

## Modes de distribution de la paille dans une ration d'engraissement chez les taurillons : dynamique de la digestion, caractéristiques fermentaires dans le rumen, performances zootecniques et caractéristiques de la viande

AP Mayombo <sup>1\*</sup>, C Van Eenaeme <sup>1</sup>, L Istasse <sup>1</sup>,  
D Desmecht <sup>2</sup>, A Clinquart <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Nutrition animale ; <sup>2</sup> Anatomie pathologique ; <sup>3</sup> Technologie des denrées alimentaires,  
faculté de médecine vétérinaire, université de Liège, Sart-Timan, B-4000 Liège, Belgique

(Reçu le 19 novembre 1996 ; accepté le 11 février 1997)

**Summary — Type of feeding of straw in a fattening diet for beef bulls: dynamics of digestion, rumen fermentation characteristics, animal performances and meat characteristics.** The type of feeding of straw in concentrate fattening diets was studied in two trials for both the metabolic aspects and the animal performances. The metabolic study was conducted with two groups of four Belgian Blue bulls, dual purpose type, fitted with a rumen fistula and penned in metabolism stalls for two consecutive periods of 56 days. During the first period the bulls of the first group received separately straw and a fattening concentrate composed of dried sugar beet pulp (40.8%), cereals (37%), oil cakes (18%), molasses (3%) and a mineral supplement (1.2%). The second group received the same concentrate diet mixed with chopped straw at a rate of 91 to 9% respectively. During the second period the diets were changed. In the production trial the same diets were given to two groups of six 10-month-old bulls, maintained in a free stanchion barn with straw as bedding. Both diets were given during the whole fattening period, which lasted for 153 and 144 days in the groups offered the straw separately or mixed, respectively. Apparent digestibility was systematically higher in the mixed diet group. Nylon bag incubations in the rumen for different feedstuffs indicated higher degradability with the mixed diet for feedstuffs high in starch ( $P < 0.001$ ) and with slowly degradable fibre ( $P < 0.05$ ). Rumen pH was systematically higher in the mixed diet indicating a buffering capacity of chopped straw. The length of the rumen papillae and the number of keratinized cell layers were higher with the mixed diet. In both trials feed intake was higher when concentrate and straw were given separately. The feed conversion ratio was lower (7.0 vs 7.4 kg/kg) while the daily growth rate (1.5 vs 1.4 kg/day) and carcass weight (402.7 vs 371 kg) were higher with the mixed diet. Simi-

---

\* Correspondance et tirés à part.

Tél/fax : 32 4 366 4122 ; e-mail : mayombo@staf.fmv.ulg.ac.be

larly, a tendency towards a higher dressing percentage (65.8 vs 62.6%) and muscle proportion (83.7 vs 78.3%) was also observed with the mixed diet.

### **bulls / fattening / straw / concentrate / digestibility / performances**

**Résumé** — Une série de deux essais concernant deux modes de distribution de la paille dans une ration d'engraissement à base de concentré destinée à des taurillons est présentée. Le premier essai concerne l'aspect métabolique et le second se rapporte aux performances zootechniques. L'aspect métabolique a été étudié sur huit taurillons Blanc Bleu Belge du type mixte répartis en deux groupes de quatre, munis d'une canule du rumen et maintenus sur des stalles à métabolisme pendant une période de 112 j divisée en deux. Durant la première période, le premier groupe recevait séparément le concentré d'engraissement composé de pulpes de betteraves séchées (40,8 %), céréales (37 %), tourteaux (18 %), mélasse (3 %), et un mélange minéral (1,2 %) à l'auge et la paille dans un râtelier. Le second groupe de taurillons recevait le même concentré d'engraissement dans lequel était incorporé grâce à une mélangeuse distributrice de la paille hachée à raison de 9 % pour 91 % de concentré. Durant la seconde période, les deux rations ont été inversées. Dans l'essai zootechnique, les mêmes régimes ont été distribués dans des conditions identiques du début jusqu'à la fin d'engraissement à deux groupes de six taurillons âgés de  $\pm 10$  mois et maintenus en loges semi-paillées. La durée d'engraissement a été de 153 et de 144 j respectivement pour les animaux du premier et du second groupe. La digestibilité apparente a été systématiquement plus élevée lorsque la paille a été incorporée au concentré. La dégradabilité dans le rumen, déterminée par la technique des sachets de nylon, a été plus importante avec la paille hachée en mélange pour des aliments contenant de l'amidon ( $p < 0,001$ ) et des fibres à fermentation lente ( $p < 0,05$ ). Le pH du rumen a été systématiquement plus élevé chez les taurillons qui avaient reçu la paille hachée en mélange indiquant un effet tampon important lié au mode de distribution de la paille. La longueur des papilles dans le rumen ainsi que l'épaisseur des couches de cellules kératinisées ont été plus élevées avec la paille hachée en mélange. Les quantités ingérées ont été un peu plus élevées pour les taurillons qui recevaient la paille séparément tant dans l'essai métabolique que dans l'essai zootechnique. L'indice de consommation a été plus faible (7,0 vs 7,4 kg/kilo) alors que le gain quotidien moyen (1,5 vs 1,4 kg/jour) et le poids de carcasses (402,7 vs 371,0 kg) ont été plus élevés avec la paille hachée en mélange. Une tendance vers des valeurs plus élevées pour le rendement d'abattage (65,8 vs 62,6 %) et la proportion des muscles (83,7 vs 78,3 %) a été observée chez les taurillons nourris avec la paille hachée en mélange.

### **taurillons / engraissement / paille / concentré / digestibilité / performance**

## **INTRODUCTION**

La paille est un aliment fibreux que l'on peut utiliser dans les rations d'engraissement à base d'aliments concentrés pour régulariser et optimiser les fermentations dans le rumen et éviter des pathologies telles que le tympanisme, l'entérototoxicité ou l'acidose. Elle est considérée comme un aliment de faible efficacité nutritionnelle, de valeur alimentaire variable et faible (Andrieu et Demarquilly, 1987 ; Jarrige, 1988).

Une proportion élevée de concentrés dans une ration peut perturber la flore du rumen

et conduire à une accumulation d'acide lactique (Kaufmann et al, 1980). Cette dernière induit une diminution du pH dans le rumen ( $\text{pH} < 6$ ) avec inhibition de la flore cellulolytique (Stewart, 1977 ; Istasse et Orskov, 1983 ; Mould et Orskov, 1983). Il en résulte des déviations fermentaires (Latham et al, 1971 ; Kaufmann, 1976 ; Journet, 1988) et des interactions digestives négatives avec diminution de la digestibilité des fourrages fibreux, chute de l'ingestion et installation d'un état d'acidose chronique avec des risques de complications telles que la furonculose interdigitée. Ces risques sont d'autant

plus accrus que la ration est pauvre en fibres. Pour contourner ces inconvénients, il est conseillé de distribuer des concentrés en association avec un aliment de structure.

