 6,8 % tandis que le pourcentage des échantillons \_sophagiens était de 12,8 %. De la même façon, le pourcentage de matière sèche digestible des échantillons taillés à la main s'est élevé à 29,3 ; les échantillons \_sophagiens contenaient 63,3 % de matière sèche digestible (MSD).

## 2.3. Supplémentation protéique

La supplémentation protéique accroît le rendement d'utilisation du fourrage (Guthrie et Wagner, 1988 ; Barton et al., 1992), et rend ainsi une plus large proportion du pâturage propre à la consommation. On s'attend à ce que cela affaiblisse le besoin de sélection. Une sélection moins forte au niveau des espèces, de la plante et des parties de la plante résulterait en une modification du menu comprenant davantage de tiges et d'herbes, avec de plus grands débit et envergure des bouchées de l'animal (Hess et al., 1992). Une modification des types de mouvement et une réduction du temps de déplacement pourraient le cas échéant découler d'une diminution de la sélection au niveau de la communauté et du paysage.

La durée totale de pâture de l'animal diminuerait en même temps que la nécessité de sélection réduite - nécessité qui prend du temps (à tout niveau) (Barton et al., 1992). On pourrait s'attendre à voir décroître le temps de rumination, de par l'ingestion d'une alimentation de bonne qualité (Welch et Smith, 1969). Sinon, on peut très bien dire que le temps de rumination augmente en raison de l'ingestion accrue de fourrage fibreux, provenant d'une réduction de la sélection (Welch et Smith, 1970).

## 2.4. Supplémentation énergétique

La concentration ruminale de N tombe en-deça des seuils critiques lorsqu'on donne aux animaux un supplément énergétique (Hennessy et al., 1983). Tandis que la digestion diminue, une plus grande partie de la végétation devient indigeste pour l'animal (Weston, 1971), ce qui pourrait impliquer hypothétiquement la nécessité d'une sélection accrue. Au niveau des espèces, de la plante et des parties de la plante, l'envergure et le débit des bouchées de l'animal diminueraient (Adams, 1985). Au niveau de la sélection de la communauté et du paysage, on pourrait s'attendre à un accroissement des mouvements (à la fois entre les sites d'alimentation et au niveau du déplacement réel entre les lieux) (Adams, 1985).

Avec une digestion et une ingestion réduites - et le besoin de sélection qui s'ensuit - on pourrait vraisemblablement s'attendre à une diminution du temps de pâture (Hess et al., 1992).

## 3. Facteurs de régulation de l'ingestion et de la digestion des aliments

## 3.1. Ingestion

L'ingestion correspond à la quantité de nourriture ingérée par un animal. On ne sait pas encore exactement quels mécanismes régulent l'ingestion des ruminants. On propose diverses théories que l'on peut répartir globalement en deux catégories : régulation d'ingestion physique et régulation d'ingestion physiologique.

### 3.1.1. Régulation d'ingestion physique

D'après cette théorie, le facteur principal limitant l'ingestion des ruminants est le remplissage de la panse ou le remplissage des intestins. La vitesse de passage du digesta, à partir de la panse, détermine la quantité ingérée par l'animal. Cette vitesse de passage est liée à son tour à la vitesse de fragmentation du digesta en de plus petites particules pouvant quitter la panse pour pénétrer dans le système digestif ; elle est liée aussi à la vitesse de digestion et au passage du contenu de la panse à l'intérieur du sang.

La vitesse de passage de la nourriture, depuis le rumen, est définie par la qualité de cette nourriture, par le type de système digestif et le type d'animal concerné. Une nourriture de grande qualité (contenant peu de fibres) est rapidement transformée en de plus petites particules ; en conséquence, son temps de rétention est bref et sa vitesse de passage est très rapide. L'ingestion des animaux consommant des aliments d'excellente qualité est importante. La nourriture de basse qualité, par exemple les herbes tropicales fibreuses C<sub>4</sub>, se caractérise par un long temps de rétention et une vitesse de passage lente.

L'ingestion des animaux se nourrissant d'herbes tropicales peut être très faible, empêchant l'animal d'ingérer les substances nutritives nécessaires.

Le rôle de la digestibilité dans la théorie de régulation d'ingestion physique est indirect. La période pendant laquelle la matière ingérée reste dans la panse détermine la vitesse de digestion potentielle. Pour une ingestion et une vitesse de passage supérieures, la digestion est réduite (van Soest, 1982).

Le remplissage du rumen varie d'une espèce animale à une autre. Selon van Soest (1982), il est prévisible que le remplissage de la panse est constitué de 20 à 50 g de parois cellulaires par kg de PP<sup>0,75</sup> de l'animal. Hyston et al. (op. cit.) trouvent également des valeurs de ce type pour les ovins et les bovins ; Gonzalez et al. (1990) en font de même pour les veaux.

L'animal essaie de consommer la nourriture jusqu'au remplissage maximum. Capacité de traitement ruminal : vitesse de digestion, vitesse de passage et temps de rétention sont déterminés par le type de système digestif. En consommant la même nourriture, le temps de rétention ruminal est plus important chez les vaches que chez les chèvres (Huston et al., 1986).

Ce qui précède est représenté par Thornton et Minson (1973) à la Figure 1. Sur la base d'ingestions différenciées d'herbes et de légumineuses de même digestibilité, mais avec des temps de rétention différents, Thornton et Minson (op. cit.) concluent que l'ingestion de matière organique digestible et le



temps de rétention sont interdépendants. La digestibilité est liée à l'ingestion de matière organique digestible (MOD), et ceci indirectement via le temps de rétention.

*Figure 1 : Relation temps de rétention, MOD, MOI et ABMD pour les ruminants. (D'après : Thornton et Minson, 1973).*

### 3.1.2. Régulation d'ingestion physiologique

La critique ou la modification du concept de régulation d'ingestion physique a été traitée par des auteurs tels que Hennessy et al. (1983), Preston et Leng (1987), McCollum et Galyean (1985), Donaldson et al. (1991), Ketelaars et Tolkamp (1992), Oosting (1993) et Krysl et Hess (1993).

Weston (1971 - chez : Hennessy et al., 1983) a démontré que la taille de la panse n'est pas constante et que la vitesse de passage peut être réglée par le ruminant dans certaines circonstances. On peut en conclure que l'ingestion peut être régulée par quelque mécanisme autre que le remplissage physique. On pense que des facteurs physiologiques, par exemple : les exigences métaboliques au niveau du tissu, contrôlent l'ingestion. Chez les animaux monogastriques, il s'agit d'une régulation affirmée.

Divers auteurs (McCollum et Galyean, 1985 - Preston et Leng, 1987 - Donaldson et al., 1991 - Oosting, 1993) considèrent que la carence en acide aminé de l'intestin grêle fait figure de solution plausible au problème de la régulation de l'ingestion. Les protéines non dégradables dans le rumen résoudraient le problème du déséquilibre métabolique et augmenteraient l'ingestion en développant directement les niveaux d'acide aminé dans les parties terminales de l'intestin. Ceci fait l'objet d'une nouvelle discussion au paragraphe 3.1.3.

Ketelaars et Tolkamp (1992) ont proposé une théorie encore plus extrême pour la régulation d'ingestion physiologique des aliments. Ils ont soutenu qu'un animal essaiera toujours d'utiliser de façon optimale son énergie « métabolisable », minimisant ainsi l'oxydation.

En fin de compte, c'est l'oxygène qui est responsable du vieillissement du corps. L'ingestion des aliments est également soumise à l'optimisation énergétique « métabolisable ». Le rapport coût/bénéfice d'une alimentation de basse qualité est très élevé. Il faut une certaine quantité d'énergie pour mâcher, traiter et digérer les matières fibreuses lignifiées tandis que les bénéfices nutritifs correspondants demeurent bas. Si l'on donne à l'animal une matière de qualité élevée, cela permet d'obtenir une digestion plus efficace.

### 3.1.3. Supplémentation protéique

Kellaway et Leibholz (1983) attribuent les effets bénéfiques de la supplémentation protéique aux effets suivants :

- Lent dégagement de  $\text{NH}_3$  et d'énergie à l'intérieur du rumen, à la suite de la fragmentation protéique.

Eu égard à la décomposition lente et au dégagement consécutif peu rapide, tous les composants peuvent

être utilisés par l'animal.

- Absorption accrue des acides aminés essentiels.
- Energie supplémentaire, y compris celle qui est issue de la glycogénèse du foie.
- Stimulation de l'ingestion.

La stimulation prévisible de l'ingestion, qui devrait résulter en un gain de poids vif ajouté, peut être expliquée par les diverses théories existantes en matière de régulation d'ingestion alimentaire.

En premier lieu - hormis l'effet positif du supplément même sur l'équilibre azote-énergie - des gains complémentaires peuvent être attendus de « l'effet associatif » : la supplémentation protéique rehausse la concentration ruminale d'azote, et ceci au-delà du seuil minimum nécessaire au développement microbien (Preston et Leng, 1987). Il résultera d'une population microbienne accrue une meilleure utilisation du fourrage de basse qualité parce qu'une meilleure digestion est possible. De plus, le flux de corps microbiens sert de source protéique complémentaire à l'intérieur des parties terminales de l'intestin.

Au vu de la théorie de régulation d'ingestion physiologique, la supplémentation protéique accroît l'ingestion en raison de l'effet qu'elle produit sur quelque facteur métabolique indéfini ou sur la carence en substances nutritives qui limite l'ingestion (Preston et Leng, 1987). Smith (1962) a suggéré qu'une modification de l'équilibre en acide aminé pouvait être la cause de l'effet favorable produit sur l'ingestion.

La théorie de la régulation d'ingestion physique explique l'augmentation de l'ingestion par une vitesse de passage supérieure du digesta, ainsi que par une vitesse plus grande de digestion à l'intérieur du rumen, lorsque l'animal prend une alimentation de meilleure qualité (Judkins et al., 1987).

Un autre mécanisme résultant en une absorption accrue d'acide aminé par le corps est celui des protéines non dégradables (Hennessy et al., 1983). Un certain nombre d'auteurs attribuent principalement les résultats positifs de la supplémentation protéique à ces protéines non dégradables dans le rumen.

Les protéines dégradées par les microbes à l'intérieur du rumen « retournent » à l'animal via l'absorption de corps microbiens. Cependant, ces corps microbiens ont une composition constante en acide aminé. Ceci pourrait conduire pour l'animal à des déséquilibres métaboliques (Maynard et al., 1979 - Preston et Leng, 1987). Les microbes font circuler les protéines non dégradables dans le rumen - sous forme non dégradée - vers l'intestin grêle où elles subissent une fragmentation enzymatique et sont absorbées (Hennessy et al., 1981 - Preston et Leng, 1987 - Ketelaars et Tolcamp, 1992).

De nombreux autres sous-produits industriels, tels les tourteaux de coton ou le gluten de maïs mais aussi les légumes, sont riches en protéines non dégradables dans le rumen (Kellaway et Leibholz, 1983 - Preston et Leng, 1987 - Sarwiyono et al., 1992 - Ketelaars et Tolcamp, 1992).

### **3.1.4. Supplémentation énergétique**

Contrairement à l'influence positive que produit la supplémentation protéique sur l'ingestion, sur la digestibilité et sur les performances de l'animal, la supplémentation énergétique semble avoir des effets négatifs sur les performances de ce dernier. La population microbienne du rumen se multiplie à cause du flux énergétique accru. Les concentrations ruminales peuvent tomber en-deçà du seuil critique parce qu'on utilise du  $\text{NH}_3\text{-N}$  pour élaborer les protéines microbiennes du corps. En conséquence, la digestibilité et l'ingestion pourraient diminuer (van Soest, 1982 - Hafley et al., 1993).

## 3.2. Digestibilité et cinétique de digestion

Nous débattons ici de certains aspects de la physiologie digestive des ruminants dans la mesure où ils sont importants pour comprendre la documentation relative à la supplémentation.

### 3.2.1. Azote : protéine, ammoniacque.

L'azote de la panse peut être réparti en de l'azote non protéique (ANP), une protéine dégradable (PD) et de l'azote non dégradable ou protéine non dégradable dans le rumen (PNDR).

Les bactéries de la panse peuvent utiliser **à la fois** les protéines - exception faite de la protéine non dégradable - et l'azote non protéique tel que l'ammoniacque afin de constituer les acides aminés nécessaires à leur développement et à leur reproduction. Les protozoaires ne peuvent pas métaboliser leurs propres acides aminés. Ils utilisent pour leur croissance une protéine alimentaire ou consomment les corps bactériens.

En-dehors du rôle qu'elles jouent dans la digestion de l'hydrate de carbone, les bactéries du rumen sont également vitales à l'apport d'azote à l'animal. Un flux constant de microbes est lessivé à partir du rumen. Ces corps microbiens sont utilisés en tant que source protéique dans l'intestin grêle. A l'intérieur de celui-ci, les protéines non dégradables et les microbes sont fragmentés sous forme d'acides aminés, ceci par dégradation enzymatique. Les acides aminés sont absorbés dans la veine porte.

Les protéines dégradables dans le rumen sont fragmentés en acides aminés, qui sont séparés en acides gras volatils et en ammoniacque. Les acides gras volatils suivent une voie identique à celle décrite pour les hydrates de carbone. Bien que les acides gras représentent une source d'énergie, ils sont perdus pour l'animal, en tant que source d'azote.

L'ammoniacque du rumen - c.-à-d. d'origine alimentaire ou provenant de la fragmentation des protéines - est absorbée dans le sang et transporté jusqu'au foie. La totalité de l'ammoniacque regroupée dans le foie se compose de cette ammoniacque ruminale, ainsi que de l'ammoniacque qui s'est formée au cours de la fragmentation des acides aminés en provenance de l'intestin grêle. Toute cette ammoniacque est recyclée en direction de la panse, via la salive. Elle peut être ici réutilisée par les microbes afin de former une protéine (Maynard et al., 1979).

Si la concentration d'azote dans la panse est trop faible, la population microbienne se détériorera. En conséquence, la digestion sera moins efficace (Preston et Leng, 1987). Slyter et Satter (1974, chez : de Waal et al., 1980 - van Soest, 1982 - et Judkins et al., 1987) ont découvert une valeur minimale de concentration de N pour une synthèse microbienne optimale. La concentration ruminale de N disponible devrait être d'au moins 20 à 50 mg de N par litre de liquide du rumen, pour une synthèse optimale. Pour une digestion maximale, il est nécessaire d'avoir des niveaux supérieurs d'ammoniaque.

Si l'on traduit ceci en terme d'ingestion, cela voudrait dire que l'alimentation contenant moins de 6 à 8 % de protéine brute limiterait la population microbienne (van Soest, 1982).