D'après Klusmeyer et al (1990), la forme de présentation d'un aliment peut modifier les orientations fermentaires dans le rumen. Ceci est d'autant plus vraisemblable que les animaux ont des besoins énergétiques élevés et qu'ils reçoivent donc des quantités plus importantes de concentrés. Dans les rations d'engraissement de taurillons, la paille est distribuée habituellement dans un râtelier ou prélevée directement par l'animal à partir de la litière. L'apparition sur le marché de mélangeuses distributrices capables d'incorporer des quantités assez importantes de paille à un concentré permet une alternative à une distribution séparée des deux composants de la ration.

De la paille a été distribuée avec une ration d'engraissement pour taurillons à base de concentré soit dans le râtelier ou soit en mélange. Le présent travail avait un double objectif : étudier les effets du mode de distribution de la paille sur la dynamique de la digestion et déterminer les incidences sur les performances zootechniques de taurillons à l'engrais.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Deux essais ont été menés conjointement : un essai métabolique (M) et un essai zootechnique (Z).

### Conduite des animaux et mesures

#### *Essai métabolique*

##### *Animaux*

Huit taurillons Blanc-Bleu-Belge de type mixte, pesant en moyenne 423 kg et munis d'une canule du rumen ont été répartis en deux groupes de quatre animaux en fonction de leur âge et du poids vif. Ils ont été maintenus sur des stalles à

métabolisme en vue de réaliser des mesures de digestibilité. La durée expérimentale a été de 112 j, répartie en deux périodes de durée égale (7 semaines).

#### *Rations*

Le concentré d'engraissement était composé de 40,8 % de pulpes séchées, 37,0 % de céréales, 18,0 % de tourteaux, 3,0 % de mélasse et 1,2 % de mélange minéral. Pendant la première période, les taurillons du premier groupe ont reçu séparément le concentré dans l'auge et la paille dans un râtelier. Les animaux du second groupe ont reçu le même aliment concentré dans lequel la paille a été incorporée à raison de 100 parts pour 1 000 parts de concentré. Les deux aliments ont été distribués presque ad libitum par ajustements fréquents des quantités distribuées en fonction de l'apparition de refus. Le mélange de concentré et de paille a été préparé dans une mélangeuse distributrice dont les vis sans fin équipées de couteaux permettaient de hacher la paille. Bien que le mélange ait été quelque peu hétérogène, les animaux n'ont pratiquement pas trié de sorte que l'on retrouvait du concentré dans les refus. À la fin de la première période, les deux rations ont été inversées entre les deux groupes (*cross-over*). Une période de transition d'une semaine a été instaurée entre les deux périodes. La composition chimique du concentré et de la paille figurent au tableau I.

#### *Mesures*

Les quantités ingérées ont été enregistrées individuellement et quotidiennement. La digestibilité apparente des rations a été mesurée par collecte totale des fèces pendant 7 j à la fin de chaque période.

L'étude de la dynamique de la digestion dans le rumen a été réalisée par deux approches : détermination de la dégradabilité de différents aliments et étude des fermentations dans le rumen par prélèvement du jus de rumen. La dégradabilité de six aliments de composition chimique très variable a été étudiée. Ces aliments ont été choisis pour leur composition chimique très différente : deux aliments riches en amidon à fermentation rapide (orge) ou à fermentation lente (maïs), de la pulpe séchée et de la paille contenant respectivement des fibres à potentialités de fermentation élevées ou faibles et deux tourteaux riches en matières azotées. Les six aliments ont été broyés dans un broyeur à marteaux muni d'une grille de 1,0 mm, avant de déterminer leur

**Tableau I.** Composition chimique du concentré et de la paille.

	<i>Concentré</i>	<i>Paille</i>
Matière sèche (%)	87,1	90,5
Cendres (% MS)	9,0	4,2
ADF (% MS)	16,7	59,7
Matières azotées (% MS)	16,9	3,3
Extrait éthéré (% MS)	2,2	1,3
Calcium (g/kg MS)	9,5	3,7
Phosphore (g/kg MS)	4,6	1,7
Sodium (g/kg MS)	1,1	0,7
Potassium (g/kg MS)	9,9	9,9
Magnésium (g/kg MS)	2,3	0,7
Cuivre (mg/kg MS)	15,1	5,0
Zinc (mg/kg MS)	73,0	18,2
Manganèse (mg/kg MS)	84,9	26,5

dégradabilité par la technique des sachets de nylon (Mehrez et Orskov, 1977). Les sachets de nylon (12 × 7,5 cm de taille et de 63 µm de porosité), remplis de 5 à 6 g d'aliments concentrés ou de 3 à 4 g d'aliments grossiers ont été incubés pendant 4, 8, 16, 24 ou 48 h dans le rumen. Les mesures ont été répétées deux fois. La dégradabilité moyenne de la matière sèche obtenue aux différents temps d'incubation a été utilisée pour calculer les paramètres de la cinétique de disparition de la matière sèche selon l'équation :

$$d = a + b(1 - e^{-ct})$$

(Orskov et Mc Donald, 1979)

où  $d$  = dégradabilité exprimée en % ;  $a$  = la fraction rapidement dégradabile ou soluble en % ;  $b$  = la fraction progressivement dégradabile en % ;  $c$  = la vitesse de dégradation de la fraction  $b$  ;  $t$  = le temps d'incubation exprimé en heures.

La dégradabilité théorique (DT) a été calculée à partir de l'équation proposée par Mc Donald (1981) :

$$DT = a + (bc/c + k)$$

où  $a$ ,  $b$ ,  $c$  représentent les mêmes paramètres que précédemment et  $k$ , le taux de sortie des particules du rumen estimé à 6 % par heure (Vérité et al, 1987).

Les fermentations dans le rumen ont été déterminées sur des échantillons prélevés au moyen d'un tube muni d'une crépine. Huit échantillons ont été prélevés à intervalle de 2 h, le premier échantillon étant prélevé avant le repas du matin. Le second repas a été distribué 8 h après le premier repas. Le dernier échantillon a été prélevé 6 h après le deuxième repas. Une solution de thiomersal à 3 % a été ajoutée à raison de 1 mL pour environ 100 mL de liquide du rumen en vue de bloquer les fermentations. Le liquide a ensuite été filtré sur de la gaze. Le pH a été déterminé immédiatement après le prélèvement à l'aide d'un potentiomètre à électrode combinée verre-Ag/AgCl. Les échantillons ont été stockés à -20 °C au congélateur en vue de la détermination des acides gras volatils, de l'ammoniaque et du glucose.

### *Essai zootechnique*

#### *Animaux*

Douze taurillons Blanc Bleu Belge de type culard âgés de 10 mois ont été répartis en deux groupes de six animaux de même poids vif moyen (405 kg) et maintenus en loges semi-paillées.

### Rations

Les aliments utilisés, semblables à ceux de l'essai métabolique, ont été distribués selon les mêmes modalités. Cependant, la quantité de paille distribuée au râtelier n'a pas été mesurée car il est impossible de connaître les pertes au sol et de déterminer la quantité de paille de litière ingérée.

### Mesures

Les consommations alimentaires ont été mesurées quotidiennement par groupe d'animaux. Les taurillons ont été pesés tous les 28 j ainsi que lors de leur départ pour l'abattoir. La date d'abattage a été déterminée en fonction de l'état de finition des animaux estimé par manievement de la graisse sous-cutanée au niveau de la base de la queue, du pli du grasset et des côtes. Après abattage, le poids de carcasse chaude a été enregistré. Le pH a été mesuré directement sur la carcasse dans le muscle *Longissimus thoracis* 1 et 48 h après l'abattage. La composition de la carcasse a été estimée à partir de celle du 7<sup>e</sup> segment monocostal prélevé 48 h après l'abattage (Verbeke et Van de Voorde, 1978). La dissection a permis la séparation des muscles, de la graisse et des os. La couleur du muscle *Longissimus thoracis* issu du segment monocostal a été déterminée 48 h après l'abattage suivant le système CIE (Commission internationale de l'éclairage) : L\* (luminosité), a\* et b\* (couleur). La teinte a été estimée par le rapport a\*/b\*. La capacité de rétention d'eau a été estimée par la détermination des pertes par écoulement après stockage d'une tranche de muscle *Longissimus thoracis* de 2,5 cm d'épaisseur durant 5 j à 2 °C. Cette tranche a ensuite été utilisée pour la détermination des pertes à la cuisson après chauffage dans des sacs plastiques ouverts placés durant 50 min dans un bain-marie à 75 °C (Boccard et al, 1981). Après refroidissement, la tendreté a été estimée sur viande cuite par la détermination de la force maximale de cisaillement mesurée avec un banc de traction Instron 1140 équipé d'une cellule Warner-Bratzler. La composition chimique de la viande (matière sèche, cendres, matières azotées et extrait éthéré) a également été déterminée sur le muscle *Longissimus thoracis* par des techniques conventionnelles (AOAC, 1975).

La hauteur et l'épaisseur des papilles du rumen ont été mesurées sur cinq échantillons de 4 × 2 cm prélevés à l'abattoir au niveau du sac dorsal du rumen de chaque taurillon. La hauteur des papilles du rumen a été mesurée sur dix

papilles par échantillon, soit 600 papilles au total à l'aide d'une latte millimétrée graduée de 1 à 30 mm. Parmi ces papilles, cinq ont été retenues par animal en vue de déterminer l'épaisseur de la couche kératinisée après fixation dans le formol 10 %. Elles ont été ensuite coupées à 5 µm d'épaisseur, colorées à l'hématoxyline-éosine et observées au microscope optique.

### Analyses chimiques

La teneur en matière sèche des aliments a été déterminée par dessiccation durant 24 h à 105 °C, l'extrait éthéré par extraction à l'éther diéthylique (Soxhlet) et les cendres par calcination durant 24 h à 550 °C. La lignocellulose a été exprimée sous forme d'*acid detergent fiber* (ADF) selon la méthode de Van Soest (1963). Les matières azotées (N × 6,25) ont été déterminées par digestion Kjeldahl sur un Block Digestor, suivi du dosage de l'ammoniaque dans les digestats par la méthode de Berthelot adaptée à l'autoanalyser de Technicon (Van Eenaeme et al, 1969). Le glucose a été dosé par la méthode à l'orthotolidine, sur autoanalyser (Charlier et al, 1974). Les acides gras volatils ont été déterminés par chromatographie en phase gazeuse (Van Eenaeme et al, 1965). Les minéraux Ca et Mg et les oligoéléments Cu, Zn et Mn ont été dosés par spectrométrie d'absorption atomique ; le Na et le K par émission de flamme. La concentration en P a été déterminée par colorimétrie au vanadomolybdate, à l'autoanalyser.

### Traitement statistique

Les données obtenues dans les deux essais ont été traitées par analyse de la variance à un critère (CSS, 1988).

## RÉSULTATS

### Essai métabolique

#### Ingestion

Les taurillons qui recevaient la paille séparément du concentré ont ingéré 8,3 kg de concentré et 1,2 kg de paille, soit une ingestion totale de 9,5 kg (tableau II). Les animaux qui ont reçu la paille en mélange ont ingéré 9,0 kg de mélange, soit 5,5 % en moins. Comme la proportion paille-concen-

**Tableau II.** Ingestion d'aliments et performances zootechniques des taurillons suivant qu'ils reçoivent de la paille longue distribuée séparément du concentré ou de la paille hachée distribuée en mélange au concentré.