### **3.2.2. Supplémentation protéique**

On suppose que l'augmentation de la digestion et les temps de rétention minimisent la supplémentation protéique suivante. En premier lieu, la qualité du supplément en tant que tel est supérieure à celle de l'alimentation de base ; par conséquent, sa digestion se fait de manière plus optimale. De plus, la concentration ruminale de N - sous forme de  $\text{NH}_3$  - se trouve accrue jusqu'à atteindre le niveau supérieur au seuil critique, pour la régénération microbienne (Preston et Leng, 1987). Ceci favoriserait également la digestion et la fermentation.

Van Soest (1982) prévoit des vitesses de passage plus élevées du fait de l'augmentation des niveaux d'ingestion faisant suite à la supplémentation protéique. Une des conséquences du passage accéléré du digesta est que la digestibilité de l'animal diminue.

Il est prévisible que le flux protéique accru soit suivi d'un accroissement des concentrations ruminales de  $\text{NH}_3$  et d'acide gras volatil (tous deux étant des produits de la décomposition protéique). En raison de la fermentation accrue de l'alimentation de base, la concentration en acide gras volatil augmenterait même davantage (Preston et Leng, 1987).

### **3.2.3. Hydrates de carbone : sucre, amidon, (hémi)cellulose**

La totalité des hydrates de carbone digérés à l'intérieur de la panse est transformée en acides gras volatils (AGV) tels que l'acétate, le propionate et le butyrate. La part des acides gras correspondants dépend du type d'alimentation dont sont dérivés les hydrates de carbone, et de la composition microbienne de la panse. En empruntant cette voie, il y a dégagement de  $\text{H}^+$  et l'acidité de la panse décroît en conséquence. En vue de maintenir un pH équilibré, il y a formation de méthane en utilisant du  $\text{H}^+$ . Le méthane s'échappe du rumen et n'est pas autrement utilisé pour produire de l'énergie.

Les acides gras volatils sont absorbés en traversant le rumen (la panse), le bonnet, le feuillet et le gros intestin pour atteindre la veine porte. A l'intérieur du foie, les métabolites d'hydrate de carbone sont réunis à nouveau sous forme de glucose. Le glucose sera oxydé afin de produire de l'énergie sous forme de ATP (Maynard et al., 1979).

### 3.2.4. Supplémentation énergétique

L'une des conséquences de la supplémentation énergétique réside dans le fait que les concentrations ruminales de  $\text{NH}_3$  chutent, comme cela a été décrit au paragraphe 3.1.4. Dans les rations de basse qualité limitées en azote, les concentrations en N de la panse vont chuter en-deça du niveau requis pour le développement microbien. La fermentation diminuera de façon concomitante. Conséquemment, une digestibilité faible est prévisible à la suite d'une supplémentation énergétique (Hennessy et al., 1983).

Les taux de fermentation baisseront et on s'attend à ce que les temps de rétention augmentent et que les vitesses de passage diminuent. La concentration ruminale en acide gras volatil devrait chuter, par suite d'un affaiblissement de la digestion (Weston, 1971).

## 4. Comparaison des animaux utilisés dans les expériences

Les animaux décrits dans le présent rapport proviennent d'espèces, de sous-espèces et d'origines différentes ; ils ont été soumis à des situations expérimentales diverses. Dans les documentations, l'UET - ou Unité d'Élevage Tropicale - est une unité quantitative couramment utilisée lorsqu'il s'agit de comparer des animaux dans des contextes de recherche différents. Une unité d'élevage tropicale représente 250 kg de zébu (*Bos indicus*) sec à maturité, maintenue au niveau d'entretien (le Houérou, 1979). Il s'agit là d'une expression très limitée cependant car la mesure selon laquelle il est possible de comparer divers animaux demeure peu précise. Peut-on convertir les ovins en UET ? Y-a-t-il des variations d'une race à l'autre, en plus des différences fonctionnelles entre les espèces ? Comparer des animaux ne peut être réalisé que si l'on connaît ces variations et si l'on en tient compte.

### 4.1. Comparaison entre les espèces

Étant donné qu'une vache est un animal plus lourd et plus gros qu'une chèvre, il semble logique qu'une vache mange davantage qu'une chèvre. Si l'ingestion de nourriture se trouve limitée par la taille, et le remplissage, de la panse - ainsi que l'expose la théorie de régulation de l'ingestion physique - , une ingestion supérieure peut s'expliquer par un volume de panse en augmentation. Il s'agit là d'une augmentation disproportionnée ; le volume de la panse des bovins est de 26 % de poids vif, tandis que le volume de la panse d'un cervidé atteint seulement 8 % de PV (Prins, 1987).

Les gros animaux présentent un rapport surface/volume meilleur que celui des petits animaux. En conséquence, les animaux de grande taille ont un métabolisme de base plus faible et ingèrent donc relativement (par kg de PP) moins de nourriture que les animaux de plus petite taille. Chez les caprins, l'ingestion de matière sèche fourragère est de 5 à 6 % du PV - chez les ovins : 3 à 4 %, et chez les bovins : 1,5 à 2,5 % (le Houérou, 1989). L'ingestion devrait donc être exprimée par rapport au poids métabolique :  $P^{0,75}$ , ou P (poids) par rapport à un facteur pouvant être même inférieur (van Soest, 1982).

La chèvre - animal particulièrement attentif à la sélection de sa nourriture - consomme non seulement davantage de nourriture que la vache, par rapport à son poids vif, mais sélectionne également une alimentation de meilleure qualité. La vache, en tant que « paiseur », ingère relativement moins de nourriture et celle-ci est de basse qualité. Une vache peut vivre d'une petite ration de basse qualité car l'utilisation qu'elle fait de la nourriture est beaucoup plus efficace que celle d'une chèvre. Le temps de rétention du digesta à l'intérieur du rumen est plus long ; la vitesse de passage est plus lente et la digestion est meilleure. On peut néanmoins discuter quant au fait que la différence de cinétique du digesta est une conséquence du niveau d'ingestion, ainsi que du niveau de sélection, ou bien sur le fait qu'un système digestif fonctionnant différemment implique la nécessité de prendre une certaine quantité de nourriture de qualité élevée.

Hofmann (1989) a prouvé que le comportement alimentaire des ruminants est déterminé par le type de système digestif. La preuve morphologique permet d'établir que le système digestif des paiseurs est « plus jeune », en terme d'évolution, que le système digestif des animaux particulièrement attentifs à la sélection de leur nourriture. Ceci démontrerait que le système digestif des ruminants a évolué (ou continue à évoluer) pour s'adapter mieux encore à la série des matières fibreuses lignifiées.

Rector (1983) et Huston et al (1986) ont découvert que, même en consommant une alimentation de digestibilité identique, les bovins ont des temps de rétention plus longs et une meilleure digestion que le cerf (cervidé) ou la chèvre, tous deux étant des animaux particulièrement attentifs à la sélection de leur nourriture. Ils ont conclu en affirmant que les différences de digestibilité entre les espèces sont liées aux différences au niveau du temps de rétention et du taux de rotation.

La panse des petits chevreuils mâles n'est peuplée que de microbes à croissance rapide, tandis que les plus grands cerfs ont des protozoaires qui se régénèrent plus lentement. La population microbienne de la panse d'un bovin se reproduit même moins rapidement.

Des protozoaires à séparation plus lente n'auraient pas le temps d'envahir convenablement le digesta chez les chevreuils mâles qui broutent. En outre, le taux de résidus sortant de leur panse est trop élevé pour maintenir une population fonctionnelle. Ces différences de population microbienne sont liées aux différences de ration et de taux de rotation du digesta, entre les diverses espèces animales (van Soest, 1982 ; Huston et al., 1986 ; Prins, 1987 ; Hofmann, 1989).

On peut conclure en disant que les dissemblances entre espèces, en terme de composition alimentaire, sont directement liées à l'adaptation évolutionniste d'une digestion de parois cellulaires végétales. Cette adaptation relative est démontrée par des aspects tels que la capacité de digestion et la rétention ruminale. Chez les chevreuils mâles, rotation rapide et digestion lente rendent indispensables une alimentation de haute qualité et quantité. Des caractéristiques physiques, telles qu'une bouche de petite taille, améliorent la sélection. Pour les animaux à l'herbage, une digestion et une rumination efficaces permettent à l'animal de survivre avec du fourrage de basse qualité extrêmement fibreux. Cela signifie qu'il est impossible de comparer une chèvre à une vache sur un plan quantitatif : ses besoins et, en conséquence son alimentation, sont différents.

## 4.2. Comparaison entre les sous-espèces et les races

L'une des opinions que l'on trouve fréquemment dans les livres est que le boeuf à bosse/zébu (*Bos indicus*) fait un usage plus efficace de la nourriture que ses homologues européens (*Bos taurus*). Les recherches effectuées par Hungate et al. (1960, Howes et al. (1961), Phillips (1961), et Phillips et Lampkin (1964) ont confirmé que le zébu a un taux de fermentation supérieur au *B. taurus*.

Howes et al. (1963) expliquent que cette fermentation plus élevée résulte d'un meilleur fonctionnement microbien à l'intérieur de la panse. Phillips (1961) attribue cela à un taux de salivation supérieur.

Hungate et al. (1960) notent que les animaux tirent peu d'avantages supplémentaires d'un surcroît de fermentation : le portage de la matière fibreuse empêche l'ingestion complémentaire de matière de plus grande qualité. Des temps de rétention présentant d'importantes dissemblances n'ont jamais été démontrés. En outre, la majeure partie du gain énergétique potentiel est perdue chez le zébu, lors de la formation du méthane (Hungate, op. cit.).

Il n'est donc pas surprenant que le *B. indicus* ne puisse concurrencer le *B. taurus* qu'en terme de production, en se nourrissant d'une alimentation de basse qualité. Avec une ration de bonne qualité telle que la luzerne, les résultats du *B. taurus* furent meilleurs. (Hungate et al., 1960).

Il fut impossible de découvrir des différences de consommation entre le *B. indicus* et le *B. taurus*, ou celles-ci pouvaient être liées à la taille du corps ou à la production laitière. Bayer (1990) fait état d'une tension thermique moindre chez les zébus. Etant donné que ladite tension thermique est connue pour faire baisser l'ingestion, cette propriété pourrait expliquer les résultats meilleurs obtenus dans des circonstances propres au troupeau de zébus.

Le *B. indicus* se déplace davantage chaque jour que le *B. taurus* (Rouda et al., 1990). Il boit moins, mais plus souvent (Hungate et al., 1960).

En conclusion : lorsqu'on compare quantitativement le *Bos indicus* au *Bos taurus*, l'environnement expérimental, la qualité de la nourriture et les circonstances qui sont propres à l'animal doivent être pris en compte.

## 5. Elaboration de l'étude documentaire

### 5.1. Références bibliographiques

Les références bibliographies suivantes ont fait l'objet de recherches dans le cadre de publications traitant de la supplémentation et ayant été publiées jusqu'au mois d'août 1994 :

- AGRALIN
- AGRICOLA

- AGRIS
- AGRIS SEARCH - toutes les éditions (la plus récente édition est en cours)
- BEAST CD - de 1973 jusqu'à la plus récente édition
- BIOSIS - de 1960 jusqu'à la plus récente édition
- BREMAN OVERDRUK COLLECTION
- CABI (Cambridge Extracts) - toutes les éditions
- ILCA - bibliographies du Mali, d'Ethiopie, du Malawi et du Kenya
- LIFESCIENCE COLLECTION (bulletins signalétiques)
- PASCAL - à partir de 1973 (documentations françaises et francophones)
- RESADOC - (bibliographie sur l'élevage au Mali)
- SESAME - 1992 (documentations françaises et francophones)
- SMALL RUMINANT NETWORK (petit réseau des ruminants)
- TROPAG-RURAL (les trois dernières éditions)
- ZOOLOGICAL RECORDS

Les mots-clés utilisés furent les suivants : supplément\* (*supplément/complément*), nitrogen\* (*azote*), protein\* (*protéine*), cotton seed\* (*graine de coton*), ruminant\* (*ruminant*), cow\* (*vache*), cattle (*bovins*), goat\* (*chèvre/caprins*), sheep and bovine\* (*ovins et bovins*), associés à : grazing(*pâturage*), feed\* (*alimentation/nourriture*), digest\*(*digérer*) et/ou behavior\* (*comportement*).

Pour faire la recherche dans les bases de données françaises, ces mots-clés ont été traduits en français grâce à l'aide de certaines personnes fort sympathiques du CTA.

On a procédé à une recherche documentaire complémentaire suivant la technique de la « boule de neige », utilisant des bibliographies issues d'articles connexes dans le but de trouver de nouvelles documentations.

## 5.2. Sélection des articles

Le nombre d'articles qui est ressorti de la recherche bibliographique fut tellement important que l'on a procédé à une sélection complémentaire avant de les lire. On a choisi des publications dans lesquelles le contexte expérimental était comparable aux conditions marginales des pays tropicaux. Eu égard à la quantité assez faible d'articles traitant de conditions purement tropicales, certaines publications décrivant des travaux de recherche correspondants réalisés dans des étables, en utilisant du foin, furent également utilisées.

On a lu principalement des publications traitant de la supplémentation protéique en raison de l'accent mis, dans les recherches en cours, sur l'utilisation de sous-produits industriels comme suppléments protéiques. Ceci est particulièrement valable pour les pays tropicaux où ces sous-produits seraient susceptibles de servir de sources d'azote, disponibles et peu coûteuses.

## 5.3. Méthodologie utilisée dans les expériences de supplémentation



Enregistrement des données comportementales suivantes : données relatives à la répartition du temps, distance parcourue, nombre de bouchées au pas.

La quantité de pas enregistrée et la distance parcourue furent souvent notées grâce à un podomètre ou un enregistreur de vibrations, système qui est également sensible aux mouvements de la mâchoire (pour exemple : Ruckebusch et Bueno, 1978). Les données comportementales purent aussi être rassemblées en observant directement les animaux (p.e. : Adams, 1985 ; Van Nierop, 1993). Selon plusieurs auteurs (cf. Krysl et Hess, 1993), ces deux méthodes ont donné des résultats comparables sur la répartition du temps.

La quantité de nourriture ingérée se mesure fréquemment grâce à un marqueur - par exemple : du chlorure d'erbium (Er), de l'ytterbium, de l'oxyde chromique ou un marqueur de terre rare - que l'on pulvérise sur le foin ou que l'on introduit directement dans la panse. On connaît les concentrations du marqueur à l'ingestion, après quoi on utilise des concentrations fécales pour calculer la quantité de matière totale ingérée (pour exemple : Van Soest, 1982 ; Huston et al., 1986 ; Caton et al., 1988 ; Barton et al., 1992). On peut aussi découvrir la quantité ingérée à partir du temps de pâture multiplié par le débit de préhension de la nourriture et par la quantité de nourriture ingérée par bouchée (p.e. : Falvey, 1977), ou du poids de la matière fécale\* MOD (Barton et al., 1992).