	<i>Régimes</i>		<i>Seuil de signification</i>
	<i>Paille longue</i>	<i>Paille hachée</i>	
<i>Essai métabolique</i>			
Ingestion concentré (kg/jour)	8,3 ± 0,2		
Ingestion paille en long (kg/jour)	1,2 ± 0,1		
Ingestion totale (kg/jour)	9,5 ± 0,2	9,0 ± 0,1	0,001
<i>Essai zootechnique</i>			
Ingestion concentré (kg/jour)	10,7	10,4	
Indice de consommation (kg de conc/kg)	7,4	7,0	
<i>Performances zootechniques</i>			
Poids initial (kg)	405,5 ± 67,2	404,3 ± 72,5	NS
Poids final (kg)	612,2 ± 66,5	632,5 ± 36,1	NS
Gain total (kg)	206,7 ± 28,4	228,2 ± 41,1	NS
Durée (j)	144 ± 23	153 ± 15	NS
Gain de poids vif (kg/jour)	1,44 ± 0,19	1,49 ± 0,10	NS
<i>Données d'abattage</i>			
Poids de carcasse (kg)	371,0 ± 46,4	402,7 ± 27,1	NS
Rendement d'abattage (%)	62,6 ± 3,5	65,8 ± 1,4	0,10
Freinte (%)	2,0 ± 1,2	2,7 ± 0,8	NS
Muscles dans la carcasse désossée (%)	78,3 ± 5,9	83,7 ± 2,1	0,10
Tissu conjonctivo-adipeux (%) dans la carcasse désossée	21,7 ± 5,9	16,4 ± 2,1	0,10

NS : non significatif au seuil de  $p > 0,10$  ; Conc : concentré.

tré était de 9 – 91 %, la quantité de paille ingérée a été de 1,0 kg par jour et celle du concentré de 8,0 kg. Lorsque la paille a été distribuée séparément, la proportion ingérée par les taurillons a été de 12,6 %.

### *Digestibilité apparente*

Les coefficients de digestibilité apparente les plus élevés ont été systématiquement associés à la ration dans laquelle la paille hachée a été incorporée (76,0 vs 75,0 % pour la matière sèche ; 77,3 vs 75,5 % pour la matière organique ; 72,6 vs 68,2 % pour les

matières azotées, 63,6 vs 61,9 % pour la fibre ADF et 64,0 vs 51,4 % pour l'extrait éthéré). Les différences ont été significatives pour les matières azotées ( $p < 0,05$ ) et l'extrait éthéré ( $p < 0,001$ ) (tableau III).

### *Cinétique de la dégradation dans le rumen*

Le mode de distribution de la paille n'a pas influencé la dégradabilité des tourteaux (tableau IV et fig 1). En revanche, l'incorporation de la paille hachée dans le mélange a augmenté la dégradabilité de l'orge

**Tableau III.** Digestibilité apparente de rations de taurillons suivant qu'ils reçoivent de la paille longue distribuée séparément du concentré ou de la paille hachée distribuée en mélange au concentré.

	Régimes		Seuil de signification
	Paille longue	Paille hachée	
Matière sèche (%)	75,0 ± 3,1	76,0 ± 1,2	NS
Matière organique (%)	75,5 ± 3,1	77,3 ± 1,3	NS
Matières azotées (%)	68,2 ± 4,3	72,6 ± 2,3	0,05
ADF (%)	61,9 ± 3,9	63,6 ± 1,9	NS
Extrait éthéré (%)	51,4 ± 7,2	64,0 ± 4,9	0,001

NS : non significatif au seuil de  $p > 0,10$ .

**Tableau IV.** Dégradabilité théorique de la matière sèche des six aliments incubés dans le rumen des taurillons suivant qu'ils reçoivent de la paille longue distribuée séparément du concentré ou de la paille hachée distribuée en mélange au concentré.

	Tourteau de lin	Tourteau de soja	Orge	Maïs	Pulpes séchées	Paille
Paille longue						
DT (%)	64,5 ± 2,9	65,3 ± 2,5	64,9 ± 1,7	54,2 ± 1,7	54,7 ± 4,1	16,9 ± 1,7
Paille hachée						
DT (%)	62,7 ± 2,7	63,8 ± 0,7	71,5 ± 1,4	59,8 ± 2,8	57,9 ± 1,1	19,2 ± 1,2
Seuil de signification	NS	NS	0,001	0,001	0,05	NS

DT : dégradabilité théorique calculée avec un taux de vidange estimé à 6 % par heure ; NS : non significatif au seuil de  $p > 0,10$ .

( $p < 0,001$ ), du maïs ( $p < 0,001$ ) et de la pulpe séchée ( $p < 0,05$ ). Pour la paille, une tendance à l'augmentation a été observée ( $p < 0,20$ ).

#### Caractéristiques fermentaires dans le rumen

L'évolution du pH est donnée à la figure 2a. Le pH a présenté une chute après le premier repas suivie d'une remontée avant le repas suivant. Une nouvelle chute plus accentuée a été observée après le deuxième repas. Il

est intéressant de noter que le pH a été systématiquement plus élevé chez les taurillons qui ont reçu la paille hachée en mélange indiquant un effet tampon lié au mode de distribution de la paille. La diminution du pH a été plus importante à 8 h ( $p < 0,05$ ), à 10 h ( $p < 0,01$ ) et à 14 h ( $p < 0,05$ ) avec la ration paille longue. Le pH moyen de l'ensemble des prélèvements a été de 6,3 contre 6,5 respectivement pour la ration paille longue et paille hachée en mélange. Le mode de distribution de la paille n'a pas influencé les différentes fermentations

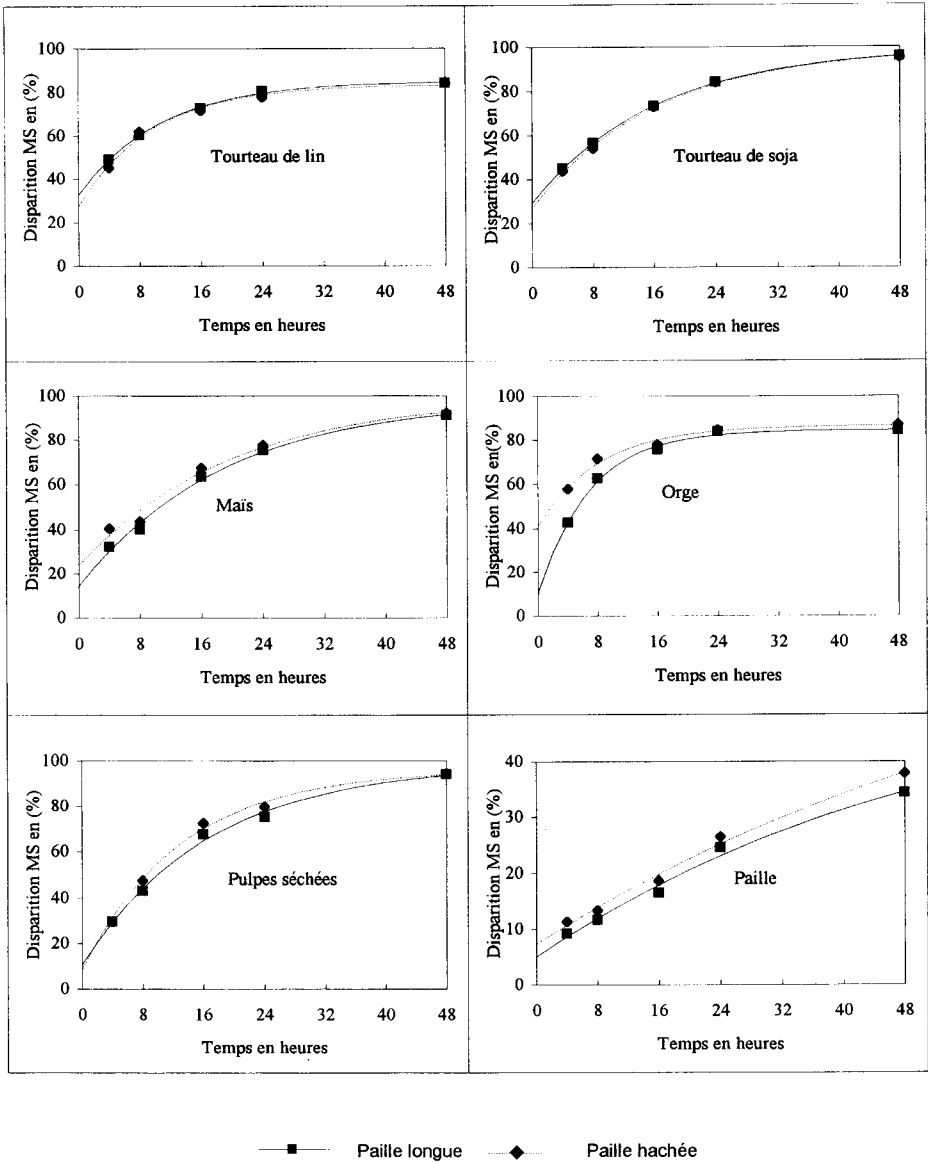


Fig 1. Dégradabilité de différents aliments incubés dans le rumen suivant le régime reçu par les taureillons.



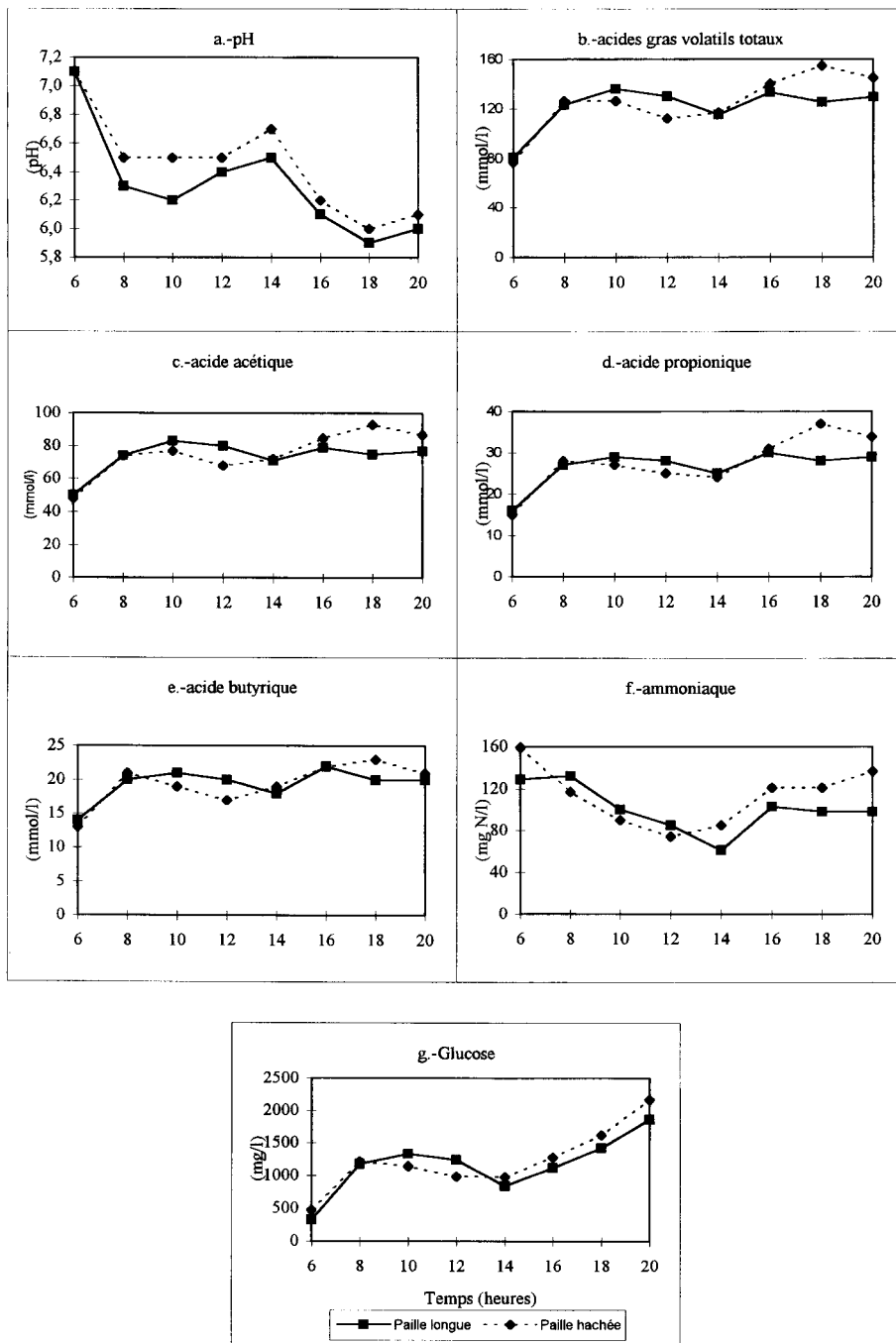


Fig 2. Caractéristiques fermentaires dans le rumen suivant le régime reçu par les taurillons.

puisque la concentration des principaux acides gras volatils du jus de rumen a été identique dans les deux traitements (fig 2b, c, d, e). Les concentrations en acides gras volatils totaux ont été de 124,7 contre 121,3 mmol/L, celles d'ammoniaque de 112,8 contre 101,1 mg N/L (fig 2f) respectivement pour la ration avec paille hachée en mélange et paille longue, tandis que celles en glucose étaient identiques à 1,2 g/L (fig 2g).