Lyons et al. (1993) ont utilisé la méthode de la spectroscopie des fèces (par réflexion d'infrarouge proche), afin d'analyser la qualité de l'alimentation de l'animal. D'ordinaire, cette qualité est cependant établie à partir d'échantillons prélevés dans le rumen, ou bien à partir d'analyses fécales (la plupart du temps en utilisant des échantillons de prise rectale) et à partir d'échantillons d'herbage (Van Soest, 1982 - Krysl, 1989). Dans la plupart des cas, les animaux soumis aux tests étaient en quelque sorte munis d'un conduit fistulaire ou d'un tube situé par exemple dans le rumen, dans l'\_sophage ou dans les intestins. Il fut ainsi possible de mesurer les données relatives à la qualité de l'alimentation, la cinétique et les concentrations ruminales (p.e. : Adams, 1985 ; Donalson et al., 1991 ; Hafley et al., 1993). Sinon, on a pu découvrir les qualité et quantité de la matière digérée en abattant les animaux, comme l'ont fait Huston et al., 1986.

## 5.4. Les animaux

L'[annexe A](#) donne un aperçu des animaux qui furent utilisés pour des expériences destinées à être publiées. Il apparaît nettement que l'on utilise relativement peu de zébus pour faire des expériences. Une partie des expériences réalisées avec les zébus le sont dans des conditions moins bonnes ou du moins dans un contexte plus difficile à contrôler que la plupart des expériences effectuées sous des climats tempérés, sur des races européennes (Bartholomew et al., 1992 ; Gbodi et al., 1990 ; Van Nierop, 1993). Néanmoins, les conditions expérimentales sont celles auxquelles les troupeaux de zébus devraient s'adapter naturellement. Les résultats devraient donc être comparables à ceux des expériences réalisées sur le *Bos taurus spp.*, dans des conditions soumises à un plus grand contrôle.

Les chèvres sont principalement utilisées pour des expériences en étable - aucune documentation traitant

de chèvres en libre pâture n'a été découverte.

## 5.5. Rations de base

On trouve dans l'[Annexe B](#) une vue d'ensemble des rations de base consommées par les animaux au cours des expériences. La plupart du temps, la qualité des fourrages tropicaux n'a pas été spécifiée.

## 5.6. Suppléments

Dans le cadre des expériences, les suppléments alimentaires ([annexe C](#)) sont allés du foin pulvérisé au tourteau de coton pour les suppléments protéiques. Comme suppléments énergétiques, on a utilisé des produits riches en amidon/pauvres en protéine, tels que le maïs ou le sorgho. De même en ce qui concerne les quantités : de l'auto-alimentation à l'alimentation hebdomadaire par petite quantité.

## 6. Effets de la supplémentation protéique

### 6.1. Comportement alimentaire

#### 6.1.1. Temps de pâture

##### Bovins

Maiga (1989), Barton et al. (1992), Hess et al. (1992a), Krysl (1992) et Van Nierop (1993) ont découvert une réduction du temps de pâture suite à la supplémentation, dans le cas du bétail en libre pâture. Falvey (1977) n'a trouvé aucune différence au regard du temps passé à brouter.

##### Ovins

De Waal et al. (1980) n'ont trouvé aucune différence au niveau du temps de pâture, chez les ovins.

L'effet de la supplémentation protéique sur le temps de pâture est indiqué au tableau 1.

*Tableau 1 : Temps passé à brouter des animaux ayant reçu un supplément d'azote*

	A diminué	Sans changement	A augmenté
BOVINS	Maiga 1989	Falvey 1977	
	Barton et al. 1992		
	Hess et al. 1992a		

	Krysl 1992		
	Van Nierop 1993		
OVINS			De Waal et al. 1980

## 6.1.2. Habitudes de pâture

### Bovins

*La supplémentation a apparemment modifié les habitudes de pâture, exception faite de la diminution ou de l'augmentation du temps de pâture. Dans une étude similaire, Barton et al. (1992) n'ont trouvé aucune différence au niveau du comportement ou de la dynamique d'ingestion, entre les boeufs ayant reçu le supplément le matin (« a.m. : ante meridiem/avant midi ») et ceux l'ayant reçu l'après-midi (« p.m. : post-meridiem/après-midi »). Van Nierop (1993) rapporte le fait que les boeufs ne commencent pas à brouter immédiatement après avoir reçu le supplément. Ceci a conduit à un temps total de pâture plus court. Falvey (1977) fait état du fait que le temps de pâture du groupe ayant reçu un supplément a diminué le jour même où le supplément a été fourni. Néanmoins : « cette réduction était presque entièrement compensée par une pâture complémentaire durant les jours suivants, avant le prochain jour de supplémentation alimentaire », résultant en une non-modification du temps de pâture total.*

*Dans leur analyse, Krysl et Hess (1993) n'ont découvert aucune raison de soupçonner un déplacement du type de pâture entre la nuit et le jour. A partir des recherches sur les bovins effectuées par Dunn et al. (1988, dans : Krysl et Hess, 1993), ceux-ci indiquent par ailleurs que : « les expériences de pâture antérieures peuvent influencer le comportement actuel ».*

### Ovins

*Hatfield et al. (1990) ont découvert que les ovins - comme les bovins - ruminait immédiatement après avoir reçu leur supplément ; par ailleurs, ils ne se mettaient pas à brouter pendant plusieurs heures. Les ovins ayant reçu leur supplément le matin déplaçaient leur activité de pâture à l'après-midi (Hatfield et al., 1990).*

## 6.1.3. Rendement de récolte du fourrage ingéré

*Exprimé en des termes divers et par différents observateurs, il est fait état d'une efficacité ou d'un rendement supérieur(e) de récolte du fourrage ingéré lorsqu'on décrit le comportement visant à fourrager, dans le cadre de la supplémentation. Barton et al. (1992) relate un surcroît d'intensité de la pâture des bovins à l'herbage - bovins ayant reçu un supplément protéique. Une pâture intensive implique la prise de davantage de bouchées entre les déplacements visant à changer de site d'alimentation, par opposition à la pâture « de recherche » dans le cadre de laquelle l'animal prend quelques bouchées puis sélectionne un nouveau site d'alimentation. L'envergure réelle des bouchées, ou leur débit, n'a fait l'objet d'aucune recherche dans le cadre de cette étude. Maiga (1989) décrit une*

*efficacité améliorée de l'action visant à fourrager - efficacité mesurable par un ratio supérieur « bouchée/pas », et par le ratio « temps d'alimentation/pas ». En appliquant de tels ratios, on ne dit rien de l'ingestion en tant que telle. Van Nierop (1993), par exemple, a découvert un ratio réduit des bouchées, dans le cas des boeufs ayant reçu un supplément. On ne sait pas néanmoins si l'ingestion du groupe ayant reçu le supplément était supérieure à celle du groupe n'ayant pas reçu de supplément.*

*Krysl (1992) a découvert un rendement supérieur de récolte du fourrage ingéré chez des bovins en libre errance. Dans leur analyse, Krysl et Hess (1993) ont élaboré l'hypothèse suivant laquelle l'ingestion et la digestibilité seules ne représentaient pas clairement les effets que produit la supplémentation sur un animal. Conséquemment, ils ont rassemblé le comportement de pâture et ses effets sur la dépense en énergie sous l'expression de « Rendement de Récolte (du fourrage ingéré) » (RR). Ce rendement de récolte est calculé en tant qu'IMOF, en gramme.kilogramme de PP<sup>-1</sup>.minute passée à brouter<sup>-1</sup>. Cette expression ne peut pas être utilisée lorsque l'ingestion a été calculée sur la base du temps passé à brouter ; les données doivent être rassemblées séparément.*

*En utilisant l'expression prédécrite, Krysl et Hess (1993) ont démontré que la supplémentation protéique relevait le rendement de récolte de 8 à 60 %, pour les expériences réalisées par Barton et al. (1992) et Hess et al. (1992, chez : Krysl et Hess, 1993). En appliquant l'expression de « pâture intensive » - en tant que synonyme d'un rendement de récolte supérieur - les auteurs suivants ont découvert une augmentation du temps passé à brouter de façon intense : Maiga, 1989 ; Barton et al., 1992 ; Krysl, 1992 ; Krysl et Hess, 1993. Il n'a pas été fait état d'une non-modification ou d'une réduction du rendement de récolte.*

### **6.1.3. Rumination**

*Pour les bovins en libre pâture, Napoli et Santini (1989) ont trouvé une réduction du temps passé à ruminer. Van Nierop (1993) relate une augmentation de la rumination, pendant la journée, chez les boeufs ayant reçu un supplément.*

### **6.1.4. Déplacement(s)**

*Seuls deux articles ont mentionné de véritables déplacements. Rouda et al. (1990) ont découvert un déplacement inchangé après la supplémentation protéique de bovins en libre pâture. Hatfield et al. (1990) mentionne davantage de déplacements pour les ovins ayant reçu un supplément.*

## **6.2. Sélection**

### **Bovins**

*Judkins et al. (1985), Caton et al. (1988), Maiga (1989) et Moss et Murray (1992) n'ont découvert aucune modification en terme de sélection, au niveau des espèces végétales ou partie de plante, chez les bovins en libre pâture ayant reçu un supplément protéique. Cependant, DelCurto et al. (1990) ont*

remarqué une sélection accrue de l'alimentation pauvre en fibres.

## Ovins

En ce qui concerne les ovins en libre pâture, De Waal et Biel (1989) font état d'une réaction inchangée en matière de comportement sélectif, en tant que conséquence de la supplémentation. Hatfield (1985, chez : Hatfield et al., 1990) a pourtant découvert une sélection protéique accrue.

En terme de sélectivité des ruminants, la réaction à la supplémentation protéique est représentée au tableau 2.

Tableau 2 : La sélection après la supplémentation d'azote

	Sans changement	A augmenté
BOVINS	Judkins <i>et al.</i> 1985	DelCurto <i>et al.</i> 1990
	Caton <i>et al.</i> 1988	
	Moss & Murray 1992	
OVINS	De Waal & Biel 1989	Hatfield 1985 (chez :
		Hatfield <i>et al.</i> 1990)

## 6.3. Ingestion

### Bovins gardés à l'étable

Dans la majorité des articles, la supplémentation en azote (protéines en règle générale) - chez des bovins gardés à l'étable et nourris avec du foin - a eu un effet favorable sur le poids des animaux. Un accroissement de l'ingestion de matière organique fourragère (IMOF) - à laquelle on s'attend de par les effets associatifs de la supplémentation protéique - est relaté par Smith (1962), Hennessy *et al.* (1983), Kellaway et Leibholz (1983), McCollum et Galyean (1985), Guthrie et Wagner (1988) et [Kaasschieter et al. \(1994\)](#). Wegad et Ndumbe (1987) et Hennessy *et al.* (1983) font état de gains de poids vif.

Dans certains expériences cependant, un accroissement de l'ingestion de matière organique fourragère est survenu sans augmentation concomitante de l'ingestion de fourrage. L'animal ajoute un supplément de grande qualité à son alimentation composée de foin de basse qualité ou substituée (en partie) le supplément au foin. Coleran et Wyatt (1982) et Norton *et al.* (1993) ont découvert une ingestion fourragère inchangée ; ce sont Wegad et Ndumbe (1987) et [Kaasschieter et al. \(1994\)](#) qui découvrirent la substitution.

Wegad et Ndumbe (1987) et Kasschieter *et al.* (1994) n'ont trouvé aucune autre amélioration de

*l'ingestion, au niveau le plus élevé de la supplémentation (voir [annexe C](#)).*

### **Bovins en libre pâture**

*Dans les articles décrivant les herbages des bovins, tous les auteurs ont noté une amélioration des performances.*

*Ainsi, aucune perte de poids saisonnière n'est apparue et dans certains cas, les animaux ont même pris du poids (Falvey, 1977 ; Hennessy et al., 1981 ; Barton et al., 1982 ; Holderbaum, 1990 ; Pitts et al., 1992 ; Hafley et al., 1993).*

*L'ingestion élevée de matière organique fourragère (IMOF), à laquelle n s'attend lorsqu'on donne une supplémentation protéique, a été découverte par Kartchner (1981), Caton et al. (1988), DelCurto et al. (1990) et Gonzalez et al. (1990). Judkins et al. (1987), Krysl et al. (1989), Maiga (1989) et Hess et al. (1992a) n'ont trouvé aucune différence au niveau de l'ingestion de matière organique fourragère. Ce sont Rittenthouse et al. (1970), Judkins et al. (1985) et Barton et al. (1992) qui firent état de la substitution du supplément, dans le cas du fourrage.*

### **Ovins et caprins gardés à l'étable**

*Lorsque les ovins reçoivent du foin en tant qu'alimentation de base, il y a augmentation de l'ingestion de fourrage suite à la supplémentation protéique : c'est ce qu'ont découvert Capper et al. (1989), Gaskins et al. (1990), Yilala (1990) et Oosting (1993). Pour les caprins, Al Jassim et al. (1991) ont trouvé des niveaux d'ingestion supérieurs.*

*Morantes (1987) et Mtenga et Kitaly (1990) firent état d'une non-modification de l'ingestion de matière organique fourragère chez les ovins et caprins gardés à l'étable, respectivement. Yilala (1990) a découvert que les ovins substituaient le supplément au fourrage, à des niveaux plus élevés de régime de supplémentation. Mtenga et Shoo (1990) relatent cette substitution chez des caprins gardés à l'étable.*

### **Ovins et caprins en libre pâture**

*Aucun article n'a été découvert au sujet des caprins en libre pâture. De Waal et Biel (1989) mentionnent une ingestion accrue de matière organique fourragère après une supplémentation protéique de moutons broutant un herbage de type 'Themeda Cymbopogon', en Afrique du Sud. Néanmoins, ce cas ne fut constaté que lors d'un hiver particulièrement rude, alors que le pourcentage de PB du fourrage était bas. Au cours des autres années durant lesquelles l'expérience fut réalisée, les ovins ont substitué le supplément au fourrage.*

*Ce qui précède est résumé dans les tableaux 3, 4 et 5, pour tous les auteurs et tous les animaux.*

*Tableau 3 : Auteurs relatant un gain de poids vif accru (GPV) chez des animaux nourris de suppléments*