### Essai zootechnique

Bien que les différences n'aient pas été significatives, il est intéressant de noter que les ingestions de concentré ont été plus élevées (10,7 vs 10,4 kg/jour) chez les taurillons nourris avec la ration contenant la

paille longue que chez ceux recevant la paille hachée en mélange (tableau II). L'indice de consommation du concentré a été également plus élevé chez les animaux alimentés avec la paille longue (7,4 vs 7,0 kg/kg). Il faut noter que les ingestions plus faibles obtenues dans l'essai métabolique sont à relier à la différence de poids des animaux entre les deux essais. Les gains quotidiens ont été légèrement plus élevés avec la paille hachée mélangée au concentré. De même, une tendance à des valeurs plus élevées a été observée en ce qui concerne le rendement à l'abattage (65,8 vs 62,6 % ;  $p < 0,10$ ) et la proportion de muscles (83,7 vs 78,3 % ;  $p < 0,10$ ).

La composition chimique de la viande n'a pas été influencée par le mode de présentation de la paille (tableau V). Le pH

**Tableau V.** Composition chimique et caractéristiques qualitatives du muscle *Longissimus thoracis* des taurillons suivant qu'ils reçoivent de la paille longue distribuée séparément du concentré ou de la paille hachée distribuée en mélange au concentré.

	Régimes		Seuil de signification
	Paille longue	Paille hachée	
<i>Composition chimique</i>			
Matière sèche (%)	24,5 ± 0,3	24,0 ± 1,2	NS
Cendres (% MS)	4,5 ± 0,3	4,3 ± 0,3	NS
Matières azotées (% MS)	91,3 ± 1,6	89,4 ± 2,4	NS
Extrait éthéré (% MS)	3,7 ± 1,2	3,7 ± 0,8	NS
<i>Caractéristiques qualitatives de la viande</i>			
pH (1 h post mortem)	6,7 ± 0,2	6,6 ± 0,2	NS
pH final (48 h post mortem)	5,6 ± 0,1	5,6 ± 0,0	NS
Luminosité L* (%)	46,0 ± 2,7	43,6 ± 2,2	0,10
a*	18,4 ± 1,9	16,9 ± 2,3	NS
b*	18,6 ± 1,1	16,9 ± 1,2	0,05
Teinte a*/b*	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,1	NS
Pertes d'eau par écoulement (%)	5,1 ± 1,1	4,8 ± 0,9	NS
Perte d'eau à la cuisson (%)	27,8 ± 1,3	25,3 ± 2,5	0,10
Force maximale de cisaillement (N) (sur viande cuite)	30,1 ± 7,4	29,3 ± 9,9	NS

NS : non significatif au seuil de  $p > 0,10$ .

final de la viande a été semblable dans les deux groupes d'animaux. La viande des animaux qui ont reçu la paille longue au râtelier a été plus jaune ( $b^*$  plus élevé,  $p < 0,05$ ) et tendait à être plus claire ( $L^*$  plus élevée,  $p < 0,10$ ). Une tendance à des pertes d'eau à la cuisson plus élevées a été observée pour le groupe qui avait reçu la paille longue (27,8 vs 25,3 % ;  $p < 0,10$ ). Les pertes par écoulement n'ont, en revanche, pas été modifiées. Il n'y a pas eu de différence pour la force de cisaillement.

Il est apparu intéressant d'examiner le relief de la paroi du rumen puisque la distribution des papilles est le reflet de la stratification des ingesta et de la qualité des aliments ainsi que du fonctionnement du rumen dans le cadre de l'absorption des acides gras volatils. La qualité des régimes alimentaires influence les papilles surtout au niveau de la voûte dorsale du sac dorsal, de l'*atrium ruminis*, des niches près des piliers et dans une moindre mesure des parois latérales. La longueur des papilles du rumen a été significativement plus grande

( $p < 0,001$ ) lorsque la paille a été distribuée en mélange avec le concentré (tableau VI). Des effets significatifs semblables ont été observés pour l'épaisseur des couches de cellules kératinisées ( $p < 0,01$ ).

## DISCUSSION

Les coefficients de digestibilité de la ration ont été relativement élevés et semblables à ceux obtenus par Clinquart et al (1995) avec une ration à base de concentré (88 %) et de foin (12 %). Les coefficients de digestibilité des composants de la ration ont été systématiquement améliorés avec la paille hachée en mélange. Les différences ont été significatives pour les matières azotées et l'extrait éthéré. Avec la paille hachée distribuée en mélange, il est possible, que l'amélioration de digestibilité de la matière sèche et de la matière organique puisse être associée à la proportion quelque peu plus élevée de concentrés dans la ration. En effet, d'après Flachowsky et Schneider (1992),

**Tableau VI.** Caractéristiques des papilles du rumen des taurillons suivant qu'ils reçoivent de la paille longue distribuée séparément du concentré ou de la paille hachée distribuée en mélange au concentré.

	Régimes		Seuil de signification
	Paille longue	Paille hachée	
Nombre de taurillons	6	6	
Hauteurs des papilles (cm)			
Nombre de papilles	300	300	
La plus petite valeur	0,6 ± 0,2	0,8 ± 0,2	0,001
La plus grande valeur	1,1 ± 0,3	1,2 ± 0,2	0,001
Valeur moyenne	0,8 ± 0,2	1,0 ± 0,2	0,001
Épaisseur couche kératinisée (µm)			
Nombre de papilles	30	30	
La plus petite valeur	10,4 ± 3,0	14,4 ± 5,9	0,02
La plus grande valeur	29,6 ± 4,1	32,6 ± 4,4	0,05
Valeur moyenne	20,4 ± 3,0	24,1 ± 4,8	0,01

l'amélioration de la digestibilité de la matière organique d'une ration semble être liée à une proportion élevée de concentrés alors que pour la fibre brute, la digestibilité dépendrait du rapport paille-concentrés et du niveau d'ingestion de la matière sèche. Dans leurs essais, Istasse et al (1986a, b), rapportent une diminution de la digestibilité de la fibre brute lorsque la proportion des concentrés dans la ration est de 70 % et lorsque le fourrage est mélangé au concentré. Cette situation n'a pas été observée dans cet essai. La dégradation de la matière sèche des différents aliments incubés dans le rumen a été particulièrement améliorée avec la ration paille hachée en mélange pour les aliments riches en amidon (orge, maïs) et en fibres facilement dégradables (pulpes séchées) par rapport à la ration paille longue. Cette amélioration a néanmoins été plus faible pour les aliments contenant des fibres à faibles potentialités de dégradation (paille). Les améliorations de dégradabilité dans le rumen observées pour ces aliments indiquent que la paille hachée mélangée au concentré permet une meilleure efficacité de la microflore. L'effet sur les aliments fibreux pourrait être associé au pH qui s'est maintenu à un niveau plus élevé permettant ainsi une meilleure cellulolyse. Cette meilleure digestibilité de la ration avec la paille hachée en mélange serait à mettre en rapport avec le profil fermentaire du rumen, et en particulier avec l'effet tampon lié au mode de distribution de la paille, permettant ainsi une meilleure colonisation de la paille et une utilisation digestive efficace. Selon Kaufmann et al (1980), dans une ration contenant des aliments concentrés et des aliments fibreux, l'effet tampon est lié à un apport de fibre permettant une augmentation du temps de mastication et de la production de salive et maintenant le pH au dessus de 6. En revanche, l'apport d'un concentré riche en glucides rapidement fermentescibles s'accompagne d'une ingestion rapide et donc d'une réduction du temps de mastication et de production de salive et d'une aug-

mentation brusque d'acides gras volatils conduisant à une chute rapide du pH en dessous de 5,5. Une chute importante du pH pourrait inhiber l'activité cellulolytique (Kaufmann, 1976 ; Stewart, 1977 ; Mould et Orskov, 1983) et diminuer la digestibilité de la fibre brute. Bien que les différences soient très faibles, nos observations vont dans le même sens avec augmentation de la digestibilité de la fibre brute et réduction de la concentration en acides gras volatils totaux pour le régime paille hachée en mélange. Avec ce mode de distribution, les ingestions de concentré et de paille ont vraisemblablement été plus uniformément réparties au cours de la journée et la paille a été l'élément modérateur de fermentations induisant indirectement en quelque sorte un effet tampon.

Chez les taurillons recevant la paille hachée mélangée au concentré, la taille des papilles a été plus élevée et l'épaisseur de leurs couches de cellules kératinisées plus grande. De telles observations indiqueraient une meilleure absorption des acides gras volatils totaux bien que les concentrations n'aient pas été significativement différentes entre les deux lots. D'après Kauffold et al (1977) et Sakata et Tamate (1978, 1979), la surface d'absorption des papilles chez le ruminant peut augmenter soit par la croissance des papilles existantes, soit par l'augmentation de leur nombre ou les deux à la fois (Hofmann, 1983). Soveri et Nieminen (1995) rapportent dans leur essai que des aliments riches en glucides très solubles, même en faibles quantités, peuvent assurer une concentration en acides gras volatils nécessaires aux papilles pour qu'elles ne régressent pas. Enfin, il est possible que l'effet abrasif ait été moindre avec de la paille hachée mélangée au concentré qu'avec de la paille longue.

Les performances zootechniques observées dans cet essai sont élevées qu'il s'agisse des gains de poids vif (1,44 ou 1,49 kg/jour) et des indices de consommations du concen-

tré (7,4 ou 7,0 kg/jour) (tableau II) et très voisines de celles rapportées par Dufrasne et al (1991) et Clinquart et al (1991) avec le même type d'animal et le même type de ration d'engraissement à base de concentré. L'incorporation de la paille hachée au mélange a réduit les ingestions totales (essai M) ou les ingestions de concentré (essai Z), pour ce dernier les données de consommation de la paille n'ayant pas été prises en considération car non fiables avec des animaux en stabulation. Les gains de poids ont également été légèrement supérieurs de sorte que l'indice de consommation a été amélioré. Il est vraisemblable que cette amélioration est le résultat d'une meilleure efficacité d'utilisation de la ration permettant une plus grande absorption des acides organiques au niveau de la paroi du rumen. Il ne semble pas exister de données bibliographiques concernant les modalités de distribution de la paille dans une ration contenant près de 90 % de concentré. En revanche, avec des rations pour taurillons contenant environ 60 % de foin et 40 % d'aliments concentrés, Boucqué et al (1969) et Cottyn et Boucqué (1971) montrent que le foin haché ou mis en pellet permet des ingestions plus élevées que le foin long. Ces résultats sont donc opposés à ceux rapportés dans le présent travail. Il est intéressant de noter que le pourcentage de paille a été plus élevé, soit 12,6 %, lorsque les animaux avaient accès librement à la paille longue. Cette proportion est un peu plus élevée que celle préconisée antérieurement par Lambot (résultats non publiés) dans une comparaison comprenant des taux d'incorporation de 5 - 10 - 15 % de paille dans une ration d'engraissement à base de pulpes de betteraves séchées : le taux d'incorporation de 5 % a été jugé trop faible car induisant fréquemment du tympanisme ; celui de 15 % trop élevé car responsable de gains plus faibles vraisemblablement suite à une densité en énergie de la ration insuffisante.

Des différences significatives ont été enrégistrées entre les deux groupes de tau-

rillons en ce qui concerne les données d'abattage (tableau II) et de qualité de viande. Avec la paille hachée mélangée au concentré, le rendement d'abattage a été plus élevé de même que la proportion de muscle. La viande a également été plus foncée, moins jaune et perdait moins d'eau à la cuisson. Les effets sur le poids de carcasse et sur le rendement pourraient être associés à la meilleure efficacité d'utilisation de la ration qui s'est traduite par des gains plus élevés pendant une période plus longue. L'amélioration de la proportion de muscle dans la carcasse serait la conséquence de l'augmentation du rendement d'abattage, l'état d'engraissement étant moins prononcé (Clinquart, 1996).

## CONCLUSION

La distribution de paille hachée en mélange avec un concentré d'engraissement a permis d'améliorer les gains de poids vif et les indices de consommation de taurillons par rapport à un système où la paille est distribuée en râtelier. Ces améliorations sont à associer avec une meilleure fermentation dans le rumen et de meilleurs coefficients de digestibilité. Il en est résulté également des rendements d'abattage plus élevés et des carcasses plus maigres.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une convention de recherche de la Région Wallonne (Belgique).