*protéiques.*

Bovins gardés à l'étable	Bovins en libre pâture
Wegad & Ndumbe 1987	Falvey 1971
Hennessy <i>et al.</i> 1983	Hennessy <i>et al.</i> 1983
	Barton <i>et al.</i> 1982
	Holderbaum 1990
	Pitts <i>et al.</i> 1992
	Hafley <i>et al.</i> 1993

*Tableau 4 : Auteurs relatant une hausse dans l'ingestion de matière organique fourragère (IMOF), après une supplémentation protéique.*

	Gardés à l'étable	En libre pâture
BOVINS	Smith 1962	Kartchner 1981
	Hennessy <i>et al.</i> 1983	Caton <i>et al.</i> 1988
	Kellaway & Leibholz 1983	DelCurto <i>et al.</i> 1990
	McCollum & Galyean 1985	Gonzalez <i>et al.</i> 1990
	Guthrie & Wagner 1988	De Waal & Biel 1989
	<a href="#">Kaasschieter <i>et al.</i> 1994</a>	
OVINS	Capper <i>et al.</i> 1989	
	Gaskins <i>et al.</i> 1990	
	Yilala 1990	
	Oosting 1993	
CAPRINS	Al Jassim <i>et al.</i> 1991	

*Tableau 5 : Auteurs relatant une non-modification de l'IMOF ou une substitution(\*) du supplément d'azote dans le cas du fourrage.*

	Gardés à l'étable	En libre pâture
BOVINS	Coleran & Wyatt 1982	Rittenhouse <i>et al.</i> 1970*
	Wegad & Ndumbe 1987*	Judkins <i>et al.</i> 1985*
	Norton <i>et al.</i> 1993	Judkins <i>et al.</i> 1987



	<a href="#">Kaasschieter et al. 1994*</a>	Krysl et al. 1989
	Freeman et al. 1992	Maiga 1989
		Barton et al. 1992
		Hess et al. 1992a
OVINS	Morantes 1987	De Waal & Biel 1989*
		Yilala 1990*
CAPRINS	Mtenga & Shoo 1990*	
		Mtenga & Kitaly 1990

## 6.4. Digestibilité et cinétique de digestion

### **Bovins gardés à l'étable**

*Smith (1962), McCollum et Galyean (1985), Guthrie et Wagner (1988), Gbodi et al. (1990) et Younis et Wagner (1990) ont découvert un accroissement de la digestibilité de matière organique, chez les bovins gardés à l'étable et recevant un supplément protéique.*

*Aucun effet sur la digestibilité n'a été trouvé par Freeman et al. (1992) et Norton et al. (1993).*

*Niveaux de fermentation accrus : vitesses de passage en hausse, vitesses de digestion accrues et augmentation des concentrations de NH<sub>3</sub> dans le rumen - c'est ce qu'ont découvert Coleran et Wyatt (1982), McCollum et Galyean (1985) et Guthrie et Wagner (1988). De plus, Freeman et al. (1992) ont trouvé une réduction du temps de rétention dans tout le système digestif.*

### **Bovins en libre pâture**

*Caton et al. (1988), Krysl et al. (1989), DelCurto et al. (1990) et Lyons et al. (1993) ont constaté une amélioration de la digestibilité, chez les bovins en libre pâture. Au contraire, Rittenhouse et al. (1970), Napoli (1989) et Barton (1992) n'ont trouvé aucun changement.*

*Les bovins à l'herbage présentaient des vitesses de passage accrues, des temps de rétention réduits, une augmentation du taux de fermentation et de la vitesse de digestion. De plus, la supplémentation a résulté en un relèvement des concentrations de NH<sub>3</sub> (Judkins et al., 1987 ; Caton et al., 1988 ; Maiga, 1989 ; Moss et Murray, 1992 ; et Lyons et al., 1993).*

*Au contraire, Judkins et al. (1985), Hess et al. (1992b) et Barton et al. (1992) n'ont trouvé aucun changement dans la dynamique de digestion.*



## **Ovins et caprins gardés à l'étable**

*Les expériences alimentaires réalisées sur des ovins gardés à l'étable établissent une augmentation de la digestibilité (Morantes, 1987 ; Gaskins et al., 1990 ; Yilala, 1990).*

*Pour les caprins, des résultats similaires ont été découverts par Gaskins et al. (1990), Mtenga et Shoo (1990) et Sarwiyono et al. (1992).*

*Morantes (1987) relate une rétention de N plus longue chez les ovins dont l'alimentation de base est le foin. Mtenga et Shoo (1990) font un constat similaire chez les caprins.*

## **Ovins et caprins en libre pâture**

*Chez les ovins broutant un herbage local de l'Afrique du Sud, de Waal et al. (1980) ont découvert une hausse de la concentration ruminale de  $\text{NH}_3$  bien que ladite hausse soit survenue avec un retard d'un mois après la date réelle de supplémentation. D'après De Waal et al. (op. cit.), ce retard est provoqué par le temps d'adaptation des populations bactériennes du rumen. Par ailleurs, la digestibilité de MO s'est accrue.*

*Les effets de la supplémentation protéique sur la digestibilité et la dynamique de digestion sont résumés dans les tableaux 6 et 7, à la page suivante.*

## **6.5. Protéine non dégradable dans le rumen**

*Donaldson et al. (1991) ont constaté que l'accroissement du niveau de la protéine non dégradable dans le rumen rehaussait l'ingestion de matière sèche (sans baisse de digestibilité ou de fermentation). Dans la présente étude, les bovins étaient nourris de fourrage de bonne qualité.*

*D'autres articles expliquant en détail les effets bénéfiques des protéines non dégradables dans le rumen mentionnent pourtant qu'aucune différence de performances ou d'ingestion n'a été découverte entre les animaux ayant reçu un supplément constitué de protéine non dégradable dans le rumen ou de protéine dégradable (Gaskins et al., 1990 ; Ketelaars et Tolkamp, 1992 ; Norton et al., 1993 ; Oosting, 1993).*

*Sarwiyono et al. (1992) ont découvert que les caprins européens à fort rendement réagissaient à la différence en matière de dégradabilité protéique alors que les caprins « indigènes » à bas rendement ne réagissaient pas du tout. Hafley et al. (1993) ont découvert que l'association de PD et de protéine non dégradable dans le rumen donne des gains de poids maximums.*

*Tableau 6 : La digestibilité suite à la supplémentation protéique. La colonne intitulée « digestibilité réduite » a été laissée de côté car elle était vide.*

	Sans changement	A augmenté
BOVINS gardés à l'étable	Norton <i>et al.</i> 1993	Smith 1962
	Freeman <i>et al.</i> 1992	McCollum & Galyean 1985
		Guthrie & Wagner 1988
		Gbodi <i>et al.</i> 1990
		Younis 1990
BOVINS en libre pâture	Rittenhouse <i>et al.</i> 1970	Caton <i>et al.</i> 1988
	Napoli & Santini 1989	Krysl <i>et al.</i> 1989
	Barton <i>et al.</i> 1992	DelCurton <i>et al.</i> 1990
		Lyons <i>et al.</i> 1993
OVINS gardés à l'étable		Morantes 1987
		Gaskins <i>et al.</i> 1990
		Yilala 1990
CAPRINS gardés à l'étable		Gaskins <i>et al.</i> 1990
		Mtenga & Shoo 1990
		Sarwiyono <i>et al.</i> 1992

Tableau 7 : Niveau de fermentation (vitesse de passage et vitesse de digestion) sous influence de la supplémentation protéique

	Sans changement	A augmenté
BOVINS gardés à l'étable		Guthrie & Wagner 1988
		Freeman <i>et al.</i> 1982
BOVINS en libre pâture	Judkins <i>et al.</i> 1985	Judkins <i>et al.</i> 1987
	McCollum & Galyean 1985	Caton <i>et al.</i> 1988
	Hess <i>et al.</i> 1992b	Maiga 1989
	Barton <i>et al.</i> 1992	Moss & Murray 1992
		Lyons <i>et al.</i> 1993
OVINS élevés en plein air		De Waal <i>et al.</i> 1980

## 7. Effets de la supplémentation énergétique

### 7.1. Comportement alimentaire

### **7.1.1. Temps de pâture**

*Adams (1985) a noté que le temps de pâture des bovins ayant reçu un supplément énergétique n'a subi aucune modification.*

### **7.1.2. Habitudes de pâture**

*Adams (1985) a rapporté que les boeufs ayant reçu un supplément d'alimentation ne broutaient pas durant les deux à quatre heures suivant ladite supplémentation. Néanmoins, ils compensaient cette perte de temps de pâture en déplaçant cette activité à d'autres heures de la journée. Les boeufs ayant reçu un supplément d'alimentation le matin avaient tendance à paître plus longtemps que ceux ayant reçu ce supplément dans l'après-midi.*

### **7.1.3. « Rendement de récolte du fourrage ingéré »**

*Cette expression sert à quantifier le changement de comportement de pâture et ses effets sur les dépenses énergétiques (voir chapitre 6.1.3). Selon Krysl et Hess (1993), les suppléments fortement chargés en énergie n'ont pas modifié ce rendement, et ne l'ont pas réduit non plus.*

### **7.1.4. Déplacements**

*La distance parcourue était plus grande dans le cas des boeufs ayant reçu un supplément d'alimentation (Adams, 1985).*

### **7.1.5. Rumination**

*Adams (1985) n'a découvert aucun changement au niveau du temps de rumination pour chaque journée suivant la supplémentation énergétique.*

## **7.2. Sélection**

*La sélection des animaux ayant reçu un supplément énergétique n'a fait l'objet d'aucune découverte.*

## **7.3. Ingestion**

### **Bovins**

*Un supplément d'alimentation riche en énergie et pauvre en protéine a provoqué une baisse d'ingestion de la matière organique fourragère par le biais de la substitution, comme cela a été constaté - pour les bovins gardés en étable - par Hennessy et al. (1983), Kellaway et Leibholz (1983), Younis et Wagner*

(1990) et Oosting (1993). Ces découvertes ont été confirmées par les recherches effectuées, sur des bovins en libre pâture, par Rittenhouse et al. (1970), Hennessy et al. (1981), Kartchner (1981), Adams (1985) et Hess et al. (1992a).

## Ovins

Des niveaux d'absorption en baisse résultant de suppléments riches en énergie et pauvres en protéine - ont été enregistrés par Oosting (1993) sur des ovins gardés à l'étable. Holder (1962), De Waal et Biel (1989) et Hatfield et al. (1990) ont obtenu des résultats similaires sur des ovins élevés en plein air.

## 7.4. Digestibilité et cinétique de digestion

### Bovins

En même temps qu'une baisse d'ingestion, Oosting (1993) fait état d'une digestibilité plus faible pour les bovins gardés à l'étable, dont l'alimentation de base est le foin. Dans le cadre d'expériences réalisées sur du bétail à l'herbage, Kartchner (1981) et Lyons et al. (1993) ont découvert une réduction de la digestibilité.

DelCurto et al. (1990) et Lyons et al. (1993) ont découvert une digestibilité plus faible. Moss et Murray (1992) et Hennessy et al. (1983) mentionnent des concentrations ruminales de  $\text{NH}_3$  chutant en-deça du seuil minimum fixé par Satter et Slyter (1974, chez : Moss et Murray, 1992). Oosting (1993) a découvert une digestion affaiblie, une vitesse réduite de la dégradation de fermentation, ainsi qu'un temps de rétention ruminale en diminution, dans le cas de la paille.

Rittenhouse et al. (1970) et Napoli et Santini (1989) ont néanmoins découvert que la digestibilité demeurait inchangée suite à une supplémentation énergétique.

Le tableau 8 présente les modifications en terme de digestibilité , suite à la supplémentation.

Tableau 8 : Effet sur la digestibilité - résultat d'une supplémentation riche en énergie et pauvre en protéine

	A diminué	Sans changement
BOVINS gardés à l'étable	Oosting 1993	
BOVINS élevés en plein air	Kartchner 1981	Rittenhouse et al. 1970
	Lyons & al. 1993	Napoli & Santini 1989
	DelCurto et al. 1990	

## 8. Discussion

### 8.1. Effets de la supplémentation protéique

#### 8.1.1. Comportement alimentaire

*Comme suite à la supplémentation protéique quotidienne, la plupart des expériences montre une réduction du temps de pâture. Cela va dans le sens de ce que l'on attend. Néanmoins, les résultats issus des expériences dans le cadre desquelles les animaux reçoivent des suppléments à peu de jours d'intervalle démontrent que les animaux compensent le temps de pâture perdu de telle sorte que le temps de pâture global demeure inchangé (Falvey, 1997 pour les bovins, et Hatfield et al., 1990 pour les ovins). Il paraît nécessaire d'ajuster les conclusions de l'impact de la supplémentation sur le temps de pâture aux habitudes de supplémentation utilisées.*

*Si l'on en juge à partir de la plupart des expériences, le rendement de récolte du fourrage ingéré par le bétail augmente suite à une supplémentation protéique. Ceci se traduit en terme de comportement de pâture, qui se fait plus intensif : ainsi, on a noté davantage de bouchées entre chaque changement de site d'alimentation, de même que le rapport temps d'alimentation/(nombre de) pas est plus élevé ou que le nombre de bouchées s'est accru.*

*Si l'animal accroît son rendement de récolte du fourrage ingéré en broutant de manière plus intensive, on pourrait s'attendre à ce qu'il se déplace moins. Bien que deux articles soient insuffisants à généraliser, les résultats ne font apparaître aucune réduction des déplacements. Hatfield et al. (1990) supposent que l'augmentation du déplacement indique une sélection accrue au niveau du paysage et de l'habitat. Les ovins ayant reçu un supplément d'alimentation ont effectivement récolté une ration de qualité supérieure à celle du groupe n'ayant pas reçu de supplément.*

*Au chapitre 2.3, deux réactions hypothétiques du temps de rumination sur la supplémentation protéique sont proposées, conduisant soit à réduire ou à accroître la rumination. Lorsqu'on étudie les résultats, il n'en ressort aucune réponse claire par rapport à la supplémentation protéique.*

*La baisse de rumination rapportée par Napoli et Santini (1989) est attribuée au faible pH à l'intérieur de la panse. Selon les auteurs, ceci aurait des effets négatifs sur l'activité de la protéase ou sur la solubilité protéique, de telle sorte que la fraction de PB (protéine brute) dégradable pourrait être diminuée, résultant en une digestibilité réduite, une vitesse de passage inférieure et une rumination plus faible. Les concentrations de NH<sub>3</sub> de la panse ont toujours été supérieures au niveau fixé par Slyter et Satter (1972, chez : Napoli et Santini, 1989) : il n'est donc pas étrange qu'il n'y ait eu aucun accroissement de la digestibilité et que la rumination ne s'en soit pas trouvée améliorée.*

*A l'évidence, le temps de rumination n'est pas seulement lié linéairement aux quantité et qualité de la matière ingérée, mais il subit également l'influence du niveau des processus digestifs à l'intérieur de la*

panse ou d'autres processus métaboliques.