## RÉFÉRENCES

- Andrieu J, Demarquilly C (1987) Composition alimentaire des foins et des pailles. In : *Les fourrages secs : récolte, traitement et utilisation* (C Demarquilly, ed), Inra, Paris, 163-182
- AOAC (1975) Official Methods of Analysis (12th Ed). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, 417-427

- Boccard R, Buchter L, Casteels E, Cosentino E, Dransfield E, Hood DE, Joseph RL, Mac Douglall DB, Rhodes DN, Schön I, Tinbergen BJ, Touraille C (1981) Procedures for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. Report of a Working Group in the Commission of the European Communities (CEC) Beef Production Research Programme. *Livest Prod Sci* 8, 385–397
- Bouqué CV, Cottyn BG, Buysse FX (1969) De waarde van gewoon en gepelletteerd Italiaans raaigras voor de rundvleesproductie. Mededeling studiedag « Italiaans raaigras » CLO-Gent, 20 febr 1969, 52–75
- Charlier C, Van Eenaeme C, Canart B, Pondant A, Lambot O, Bienfait JM (1974) Méthode de dosage semi-automatique de l'amidon et du glucose dans les aliments pour bétail. *Ann Méd Vét* 118, 181–194
- Clinquart A, Istasse L, Dufasne I, Mayombo AP, Van Eenaeme C, Bienfait JM (1991) Effects on animal performance and fat composition of two fat concentrates in diets for growing-fattening bulls. *Anim Prod* 53, 315–320
- Clinquart A, Van Eenaeme C, Istasse L, Neirincx K, Midy G, Bienfait JM (1995) Soya oil in diet for growing-fattening bulls. II. Effects on metabolism in the rumen, apparent digestibility, plasma hormones and metabolites. *Anim Physiol Anim Nutr* 74, 15–23
- Clinquart A (1996) Relations entre les performances zootechniques, les caractéristiques de la carcasse et le métabolisme chez le taurillon Blanc-Bleu-Beige. Thèse d'agrégation de l'enseignement supérieur, ULg-Liège, 21–28
- Cottyn BG, Bouqué CV (1971) Influence du broyage, de la finesse de mouture et de la mise en agglomérés sur la valeur alimentaire de foin de prairie. *Rev Agric* 24, 955–973
- CSS (1988) Complete Statistical System, StatSoft, Inc, 507–542
- Dufasne I, Gielen M, Istasse L, Van Eenaeme C, Gabriel A, Clinquart A, Bienfait JM (1991) Effets de l'incorporation de graines de lin floconnées sur support d'orge chez le taurillon à l'engraissement. *Ann Zootech* 40, 9–18
- Flachowsky G, Schneider M (1992) Influence of various straw-to-concentrate ratios on in sacco dry matter degradability, feed intake and apparent digestibility in ruminants. *Anim Feed Sci Technol* 38, 199–217
- Hofmann RR (1983) Adaptive changes of gastric and intestinal morphology in response to different fibre content in ruminant diets. *R Soc NZ Bull* 20, 51–58
- Istasse L, Orskov ER (1983) The correlation between extent of pH depression and degradability of washed hay in sheep given hay and concentrate. *Proc Nutr Soc* 42, 32A
- Istasse L, Smart RI, Orskov ER (1986a) Comparison between two methods of feeding concentrate to sheep given a diet high or low in concentrate with or without buffering substances. *Anim Feed Sci Technol* 16, 37–49
- Istasse L, Reid GW, Tait CAG, Orskov ER (1986b) Concentrates for dairy cows: effects of feeding method, proportion in diet and type. *Anim Feed Sci Technol* 15, 167–182
- Jarrige R (1988) Ingestion et digestion des aliments. In: *Alimentation des bovins, ovins, caprins* (R Jarrige, ed), Inra, Paris, 29–56
- Journet M (1988) Optimisation des rations. In: *Alimentation des bovins, ovins, caprins* (R Jarrige, ed), Inra, Paris, 121–134
- Kaufmann W (1976) Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH regulation in rumen and on feed intake in ruminants. *Livest Prod Sci* 3, 103–114
- Kaufmann W, Hagemester H, Dirksen G (1980) Adaptation to changes in dietary composition, level and frequency of feeding. In: *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants* (Y Ruckebush, P Thivend, eds), AVI Publishing Co, Westport, CT, 587–602
- Kauffol P, Voigt J, Herrendörfer G (1977) Untersuchungen über den Einfluß von Ernährungsfaktoren auf die Pansenschleimhaut. III. Schleimhautzustände nach Infusion von Propion-Essig- und Buttersäure Arch Tierernähr 27, 201–211
- Klusmeyer TH, Cameron MR, Mc Coy GC, Clark JH (1990) Effects of feed processing and frequency of feeding on ruminal fermentation, milk production, and milk composition. *J Dairy Sci* 12, 3538–3543
- Latham MJ, Sharpe E, Sutton JD (1971) The microflora of the rumen of cows fed hay and high cereals rations and its relationship to the rumen fermentation. *J Appl Bacteriol* 34, 425–434
- Mehrez AZ, Orskov ER (1977) A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J Agric Sci Camb* 88, 645–650
- Mc Donald I (1981) A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J Agric Sci Camb* 96, 251–252
- Mould FL, Orskov ER (1983) Manipulation of rumen fluid pH and its influence on cellulolysis in sacco, dry matter degradation and the rumen microflora of sheep offered either hay or concentrate. *Anim Feed Sci Technol* 10, 1–14
- Orskov ER, Mc Donald I (1979) The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J Agric Sci Camb* 92, 499–503
- Sakata T, Tamate H (1978) Influence of butyrate on the microscopic structure of ruminal mucosa in adult sheep. *Jpn J Zootech Sci* 49, 687–696
- Sakata T, Tamate H (1979) Rumen epithelium cell proliferation accelerated by propionate and acetate. *J Dairy Sci* 62, 49–52

- Soveri T, Nieminen M (1995) Effects of winter on the papillar morphology of the rumen in reindeer calves. *Can J Zool* 73, 228–233
- Stewart CS (1977) Factors affecting the cellulolytic activity of rumen contents. *App Environ Microbiol* 33, 497–502
- Van Eenaeme C, Bienfait JM, Lambot O (1965) La détermination quantitative des acides gras volatils dans le liquide du rumen par chromatographie en phase gazeuse. *Ann Méd Vét* 109, 569–584
- Van Eenaeme C, Bienfait JM, Lambot O, Pondant A (1969) Détermination automatique de l'ammoniac dans le liquide de rumen par la méthode de Berthelot adaptée à l'auto-analyzer. *Ann Méd Vét* 113, 419–429
- Van Soest PJ (1963) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignine. *J Ass Off Agr Chem* 46, 829–835
- Vérité R, Michalet-Doreau B, Chapoutot P, Peyraud JL, Poncet C (1987) Révision du système des protéines digestibles dans l'intestin (PDI). *Bull Techn CRZV Theix, Inra* 70, 19–34
- Verbeke R, Van De Voorde G (1978) Détermination de la composition de demi-carcasses de bovins par la dissection d'une seule côte. *Rev Agric* 31, 875–880