### 8.1.2. Sélection

*En conséquence de la supplémentation protéique, une réduction de la sélection est prévisible ; en raison de la digestibilité accrue, le besoin de sélection serait moins imminent. Pourtant, l'étude documentaire ne fait apparaître aucune baisse de sélectivité.*

*De Waal et Biel (1989) pensent que la sélectivité peut avoir été tellement forte qu'elle a prévenu toute réaction à la supplémentation, de quelle que nature que ce soit.*

*Alternativement, on peut débattre du fait que les animaux utilisés dans les expériences de Judkins et al. (1985), De Waal et Biel (1989) et Moss et Murray (1992) n'ont jamais présenté de sélection réduite à la suite d'une réactivation de la digestion ruminale parce que le développement des microbes ruminiaux n'était jamais limité en premier lieu.*

*Dans le cadre de ces expériences, les niveaux de protéine brute fourragère ont été relevés comme étant élevés (supérieurs à 6 %), la concentration limitant la régénération (dans le cas de De Waal et Biel : s'élevant même à 19,8 %). Judkins et al. (1985) n'ont enregistré aucune réaction par rapport à la supplémentation, de quelle que nature que ce soit ; ni la consommation, ni la digestibilité ou la sélectivité n'ont été modifiées.*

*Cependant, Caton et al. (1988) notent, dans leurs études, que les concentrations ruminales de  $NH_3$  étaient médiocres pour le développement bactérien. La supplémentation a bien eu un effet sur l'ingestion, et les concentrations ruminales de  $NH_3$  et d'acide gras volatil se sont élevées.*

*DelCurto et al. (1990) ont découvert qu'avec un niveau de supplémentation de PB de 25 % (par rapport à 13 % et 39 %), les boeufs sélectionnaient la ration ayant la plus faible FDA. Au contraire, avec une supplémentation de PB à hauteur de 39 %, l'ingestion, la digestibilité et la sélection des boeufs ont chuté de façon inattendue chez les boeufs. D'après DelCurto et al. (op. cit.), il peut s'agir là d'un résultat insolite puisque les recherches antérieures (DelCurto, 1989, chez : DelCurto, 1990) avaient démontré un accroissement de l'ingestion, de la digestion et de la sélection, au niveau le plus fort de la supplémentation.*

*Ce qui précède semble annoncer quelques conclusions hypothétiques. Un animal nourri d'une ration de base de qualité convenable ne sélectionne pas (et donc ne peut pas diminuer sa propre sélection), ou demeure sélectif après la supplémentation car il n'est pas défavorable - du point de vue de l'énergie et/ou des substances nutritives - de demeurer ainsi. Un animal se nourrissant d'une alimentation de base qui ne peut pas satisfaire ses besoins au niveau du développement bactérien ne modifie pas sa sélection lorsqu'il reçoit un supplément, ou bien il l'accroît.*

*Dans tous les articles, la sélection était prise en compte au niveau de la plante et d'une partie de celle-ci. Hatfield (1990) a découvert que l'augmentation protéique s'accompagnait d'une augmentation des déplacements chez les ovins ayant reçu un supplément d'alimentation. Cela signifie une sélection accrue, au niveau du paysage et de l'habitat. Une augmentation du rendement de récolte du fourrage ingéré - (ainsi que le mentionne le chapitre 8.1.1.) - pourrait indiquer une sélection plus faible au niveau de la plante ou d'une partie de celle-ci. Manifestement, il faut davantage de recherches pour déterminer les modifications en matière de sélection, et spécifiquement des expériences effectuées sur des animaux nourris de rations de base de basse qualité, au cours desquelles on évalue la sélection à différents niveaux. Si l'on veut les comparer aux recherches dont fait état la présente étude, cela impliquerait des mesures de la fibre de la matière ingérée (FDA), de la lignine et des niveaux de PB par fistulation, et cela impliquerait aussi de rassembler des données permettant de calculer le rendement de récolte.*

### **8.1.3. Ingestion**

*Seul un nombre limité d'expériences a démontré l'augmentation prévisible d'ingestion de fourrage, par réaction à la supplémentation protéique. Il semble qu'il existe une tendance générale en faveur d'une ingestion inchangée ou d'une substitution lorsque les animaux reçoivent une ration de base dont le pourcentage de PB est supérieur à 6-8. Ceci est perceptible à la fois chez les bovins, les ovins et les caprins. Les teneurs en N du foin utilisé dans les expériences de Rittenhouse et al. (1970), Coleran et Wyatt (1982), Judkins et al. (1985), De Waal et Biel (1989), Barton et al. (1992) et Norton et al. (1993) sont respectivement de 5,9 % de PB et (beaucoup) plus. Il est probable que les animaux, lorsqu'ils broutent, sont capables de sélectionner une alimentation dont la qualité est modérément élevée, dans les limites de cette tranche qualitative. Les résultats obtenus par Caballero et al. (1992) ont montré que des échantillons \_sophagiens pourraient avoir une teneur en protéine brute et matière sèche digestible, respectivement, de 6 à 26 % supérieure aux échantillons prélevés à la main. Dans de telles rations, il n'y aurait pas de limitation des microbes de la panse par carence de N bien que la qualité du fourrage pourrait indiquer qu'un tel problème a bien existé.*

*Les niveaux protéiques étant tellement élevés que la concentration de NH<sub>3</sub> de la panse ne tombe jamais en-deça du seuil limitant le développement bactérien, on ne peut s'attendre à aucun effet associatif à partir de la supplémentation protéique.*

*La substitution découverte par Morantes (1987), Wegad et Ndumbe (1987), De Waal et Biel (1989), Yilala (1990) et [Kaasschieter et al. \(1994\)](#) n'est survenue qu'au niveau le plus fort de la supplémentation, ou lors d'une saison où la qualité de fourrage était excellente. Il paraît probable que même la ration ayant reçu moins de supplément contient suffisamment de protéines pour supporter une population microbienne prospère ; on ne gagne donc pas en additifs à partir de l'effet associatif lorsqu'une protéine augmentant ultérieurement est répartie équitablement dans le supplément(?).*

*Au contraire, Judkins et al. (1987), Mtenga et Kitaly (1990) et Freeman et al. (1992) ont découvert des effets minimes sur l'ingestion de matière organique fourragère bien que la qualité de la ration de base*

*et, en conséquence, les niveaux de N de la panse au cours des expériences pourraient - selon les auteurs - ne pas satisfaire le niveau de concentration nécessaire au développement microbien.*

*Mtenga et Kitaly (1990) attribue la non-modification de l'ingestion de matière digestible au niveau élevé de fibre brute se trouvant dans le supplément d'alimentation auquel de l'azote serait lié, réduisant la digestibilité de la protéine apportée en supplément.*

*Judkins et al. (1987) ont suggéré qu'il existait bien en vérité des 'pics' dans les concentrations ruminales de NH<sub>3</sub> mais que ceux-ci disparaissaient sous une heure après la supplémentation, et ceci avant d'avoir pu être détectés.*

*L'hypothèse de Freeman et al. (1992), selon laquelle la qualité du fourrage serait trop basse (5,6 % de PB) pour satisfaire les besoins ruminiaux en N, était basée sur la qualité des échantillons de foin. Néanmoins, la sélection faite par l'animal pourrait améliorer de façon radicale la qualité de la matière ingérée, ainsi que le prouve par exemple la découverte de Caballero et al. (1992) (voir ci-dessus). La mesure de la qualité du fourrage est parfois faite de façon totalement inconsciente par rapport à toute forme de sélection. Peut-être une grande différence entre la qualité de la ration ingérée et celle de la ration mesurée a-t-elle existé dans l'expérience menée par Freeman et al. (op. cit.). Ceci expliquerait la non-modification de l'IMOF découverte lors de l'expérience.*

*La discussion susmentionnée suggère que l'ingestion de matière digestible n'a pas augmenté en règle générale, lorsque les teneurs en PB de la ration étaient supérieures à 6-8 %, ou lorsqu'il était possible de sélectionner une alimentation atteignant au moins cette qualité. Toutes les expériences font état de gains de poids et/ou d'ingestions accrues de matière organique totale. Apparemment, l'ingestion de fourrage n'augmente pas après avoir optimisé les processus de digestion ruminale ; par contre, l'ingestion totale s'élève encore et l'animal utilise bien, dans son métabolisme, des substances nutritives ajoutées. Ceci indique un remplissage ruminal fixe pour la matière fibreuse, mais avec de la place laissée en plus pour des aliments nutritifs, lorsque la régulation métabolique prend la relève.*

#### **8.1.4. Digestibilité et cinétique de digestion**

*On suppose que la supplémentation protéique a un effet positif sur la digestion de l'alimentation des ruminants. Cela signifierait : une digestibilité plus forte et/ou des vitesses de passage et de digestion supérieures, des temps de rétention ruminale plus brefs et des concentrations plus élevées en NH<sub>3</sub> et acide gras (AGV) dans la panse. La plupart des résultats issus des publications confirment ces hypothèses. Pourtant, quelques auteurs ont effectivement trouvé une digestion inchangée suite à la supplémentation. Généralement parlant, la structure des résultats est similaire pour les bovins, les ovins et les caprins, qu'ils soient gardés à l'étable ou en libre pâture.*

*A l'identique des études sur l'ingestion (chapitre 8.1.3), des résultats démontrant l'absence d'augmentation du taux de digestibilité ou de fermentation sont apparus dans le cadre d'expériences*



*faites sur des animaux nourris d'une ration de base de qualité bonne à moyenne, avec des pourcentages en protéine brute à partir de 5,6 % et plus. Aucun de ces animaux ne souffraient de carences en  $\text{NH}_3$  ruminal détériorant la digestion, tandis que l'ajout de protéines par effet associatif aurait pu provoquer une amélioration. Bien qu'un taux de PB de 5,6 % soit trop faible pour soutenir une bonne digestion, les animaux étaient probablement capables de sélectionner une alimentation de qualité suffisante pour maintenir les concentrations en N de la panse au-delà du niveau fixé par Slyter et Satter (1972, chez : Napoli et Santini, 1989), ainsi qu'en fait état le chapitre 8.1.3.*

*Apparemment, la digestion n'augmente pas inconditionnellement lorsque le taux de protéine rehausse la qualité de l'alimentation au-delà d'un certain niveau. Cependant, Coleran et Wyatt (1982) ont bien découvert une vitesse de digestion élevée, qui n'aurait pas pu résulter de l'effet associatif. Suivant la théorie de régulation d'ingestion physique, ceci peut s'expliquer par la consommation (totale) supérieure. Freeman et al. (1992) ont découvert un temps de rétention global réduit alors que la qualité du foin était bonne et qu'aucun changement pouvant l'expliquer ne put être trouvé au niveau de l'ingestion ou de la digestion. Suivant la théorie de régulation d'ingestion physiologique, la protéine apportée en supplément pourrait avoir modifié quelque mécanisme métabolique au niveau du système digestif de telle sorte que le temps de rétention s'en est trouvé réduit.*

*Les ovins à l'herbage ont montré un retard d'un mois entre la supplémentation et la hausse de concentration de  $\text{NH}_3$  (De Waal et al., 1980). Si ce laps de temps est commun, et pourrait s'appliquer aussi aux autres animaux, cela signifierait que les dynamiques de digestion inchangées au moment de la supplémentation ne constituent aucune preuve d'une digestion véritablement inchangée. Cependant, ceci est bien peu probable, contrastant en particulier avec la durée d'un mois à celle d'une heure dont Judkins et al. (1987) font état pour les bovins en libre pâture.*

*Généralement parlant, la digestibilité et le taux de fermentation augmentent avec l'ingestion protéique. Selon la théorie de régulation d'ingestion physique, cela constituerait une conséquence de l'ingestion accrue et des temps de rétention plus faibles pour la nourriture ayant reçu un supplément. Dans ce cas-là, il n'existe cependant pas d'explication véritable du fait que la digestion n'augmente pas (ou à peine) lorsqu'on donne un supplément d'alimentation à des animaux recevant une ration de 6 % de PB. Cela pourrait indiquer une régulation d'ingestion physiologique selon laquelle l'optimisation des réactions métaboliques s'arrête à un certain niveau d'intrant nutritif améliorant.*

### **8.1.5. Protéine non dégradable dans le rumen**

*Aucun résultat n'apparaît clairement à partir des articles traitant de la protéine non dégradable dans le rumen.*

*Il est possible que cette protéine n'est profitable que dans les cas où les concentrations ruminales de  $\text{NH}_3$  sont en-deçà du seuil minimum requis pour le développement microbien. Cela expliquerait pourquoi la plupart des auteurs ont trouvé une absence totale de gain lorsqu'on donne seulement une*

*protéine non dégradable dans le rumen ; dans ces expériences-là, le N du rumen se trouvait largement en-deça dudit seuil.*

*Les seuls résultats positifs découverts le furent sur des animaux nourris d'une ration de base de qualité suffisante pour garantir une digestion ruminale convenable (Donaldson et al., 1990). Hafley et al. (1993) ont découvert que la seule association de protéines dégradable et non dégradable résultait en des ingestions accrues ainsi qu'en des gains de poids. Lorsque le N ruminal a dépassé le seuil de régénération minimum, la protéine non dégradable dans le rumen pourrait être utilisée pour « relever » le niveau des performances.*

## **8.2. Effets de la supplémentation énergétique**

### **8.2.1. Comportement alimentaire et sélection**

*A partir de quelques articles seulement traitant le sujet du comportement de pâture à la suite d'une supplémentation énergétique, il apparaît ce qui suit. Contrastant par rapport à la l'ingestion décroissante, le temps de pâture des boeufs ayant reçu un supplément énergétique est demeuré inchangé. Bien qu'ils auraient pu ne pas brouter immédiatement après la supplémentation, ils ont compensé par une période de pâture prolongée, plus tardivement dans la journée. Cela a donné un rendement de récolte plus faible. La rumination semble être identique.*

*Rien ne fut découvert au niveau de la sélection. On aurait pu s'attendre à ce que le rendement de récolte plus faible fasse apparaître un comportement sélectif accru en cours de pâture. Les déplacements inchangés indiquent une sélection également sans changement au niveau du paysage et de l'habitat.*

### **8.2.2. Ingestion et digestion**

*La baisse prévisible d'ingestion résultant de la supplémentation en énergie des bovins a été découverte de façon unanime chez les bovins, les ovins et les caprins, à la fois sur le foin et sur l'herbage. Tous les articles ont également décrit une chute de digestibilité et de fermentation.*

*Il est probablement bon de supposer que - suite à une supplémentation riche en énergie et pauvre en protéine - la population microbienne se multiplie. Ceci provoque la chute du niveau de  $\text{NH}_3$  ruminal en-deça de la concentration limitant tout autre développement. En conséquence, la digestibilité des aliments pour bétail est réduite, la fermentation est détériorée et l'ingestion est en baisse.*

*Donner aux bovins un supplément d'alimentation riche en énergie et riche en protéine s'est avéré plus profitable qu'un supplément riche en énergie et pauvre en protéine (Hennessy et al., 1983). L'effet négatif de la baisse de N ruminal a été annulé par le N complémentaire fourni par la protéine. Néanmoins, une supplémentation riche en protéine fut encore plus bénéfique que des apports riches en protéine et riches en énergie.*

## 9. Conclusions

*En règle générale, les différents types de réaction à la supplémentation semblent être identiques pour tous les animaux, qu'ils soient gardés à l'étable ou en libre pâture : bovins, ovins et caprins. Les exigences de qualité de l'alimentation de base paraissent se situer dans une tranche similaire.*

*Une large partie des recherches utilisées pour cette étude a été réalisée à l'Université du Nevada (Reno) et à l'Université A & M du Texas (San Angelo). Tous les auteurs font partie d'un « groupe » d'auteurs faisant des publications sur des expériences effectuées sur le comportement de pâture sur des pacages hivernaux dormants, en Amérique, à la suite d'une supplémentation par tourteaux de coton, de ration de soja, etc. Les auteurs faisant partie dudit « groupe » sont : R.K. Barton, B.W. Hess, L.J. Krysl, M.B., Judkins, M.L. Galyean, R.A. Leng, A.S. Freeman et M.E. Branine. Les publications de ce « groupe », qui ont été utilisées dans cette étude, sont par ordre alphabétique : Anderson et Kothmann (1980), Barton et al. (1992), Caton et al. (1988), DelCurto et al. (1990), Freeman et al. (1992), Hennessy et al. (1983), Hess et al. (1992a/b), Judkins et al. (1985,1987), Krysl et al. (1989), Krysl et Hess (1993), McCollum et Galyean (1985), Norton et al. (1993), Pitts et al. (1992), et Preston et Leng (1987).*

*Les pâturages du sud-ouest des Etats-Unis, bien qu'étant des pacages hivernaux dormants non fertilisés, sont souvent de qualité moyenne. Les vaches qui paissent sur ces herbages, ou qui sont nourries de foin qui en est issu, ne souffrent pas toujours de carences au sens strict du mot. Par conséquent, il est important que les résultats de ces expériences soient toujours considérés sous cet angle-là, d'un regard critique.*

*Les méthodes utilisées par ces auteurs du « groupe américain » sont généralement l'introduction d'une canule ou d'un tube fistulaire placé(e) dans les diverses parties du système digestif des ruminants, par exemple : introduction d'une canule dans la panse des boeufs. L'ingestion est habituellement déterminée à l'aide d'un marqueur de chromite. Les animaux utilisés sont généralement des races européennes, à l'exception de l'étude réalisée par Krysl et al. (1989) pour laquelle on a utilisé un croisement de boeufs anglais et brahmanes.*

### 9.1. Supplémentation proteique

*Il paraît bon de supposer que le temps de pâture diminue lorsqu'on donne chaque jour au bétail des suppléments protéiques. L'animal commence à brouter plus intensément, et le rendement de récolte du fourrage ingéré s'accroît. La rumination paraît augmenter suite à la supplémentation.*

*Il ne semble pas qu'une pâture plus intensive signifie manger autant que possible, où que ce soit. Des déplacements accrus ou inchangés, et une sélectivité accrue ou sans changement semble impliquer que l'animal continue comme à l'accoutumée de sélectionner le lieu, le site d'alimentation, la plante ou les parties d'une plante. Alternativement, l'animal pourrait en vérité accroître sa sélectivité. Il semble bien que la sélection soit bénéfique pour l'animal, en terme d'énergie ou de substance nutritive.*

*L'ingestion de matière organique fourragère augmente lorsque la PB du fourrage est inférieure à 5-6 %. Le niveau exact semble également être fonction de la possibilité qu'a l'animal de sélectionner une nourriture de bonne qualité. Si la PB du fourrage est supérieure, il y a substitution des suppléments de qualité élevée contre du fourrage de basse qualité. Cependant, l'ingestion totale des aliments et du fourrage pourvus de suppléments continue à augmenter après que l'ingestion fourragère ait stoppé pour en faire de même. On suppose que le remplissage physique peut être remplacé par des mécanismes métaboliques dans le cas du supplément qualitatif.*

*La digestibilité et la digestion ont tendance à augmenter lorsque on donne un supplément protéique à des animaux qui broutent du fourrage de basse qualité. Le  $\text{NH}_3\text{-N}$  ruminal augmente, la fermentation s'accroît et la vitesse de passage est relevée.*

*Si la consommation de fourrage ne change pas à la suite de la supplémentation, il est probable que la digestibilité ne présente pas non plus de modification. Le taux de digestibilité augmente étant donné que l'ingestion totale de matière digestible (MD) est relevée. Il semble que la digestion soit liée au temps de rétention et à l'ingestion qui sont pourtant régulés par des mécanismes métaboliques.*

*Les protéines non dégradables dans le rumen ne paraissent donner de résultats positifs que lorsque le  $\text{NH}_3$  n'est pas limitatif. Le tout premier lieu de la digestion semble être la panse.*

## **9.2. Supplémentation énergétique**

*On peut dire pour conclure que, si le N ruminal baisse suite à une supplémentation énergétique, l'ingestion et la digestibilité chutent concomitamment. Les animaux font montre d'un rendement de récolte (du fourrage ingéré) réduit, le temps de pâture diminue et l'ingestion baisse.*

## **Bibliographie**

*Adams, D.C. 1985. Effect of time of supplementation on performance, forage intake and grazing behaviour of yearling beef steers grazing Russian wild rye grass in the fall. Journal of Animal Science, 61 ; 1037 - 1042.*

*Al Jassim, R.A.M., A.N., Al-Ani, S.A. Hassan, T.K. Dana et L.J. Al Marian. 1991. Effects on dietary supplementation with rumen undegradable protein on carcass characteristics of Iraqi Awassi lambs and desert goats. Small ruminant Research, 4 ; 269 - 275.*

*Anderson, D.M. et M.M. Kothmann. 1980. Relationship of distance traveled with diet and weather for Hereford heifers. Journal of Range Management, 33 ; 3, 217 - 220.*

*Barton, R.K., L.J. Krysl et M.B. Judkins. 1992. Time of daily supplementation for steers grazing dormant*

*intermediate wheatgrass pasture. Journal of Animal Science, 70 ; 547 - 558.*

*Bartholomew, P.W., R. Ly, H. Nantoume, N.G. Kone, B. Traore, T. Khibe, K. Sissoko et H. Baur. 1992. Dry season cattle fattening by smallholder farmers in the semi-arid zone of Mali. African Livestock Research, 2 ; 31 - 38.*

*Bayer, W. 1990. Behavioural compensation for limited grazing time by herded cattle in central Nigeria. Applied Animal Behavioral Science, 27 ; 9 - 19.*

*Browns, J.E. 1971. Sheep behaviour under unherded conditions on mountain summer ranges. Journal of Range Management, 24 ; 105 - 109.*

*Boyce, S.L. et J.G.P. Bowman. 1993. Effects of supplemental nitrogen source on digestibility and microbial colonization of low quality grass hay. Abstracts (résumés), Journal of Animal Science, 71 ; supplément 1, 83.*

*Bredon, R.M., D.T. Torrell et B. Marshall. 1967. Measurement of selective grazing of tropical pastures using esophageal fistulated steers. Journal of Range Management, 20 ; 317 - 320.*

*Caballero, R., J. Rioperez, E. Fernandez, M. Arauzo et P.J. Hernaiz. 1992. Performance of Manchega ewes grazing cereal stubbles and cultivated pastures. Small ruminant Research, 7 ; 4, 315 - 319.*

*Capper, B.S., E.F. Thomson et S. Rikawi. 1989. Voluntary intake and digestibility of barley straw as influenced by variety and supplementation with either barley grain or cottonseed cake. Animal Feed Science and Technology, 26 ; 105 - 118.*

*Caton, J.S., A.S. Freeman et M.L. Galyean. 1988. Influence of protein supplementation on forage intake, in situ forage disappearance, ruminal fermentation and digesta passage rates in steers grazing dormant blue grama rangeland. Journal of Animal Science, 66; 2262 - 2271.*

*Coleran, S.W. et R.D. Wyatt. 1982. Cottonseed meal or small grains forages as protein supplements fed at different intervals. Journal of Animal Science, 55 ; 11 - 17.*

*DelCurto, T., R.C., Cochran, L.R. Corah, A.A. Beharka, E.S. Vanzant et D.E. Johnson, 1990. Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage. II: Performance and forage utilization characteristics in grazing beef cattle receiving supplements of different protein concentrations. Journal of Animal Science, 68 ; 532 - 542.*

*De Waal, H.O., E.A.N. Engels et F.J. Van der Merwe. 1980. Supplementing sheep with protein and phosphorus on native pasture of the central orange free state. 1: Diet composition, digestibility and rumen ammonia concentration. South African Journal of Animal Science, 10 ; 203 - 208.*

- De Waal, H.O. et L.C. Biel. 1989. Supplementation of lactating Dorper and Merino ewes on Themeda cymbopogon veld. 2: Diet quality and feed intake. South African Journal of Animal Science, 19 ; 148 - 155.*
- Diallo, A. 1978. Transhumance: comportement, nutrition et productivité d'un troupeau zébus de Diafarabé. Centre Pédagogique Supérieur. Bamako, Mali.*
- Donaldson, R.S., M.A., McCann, H.E. Amos et C.S. Hoveland. 1991. Protein and fiber digestion by steers grazing winter annuals and supplemental with ruminal escape protein. Journal Animal Science, 69: 3067 - 3071.*
- Elliott, R.C. 1967. Voluntary intake of low-protein diets by ruminants. I: Intake of food by cattle. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 69 ; 375 - 382.*
- Elliott, R.C. 1967. Voluntary intake of low-protein diets by ruminants. II: Intake of food by sheep. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 69 ; 383 - 390.*
- Falvey, L. 1977. Response of steers to dry season protein supplementation on improved pastures. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 17 ; 724 - 727.*
- Freeman, A.S., M.L. Galyean et J.S. Caton. 1992. Effects of supplemental protein percentage and feeding level on intake, ruminal fermentation and digesta passage in beef steers fed prairie hay. Journal of Animal Science, 70 ; 1562 - 1572.*
- Gaskins, H.R., W.J. Croom jr, J.E. Van Eys, W.L. Johnson et W.M. Hagler jr. 1990. Effects of protein supplementation and parasymphatic stimulation with slaframine on utilization of low quality roughage fed to goats and sheep. Small Ruminant Research, 3 ; 561 - 573.*
- Gbodi, T.A., B.A. Synge et S.E. Atawodi. 1990. Serum mineral status of zebu cattle under traditional husbandry with or without dry season cottonseed-cake supplementation in Jos-Plateau in Nigeria. Bulletin of Animal Health and Production in Africa, 38 ; 3, 233 - 237.*
- Gonzalez, F., A. Elias et V. Urquiza. 1990. Effect of different protein levels on the feed of grazing calves. Cuban Journal of Agricultural Science, 24 ; 159.*
- Guthrie, M.J., et D.G. Wagner. 1988. Influence of protein or grain supplementation and increasing levels of soybean meal on intake, utilization and passage rate of prairie hay in beef steers and heifers. Journal of Animal Science, 66 ; 1529 - 1537.*
- Hafley, J.L., B.E. Anderson and T.J. Klopfenstein. 1993. Supplementation of growing cattle grazing warm-season grass with proteins of various ruminal degradabilities. Journal of Animal Science, 71 ; 522 - 529.*

- Hatfield, P.G., G.B., Donart, T.T. Ross et M.C. Galyean. 1990. Sheep grazing behavior as affected by supplementation. Journal of range Management, 43 ; 387 - 389.*
- Hennessy, D.W., P.J. Williamson, R.F. Lowe et D.R. Baigent. 1981. The role of protein supplements in nutrition of young grazing cattle and their subsequent productivity. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 96 ; 205 - 212.*
- Hennessy, D.W., P.J. Williamson, J.V. Nolan, T.J. Kempton et R.A. Leng. 1983. The roles of energy- or protein rich supplements in the subtropics for young cattle consuming basal diets that are low in digestible energy and protein. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 100 ; 657 - 666.*
- Hess, B.W., L.J. Krysl, M.B. Judkins, K.K. Park, B.A. McCracken et D.R. Hanks. 1992a. Supplementation of cattle grazing dormant intermediate wheatgrass pasture. Abstracts. Journal of Animal Science, 70 ; supplément 102.*
- Hess, B.W., L.J. Krysl, M.B. Judkins, K.K. Park, B.A. McCracken et D.R. Hanks. 1992b. Influence of supplemental nitrogen on ruminal kinetics, fermentation and in situ neutral detergent fiber digestion in beef cattle grazing dormant intermediate wheatgrass. Abstracts - Journal of Animal Science, volume 70, supplément 133.*
- Hofmann, R.R. 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. Oecologia, 78 ; 443 - 457.*
- Holder, J.M. 1962. Supplementary feeding of grazing sheep - its effect on pasture intake. Proceedings of the Australian Society of Animal Production, 4 ; 154 - 159.*
- Holderbaum, J.F. 1990. Characterization of rotationally grazed limpgrass pasture and animal response to supplementation. Dissertation Abstracts International B. Science and Engineering, 51 ; 5, 2127-B.*
- Howes, J.R., J.F. Hentges jr et G.K. Davis. 1963. Comparative digestive powers of Hereford and Brahman cattle. Journal of Animal Science, 22 ; 22 - 26.*
- Hungate, R.E., G.D. Phillips, D.P. Hungate et A. Macgregor. 1960. A comparison of the rumen fermentation in European and Zebu cattle. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 54 ; 196 - 201.*
- Huston, J.E., B.S. Rector, W.C. Ellis et M.L. Allen. 1986. Dynamics of digestion in cattle, sheep, goats and deer. Journal of Animal Science, 62 ; 208-215.*
- Judkins, M.B., L.J. Krysl, J.D. Wallace, M.L. Galyean, K.D. Jones et E.E. Parker. 1985. Intake and diet*

- selection by protein supplemented grazing steers. Journal of Range Management, 38 ; 210 - 214.*
- Judkins, M.B., J.D. Wallace, M.L. Galyean, L.J. Krysl et E.E. Parker. 1987. Passage rates, rumen fermentation and weight change in protein supplemented grazing cattle. Journal of Range Management, 40 ; 100 - 105.*
- Kaasschieter, G.A., Y. Coulibaly et M. Kané. 1994. [Supplémentation de la paille de mil \(Pennisetum typhoides\) avec le tourteau de coton : effets sur l'ingestion, la digestibilité et la sélection.](#) Rapport PSS ndeg. 4, Wageningen.*
- Kartchner, R.J. 1981. Effects on protein- and energy supplementation of cows grazing native winter range forage on intake and digestibility. Journal of Animal Science, 51 ; 432 - 438.*
- Kellaway, R.C. et J. Leibholz. 1983. Effects of nitrogen supplements on intake and utilization of low quality forages. World Animal Review, 48 ; 33 - 37.*
- Ketelaars J.J.M.H. et B.J. Tolkamp. 1991. Towards a new theory of feed intake regulation in ruminants. Thèse - Université d'Agronomie de Wageningen.*
- Krysl, L.J., M.E. Branine, A.U. Cheema, M.A. Funk et M.L. Galyean. 1989. Influence of soybean meal and sorghum grain supplementation on intake, digesta kinetics, ruminal fermentation site and extent of digestion, and microbial protein synthesis in beef steers grazing blue grama rangeland. Journal of Animal Science, 67 ; 3040 - 3051.*
- Krysl, L.J. 1992. Influence of supplementation on grazing behavior in free roaming cattle. Abstracts (résumés). Journal of Animal Science, 70 ; supplément 181.*
- Krysl, L.J. et B.W. Hess. 1993. Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. Journal of Animal Science, 71 ; 2546 - 2555.*
- Le Houérou, H.N. 1989. The grazing land ecosystems of the African Sahel. Springer Verlag, Berlin (Editions Springer, Berlin).*
- Lyons, R.K., J.W. Stuth, J.E. Huston et J.P. Angere. 1993. Predictions of the nutrient composition of the diets of supplemented versus unsupplemented grazing beefcows based on near infrared reflectance spectroscopy of feces. Journal of Animal Science, 71 ; 530 - 538.*
- Maiga, M.A. 1989. Foraging behavior and nutrition of grazing steers as influenced by protein supplementation. Dissertation Abstracts International B: Science and Engineering, 49 ; 12, 5096-B.*
- Maynard, L.A., J.K. Loosli et H.F. Hintz. 1979. Animal nutrition. Mc Graw-Hill Publ. comp. ltd., New*



York, pages 89 - 101 ; 158 - 166.

McCollum, F.T. et M.L. Galyean. 1985. Influence of cottonseed meal supplementation on voluntary intake, rumen fermentation and rate of passage of prairie hay in beef steers. *Journal of Animal Science*, 60 ; 570 - 577.

Morantes, G.A. 1987. The effect of protein supplementation upon utilization of « Floralta » limpograss. *Dissertation Abstracts International B: Sciences and Engineering*, 47 ; 11, 4359 - 4360 - B.

Moss, R.J. et R.M. Murray. 1992. Rearing dairy calves on irrigated tropical pastures. 1. Effect of protein level on liveweight gain and blood components. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 32 ; 569 - 579.

Mtenga, L.A. et A.J. Kitaly. 1990. Growth performance and carcass characteristics of Tanzanian goats fed *Chloris gayana* hay with different levels of protein supplement. *Small ruminant Research*, 3 ; 9 - 18.

Mtenga, L.A. et R.A. Shoo. 1990. Growth rate, feed intake and feed utilization of small east African goats supplemented with *Leucaena leucocephala*. *Small Ruminant Research*, 3 ; 9 - 18.

Musangi, R.S. 1965. Feed intake studies in ruminants. II-the grazing behaviour of Friesian Ngana steers on tropical pasture. Pages 321 - 327. Auprès de : Inter African Bureau for Soils. *African Soils*. Vol. x, ndeg.1. Publications Bureau Londres.

Napoli, G.M. et F.J. Santini. 1989. The effect of a protein energy supplement on pasture protein and fibre digestion in the rumen of grazing steers. *Animal Feed Science and Technology*, 25 ; 39 - 53.

Norton, P., J.S. Caton et L.P. Reynolds. 1993. Effects of supplemental ruminal escape protein level on forage intake, forage digestibility and reproductive performance of beef cows during late gestation. *Abstracts Journal of Animal Science*, 71 ; supplément 83.

Oosting, S.J. 1993. Wheat straw as a ruminant feed. Effect of supplementation and ammonia treatment on voluntary intake and nutrient availability. Thèse. Université d'Agronomie de Wageningen.

Penning de Vries, F.W.T. et M.A. Djitèye (éditeurs). 1982. [La productivité des pâturages Sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle.](#) Rapport de recherches agricoles 918 - Pudoc, Wageningen.

Phillips, G.D. 1961. Physiological comparisons of European and zebu steers. I- Digestibility and retention times of food and rate of fermentation of rumen contents. *Research in Veterinary Science*, 2 ; 202 - 208.

- Phillips, G.D. et G.H. Lampkin. 1964. Pasture intake and digestibility studies with European and zebu cows. *Empire Journal of Experimental Agriculture*, 32 ; 125 , 60 - 64.
- Pitts, J.S., F.T. McCollum et C.M. Britton. 1992. Protein supplementation of steers grazing tobosagrass in spring and summer. *Journal of Range Management*, 45 ; 226 - 231.
- Poppi, D.P., D.J. Minson et J.H. Ternouth. 1980. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. I. The voluntary intake, digestibility and retention time in the reticulo rumen. *Australian Journal of Agricultural Research*, 32 ; 99 - 108.
- Preston, T.R. et R.A. Leng. 1987. Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and subtropics. *Penambul Books, Armidale, Australie*.
- Prins R.R. 1987. Niet alle herkauwers zijn gelijk. (Par : S. de Bie, W. Joenje et S.E. van Wieren (éditeurs). *Begrazing in de natuur* , Pudoc, Wageningen) Pages 52 - 55.
- Rector, B.S. 1983. Diet selection and voluntary forage intake by cattle, sheep and goats grazing in different combinations. *Dissertation Abstracts International B. Sciences and Engineering*, 44 ; 6, 1671-B.
- Rittenhouse, L.R., D.C. Clanton et C.L. Streeter. 1970. Intake and digestibility of winterrange forage by cattle with and without supplements. *Journal of Animal Science*, 31 ; 1215 - 1221.
- Rouda, R.R., D.M. Anderson, L.W. Murray et J.N. Smith. 1990. Distance traveled by free ranging supplemented and non-supplemented lactating and non-lactating cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 28 ; 221 - 232.
- Ruckebusch, Y. et L. Bueno. 1978. An analysis of ingestive behaviour and activity of cattle under field conditions. *Applied Animal Ethology*, 4 ; 301 - 313.
- Sarwiyono, B.K.M.H. McIlroy, R.M. Dixon et J.H.G. Holmes. 1992. Ureamolasses and cottonseed-molasses supplements for dairy goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 5 ; 653-658.
- Smith, C.A. 1962. The utilization of *Huparrhenia vel* for the nutrition of cattle in the dry season. III Studies on digestibility of the produce of mature veld and veld hay, and the effect of feeding supplementary protein and urea. *Journal of Animal Science*, 58 ; 173 - 178.
- Smith, M.E., G.W. Horn et W.A. Philips. 1990. Bypass protein supplementation of stocker cattle on wheat pasture. *Animal Science research report, MP-129* ; 256-260.
- Talavera, V. 1987. Sheep response to fish meal supplements for diets based on industrial byproducts or native pastures of the Peruvian High-Andes. Pages 143 - 156. Dans : IAEA. *Isotope aided studies on*

*non protein nitrogen and agro-industrial by-products utilization by ruminants: proceedings of the final research coordination meeting Vienna, 24 au 26 Mars 1986. IAEA, Vienne Autriche. Sti / Pub / 748.*

*Thornton, R.F. et D.J. Minson. 1973. The relationship between apparent retention time in the rumen, voluntary intake, and apparent digestibility of legume and grass diet in sheep. Australian Journal of Agricultural Research, 24 ; 889 - 898.*

*Van Nierop, H.C. 1993. L'effet d'une supplémentation de tourteau de coton sur le comportement fourrager des taurillons au Sahel sud . Université d'Agronomie de Wageningen. Département ET&AN et Projet Production Soudano-Sahélienne - Rapport d'étudiant.*

*Van Soest, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press. Ithaca. New York.*

*Wegad, D. et R.D. Ndumbe. 1987. The effect of different protein supplements on weight gain and voluntary intake of maize stover by cattle. pages 99 - 102. Par : D.A. Little et A.N. Said (éditeurs). Utilization of agricultural by-products as livestock feeds in Ethiopia, proceedings of a workshop held at Blantyre, Malawi, Septembre 1986. ARNAB, Addis Abéba, Ethiopie.*

*Welch, J.G. et A.M. Smith. 1969. Effect of varying amounts of forage intake on rumination. Journal of Animal Science, 28 ; 827 - 830.*

*Welch, J.G. et A.M. Smith. 1970. Forage quality and rumination time in cattle. Journal of Dairy Science, 53 ; 797 - 800.*

*Weston, R.H., 1971. Factors limiting the intake of feed by sheep. Feed intake and the productive performance of the ruminant lamb in relation to the quantity of crude production digested in the intestines. Australian Journal of Agricultural Research, 22 ; 307 - 320.*

*Yilala, K. 1990. The effect of supplements of oilseed by-products on the utilisation of low-nitrogen fibrous diets by sheep. Pages 416 - 435. Chez : PANESA / ARNAB. Utilization of research results on forage and agricultural by-product materials as animal feed resources in Africa, proceedings of the first joint workshop held in Lilongue, Malawi, 5 au 9 Décembre 1988. PANESA / ARNAB- Addis Abéba, Ethiopie.*

*Younis, R.A. et D.G. Wagner, 1990. Effect of corn gluten feed, soybean meal and cottonseed meal on intake and utilization of prairie hay by beef heifers. Animal Science Research Report, MP-129 ; 261 - 268.*

## **Liste des abréviations**

AGV Acide Gras Volatil

Con	groupe de Contrôle
DMO	Digestibilité de Matière Organique
DMSIV	Digestibilité de Matière Organique In Vitro
EnDig	Energie Digestible
FDA	Fibre Détergente Acide
FDC	Farine de Coton
FDL	Foin De Luzerne (Leucaena leucocephala)
FDS	Farine De Soja
GC	Graine de coton
GDM	Gluten De Maïs
GPV	Gain de Poids Vif
IMO	Ingestion de Matière Organique
IMOF	Ingestion de Matière Organique Fourragère
IVMO	Ingestion Volontaire de Matière Organique
MO	Matière Organique
MS	Matière Sèche
MSD	Matière Sèche Digestible
MU	Mélasse d'Urée
N	Azote (l'élément)
NH <sub>3</sub> -N	Azote sous forme de NH <sub>3</sub>
PB	Protéine Brute
PD	Protéine Dégradable
PND	Protéine Non Dégradable
PNDR	Protéine Non Dégradable dans le Rumen (ou Protéine Bypass)
PP	Poids Pastoral
PV	Poids Vif
RR	Rendement de Récolte (du fourrage ingéré)
Supp	Supplément
TDC	Tourteau De Coton

## ***Annexe A - Les Animaux dans les Publications***

### ***Gardes a l'étable***

*Bos taurus (Croisement Angus - Hereford)*

Elliott	(1967)
Coleran et Wyatt	(1982)
Henessy et al.	(1983)
Kellaway et Leibholz	(1983)
Norton et al.	(1983)
McCollum et Galyean	(1985)
Guthrie et Wagner	(1988)
Younis et Wagner	(1990)
Freeman et al.	(1992)
Boyce et Bowman	(1993)
Oosting	(1993)

= 11 au total

### *Bos indicus Zébu*

Sanga	Smith	(1962)
	Wegad et Ndumbe	(1987)
	<a href="#">Kaasschieter et al.</a>	(1994)

= 3 au total

### ***Eleves en libre pâture***

#### *Bos taurus (Croisement Angus - Hereford)*

Rittenhouse et al.	(1970)
Ruckebusch et Bueno	(1978)
Anderson et Kothmann	(1980)
Hennessy et al.	(1981)
Kartchner	(1981)
Adams	(1985)
Judkins et al.	(1985)
Judkins et al.	(1987)
Caton et al.	(1988)

Krysl et al.	(1989)
Maiga	(1989)
Napoli et Santini	(1989)
DelCurto et al	(1990)
Holderbaum	(1990)
Rouda et al.	(1990)
Smith et al.	(1990)
Barton et al.	(1992)
Hess et al.	(1992a)
Hess et al.	(1992b)
Krysl	(1992)
Moss et Murray	(1992)
Hafley et al.	(1993)
Lyons et al.	(1992)

= 23 au total

### *B. taurus \* B. indicus Croisement*

Gonzalez et al.	(1990)
Pitts et al.	(1992)

= 2 au total

### *Bos indicus Zébu*

Brahman Shorthorn	Falvey	(1977)
	Diallo	(1978)
White Fulani	Gbodi et al.	(1990)
	Bartholomew et al.	(1992)
	Van Nierop	(1993)

= 5 au total

## ***Gardes a l'étable***

*Ovins*

	Elliott	(1967)
	Morantes	(1987)
	Talavera	(1987)
Awassi	Capper et al.	(1989)
Bali-Bali	Yilala	(1990)
Iraqi Awassi	Al Jassim et al.	(1991)
	Oosting	(1993)

= 7 au total

***En libre pâture****Ovins*

Mérinos	Holder	(1962)
	Weston	(1971)
	De Waal et al.	(1980)
	De Waal et Biel	(1989)
	Hatfield et al.	(1990)

= 5 au total

***Gardes a l'étable****Caprins*

	Gaskins et al.	(1990)
	Mtenga et Kitaly	(1990)
	Mtenga et Shoo	(1990)
Desert goats (chèvres du désert)	Al Jassim et al.	(1991)
West African Dwarf (chèvres naines d'Afrique de l'Ouest)	Tolkamp et Ketelaars	(1992)
	Sarwiyono et al.	(1992)

= 6 au total

**Annexe B - Présentation des rations de base**

<b>FOIN</b>	<i>Bos taurus</i> (Croisement Angus Hereford)
Coleran et Wyatt (1982)	8 % de PB
Hennessy et al. (1983)	moins de 23 g de N au kg de MD ( PB : 14,4 %)
Kellaway et Leibholz (1983)	5 à 7,8 g de N par kg de MD (3,1 à 4,8 % de PB)
Norton et al. (1983)	6,6 % de PB Foin de seigle
McCollum et Galyean (1985)	6,1 % de PB Foin de prairie
Guthrie et Wagner (1988)	4 à 5 % de PB Foin de prairie
Younis et Wagner (1990)	?
Freeman et al. (1992)	5,6 % de PB Foin de prairie
Boyce et Bowman (1993)	?
Oosting (1993)	2,4 % de PB Paille de blé , 9,6 % de PB Ensilage de maïs

*Bos indicus*, Zébu

Smith (1962)	0,6 PB bêchée, en baisse
Wegad et Ndumbe (1987)	tiges et feuilles de maïs ad lib.
Bartholomew et al. (1992)	pousses de foin sur pied ( <i>Schoenfeldia gracilis</i> , <i>Pennisetum</i> , <i>Andropogon spp.</i> ) coupées par les fermiers locaux
<a href="#">Kaasschieter et al. (1994)</a>	6,1 g/kg de N (3,8 % de PB) paille de blé / <i>Pennisetum typhoides</i>

**SURFACES HERBAGERES***Bos taurus* (Croisement Angus-Hereford)

Rittenhouse et al. (1970)	les échantillons de fistule ruminale contenaient 6,3 à 8,5 % de PB*
Hennessy et al. (1981)	6,2 - 10,6 % de PB*
Kartchner (1981)	les échantillons de fistule ruminale contenaient 5,2 à 7 % de PB*
Adams (1985)	6 à 7,5 % de PB Ivraie sauvage de Russie
Judkins et al. (1985)	10,43 à 12,63 % de PB



Judkins et al. (1987)	10,43 à 12,63 % de PB
Caton et al. (1988)	les échantillons de matière mastiquée contenaient 8,1 % de PB*
Krysl et al. (1989)	herbages de la famille des Graminae- Mon- Poaceae ; les échantillons _sophagiens contenaient 1,77 à 2,06 % de N(11,06 à 12,88 % de PB)*
Maiga (1989)	herbes de 'tobosa'
Napoli et Santini (1989)	fromental (élevé), ivraie, trèfle ;
DelCurto et al. (1990)	5 à 6 % de PB - herbes hautes
Holderbaum (1990)	« limpograss »
Rouda et al. (1990)	?
Smith et al. (1990)	champ de blé
Barton et al. (1992)	chiendent dormant : 1,1 % de N (6,88 % de PB)
Hess et al. (1992a)	N, chiendent intermédiaire dormant
Hess et al. (1992b)	idem
Krysl (1992)	0,9 à 1,2 % de N (5,6 à 7,5 % de PB) Foin
Moss et Murray (1992)	63 à 40 % de DMSIV - pâturage tropical Kazungula fertilisé et irrigué
Hafley et al. (1993)	? ; est supposé être limité en - N
Lyons et al. (1993)	5,6 à 6,4 % de PB - Herbage
	<i>B. taurus</i> * <i>B. indicus</i> - croisement
Gonzalez et al. (1990)	?
Pitts et al. (1992)	6,5 à 7 > % de PB - Herbes de Tobosa
	Zébus ( <i>boeuf à bosse</i> ) <i>Bos indicus</i>
Falvey (1977)	?
Gbodi et al. (1990)	végétation du Plateau du Jos - Nigéria
Van Nierop (1993)	0,79 % de N (4,9 % de PB) 47 % de MOD, végétation de la ferme de Niono, Mali

## FOIN

## Ovins

Morantes (1987)	2,6 % de PB « limpograss Floralta »
Talavera (1987)	herbage local des Hautes Andes Péruviennes

Capper et al. (1989)	paille d'orge : ramassée à la main - coupée mécaniquement
Gaskins et al. (1990)	5,5 % de PB Foin
Yilala (1990)	Foin Pennisetum pedicellatum local
Al Jassim et al. (1991)	?

## **PACAGE**                      Ovins

Holder (1962)	herbage non amélioré
Weston (1971)	?
De Waal et al. (1980)	Themeda triandra, Eragrostris chloromelas, Cymbopogon herbage local d'Afrique du Sud
De Waal et Biel (1989)	idem ; les échantillons de fistule de la panse présentaient 6,7 à 19,8 % de PB*
Hatfield et al. (1990)	herbages de la famille des Graminae- Mon- Poaceae

## **FOIN**                              Caprins

Gaskins et al. (1990)	5,5 % de PB Foin
Mtenga et Kitaly (1990)	Choris gayana (herbe de Rhodes)
Mtenga et Shoo (1990)	?
Al Jassim et al. (1991)	?
Tolkamp et Ketelaars (1992)	« l'herbe doit pouvoir se maintenir au-dessus du seuil d'entretien " - pas de mauvaise qualité
Sarwiyono et al (1992)	?

*\* les échantillons de rumen ont une teneur en PB et une digestibilité supérieures, de façon significative, à ce que le fourrage peut proposer sur l'herbage : conséquence de la sélectivité de l'animal. Les teneurs en PB ruminales en disent plus des possibilités qu'a l'animal de sélectionner, à partir de la végétation, une ration de qualité certaine qu'en matière de concentrations moyennes de PB de la végétation.*

## **Annexe C - Etude des suppléments**

*Reçu par jour par animal, sauf indication contraire.*

**Animaux gardés à l'étable**                      *Bos taurus*, Croisement Hangu Hereford

Coleran et Wyatt (1982)	0,45 kg/j de FDC ; quotidiennement, en jours alternés, tous les 4 jours (9,7 % de PB)
Hennessy et al. (1983)	600 g, 1 200 g : repas protéique à 65 % de PB : 560 g, 1 120 g 1-4,4 % de PB - sorgho associé à d'autres éléments
Kellaway et Leibholz (1983)	urée, caséine, caséine <b>HCHO (?)</b>
Norton et al. (1983)	211 g/kg de PD + 53, 233, 412 g/kg de PND
McCollum et Galyean (1985)	800 g 37,9 % de PB FDC
Guthrie et Wagner (1988)	0,36 kg 32 % de PB ; 0,67 kg 34 % PB ; 1,41 kg 13 % PB supplément à base de grain ; FDS à 121, 241, 362, 603 g de MS
Younis et Wagner (1990)	GDM, FDS, FDC
Freeman et al. (1992)	FDC + grain : 600 g 43 % PB MS ; 122 g 22 % PB MS ; 600 g 22 % PB
Boyce et Bowman (1993)	farine de poisson, +0, +urée, + caséine, +urée & caséine
Oosting (1993)	ammoniaque, caséine, protéine de pomme de terre, pulpe fraîche de betteraves

*Bos indicus*, Zébu

Smith (1962)	foin fertilisé en N ; deux fois la PB de l'herbage
Wegad et Ndumbe (1987)	750 g TDC, 1000 g de <i>Leucaena</i> , 900 g de <i>Leucaena</i> + TDC
Bartholomew et al. (1992)	350 kg de supplément disponible par animal : 50 % TDC, 45 % spathes de graine de coton, 5 % sel, environ 9,5-10 % PB/ration
<a href="#">Kaasschieter et al. (1994)</a>	TDC à 20, 40, 60 % de IVMO

**Animaux en libre pâture**

*Bos taurus* (Croisement, H Angus Hereford)

Rittenhouse et al. (1970)	0,02, 0,041, 0,061, 0,081 Mcal Energie Digestible/kg PP <sup>0,75</sup> 1,16, 2,07, 3,0 g PB/kg PP <sup>0,75</sup> en associations
Hennessy et al. (1981)	substances minérales + 90 g GC spathes (groupe de contrôle) ; Con + 600 g repas protéique ; idem mais deux fois par semaine (2,1 kg/3,5 j) ; Con + 560 g de sorgho

Kartchner (1981)	1,5 kg de FDC, 1,4 kg orge concassée deux fois par semaine (0,75 kg de FDC/j)
Judkins et al. (1987)	1,7 kg de TDC ; 3,6 kg de FDL
Caton et al. (1988)	45,5 % de PB/IMO sous forme de 91 % de FDC + 9 % de grain de maïs
Krysl et al. (1989)	0,5 kg de FDS ; 0,5 kg de <b>SFS</b> (?)
Maiga (1989)	FDC à 0,34, 0,69 kg/j
Napoli et Santini (1989)	protéine contenant du supplément concentré : 3 kg quotidiennement
DelCurto et al. (1990)	0,70 % PP FDL (13 % de PB) ; 0,67 % PP - granules de luzerne (25 % de PB) ; 0,48 PP FDS/ sorgho en grains (39 % de PB)
Holderbaum (1990)	maïs, urée
Rouda et al. (1990)	5 kg 41 % de PB - granules de GC deux fois par semaine (1,4 kg/d)
Smith et al. (1990)	- 8,6 % de PB (base MD) sous forme de supplément à base de maïs (poids : 2 livres) ; 20,2 % de PB (base MD) sous forme de FDC ; idem sous forme de GDM
Barton et al. (1992)	- 0,25 % du PP FDC donnée l'après-midi ; nourriture identique le matin
Hess et al. (1992a)	52 % du PP FDL ; 22 % du PP FDC ; 36 % du PP GDM
Hess et al. (1992b)	52 % du PP FDL ; 22 % du PP FDC ; 36 % du PP GDM
Krysl (1992)	FDL, FDC, FDS, grains de sorgho, GDM, maïs
Moss et Murray (1992)	4 % de N (25 % de PB) maïs ; 24 % de N pour 5 de maïs : 1 FDC ; 32 % de N pour 4 de maïs : 2 FDC ; 40,5 % de N pour 3 de maïs : 3 FDC ; 64 % de N FDC
Hafley et al. (1993)	0,1 kg de PNDR ; 0,2 kg de PNDR (farine de sang, GDM, FDS)
Lyons et al. (1992)	42 % de PB pour 93 % de FDC ; 23,8 % de PB pour 44 % de FDC + 52 % de sorgho en grains ; 12,8 % de PB pour 7 % de FDC + 89,5 % de sorgho en grains.

*B. taurus* \* *B. indicus* - croisement

Gonzalez et al. (1990)	farine de poisson à 9, 13, 17, 21 % de PB IVMO
Pitts et al (1992)	41 % de PB à 0,34, 0,68 kg de FDC

*Bos indicus* - Zébu

Falvey (1977)	0,45 kg 7,34 % de PB - farine de viande osseuse
Gbodi et al. (1990)	TDC durant la saison sèche
Van Nierop (1993)	11,55 g/kg P <sup>0,75</sup> TDC : 43,8 g/kg de P <sup>0,75</sup>

**Gardes a l'étable**

## Ovins

Morantes (1987)	mélasse - urée ; 5,5 % de PB foin de légumineuse ; FDL
Talavera (1987)	FDC ; FDC + maïs ; farine de poisson ; farine de poisson + maïs
Capper et al. (1989)	TDC donné pour augmenter le PB de la ration jusqu'à 7 à 8 % ; grains d'orge à 1/3 énergétique (rqrmnts)
Gaskins et al. (1990)	FDL (20 % de PNDR) ; FDC (60 % de PNDR), « slaframine »
Yilala (1990)	60 g/kg de MD TDC ; 60, 120 g/kg de MD GD (sous forme d'associations)
Al Jassim et al. (1991)	PNDR

**En libre pâture**

## Ovins

Holder (1962)	76,5 % - avoine en grains
Weston (1971)	11,7 % de MD 6,3 % de PB ; 15,8 % de MD 6,2 % de PB ; 19,9 % de MD 5,9 % de PB supplément protéique
De Waal et al. (1980)	50 % de farine de poisson, 30 % de sel, 15 % de CA <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , 5 % de mélasse ; 17,9 g de PB (directement dans la panse)
De Waal et al. (1990)	ad libitum : 23 % de PB 3,41 Mcal/kg EnDig, 40 % de maïs, 32 % de FDC, 10 % de FDS, 9 % de FDL, 5 % de mélasse.

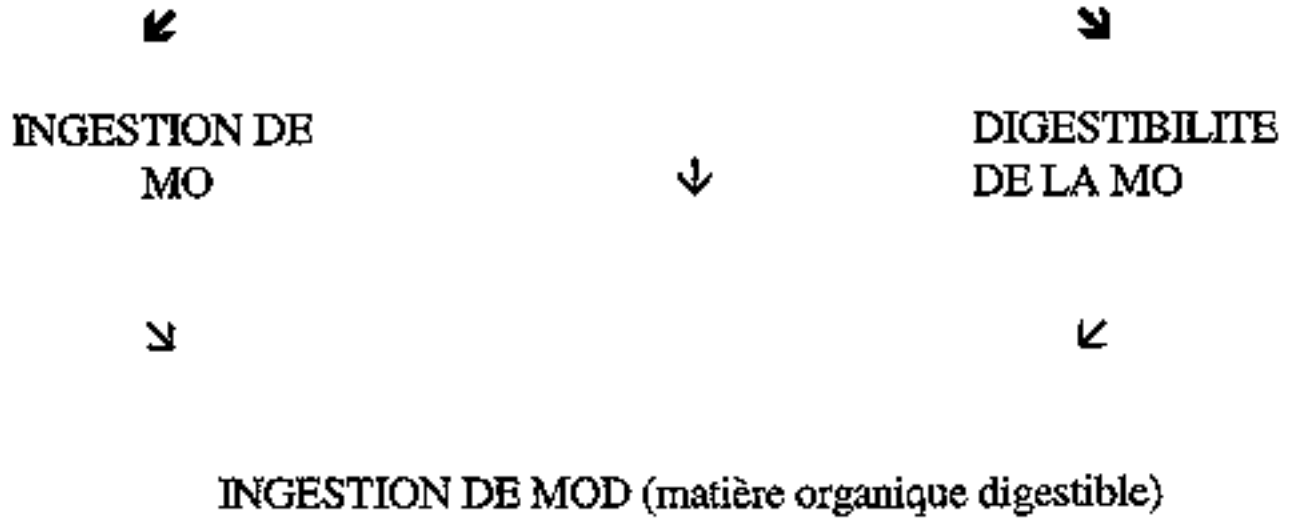
**Gardes a l'étable**

## Caprins

Gaskins et al. (1990)	FDL (20 % de PNDR) ; FDC (60 % de PNDR), « slaframine »
Mtenga et Kitaly (1990)	TDC

Mtenga et Shoo (1990)	FDL
Al Jassim (1991)	PNDR
Tolkamp et Ketelaars (1992)	urée, caséine
Sarwiyono et al. (1992)	100 % de DMSIV urée + mélasse ; 71,3 % de DMSIV FDC + mélasse - nourriture donnée à 1,5 %, 3 % de PV.

## TEMPS DE RETENTION



← corrélation négative

← corrélation positive

*Figure 1 : Relation temps de rétention, MOD, MOI et ABMD pour les ruminants. (D'après : Thornton et Minson, 1973).*