



INFLUENCE D'UN TRAITEMENT HYDROTHERMIQUE DE L'ORGE SUR LA DIGESTION DES MATIÈRES AZOTÉES DANS LE RUMEN DU MOUTON : ÉTUDES AU NIVEAU DU RUMEN ET DE L'ABOMASUM

Michelle Durand, M. Ben Ameer, G. Viroben, Monique Diez, Ph. Beaumatin, F. Le
Deschault-De-Monredon, Christiane Dumay, Françoise Kozlowski

► To cite this version:

Michelle Durand, M. Ben Ameer, G. Viroben, Monique Diez, Ph. Beaumatin, et al.. INFLUENCE D'UN TRAITEMENT HYDROTHERMIQUE DE L'ORGE SUR LA DIGESTION DES MATIÈRES AZOTÉES DANS LE RUMEN DU MOUTON : ÉTUDES AU NIVEAU DU RUMEN ET DE L'ABOMASUM. *Annales de Biologie Animale, Biochimie, Biophysique*, 1974, 14 (1), pp.167-192. <hal-00896874>

HAL Id: hal-00896874

<https://hal.science/hal-00896874v1>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

INFLUENCE D'UN TRAITEMENT HYDROTHERMIQUE DE L'ORGE SUR LA DIGESTION DES MATIÈRES AZOTÉES DANS LE RUMEN DU MOUTON : ÉTUDES AU NIVEAU DU RUMEN ET DE L'ABOMASUM

Michelle DURAND, M. BEN AMEUR * et G. VIROBEN
avec la collaboration technique de Monique DIEZ, Ph. BEAUMATIN,
F. LE DESCHAULT-DE-MONREDON, Christiane DUMAY et Françoise KOZLOWSKI
*Laboratoire de Recherches sur la Conservation et l'Efficacité des Aliments,
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,
78350 Jouy en Josas*

RÉSUMÉ

Une orge mûre préalablement réhumidifiée à 36 p. 100 d'humidité a été soumise à un traitement thermique (t° 75°-107°C). On a recherché les répercussions de ce traitement sur certains aspects des métabolismes glucidiques et azotés au niveau du rumen du mouton et sur la nature et la quantité des matières azotées transitant au niveau de l'abomasum. Les céréales, témoin ou ainsi traitée, sont distribuées, d'une part, en l'absence de supplémentation azotée (O et OD) et, d'autre part, en comparant l'addition d'urée (OU et ODU) à celle de protéine de soja (OS et ODS).

Le traitement hydrothermique assure, au niveau du rumen, une protection des protéines de l'orge contre la désamination, accélère légèrement la libération de glucides alcoolsolubles en présence d'urée et augmente sensiblement la proportion d'acide propionique formé. Il élève, quelle que soit la supplémentation azotée, les teneurs en azote total et en azote protéique du contenu d'abomasum, exprimées par rapport à la matière sèche, ainsi que les teneurs en acides aminés présents en proportions élevées dans les céréales (acide glutamique, proline, leucine). Il accroît les quantités d'azote total et d'azote protéique transitant en 24 heures au niveau de l'abomasum qui deviennent soit supérieures, soit sensiblement égales aux quantités ingérées ; au contraire, dans les régimes non traités, des pertes en ces éléments sont toujours observées lors du passage dans le rumen. Les quantités d'acides aminés provenant soit des protéines de la céréale non dégradées, soit des protéines bactériennes, retrouvées au niveau de l'abomasum, sont également accrues par le traitement.

Le traitement a eu essentiellement deux effets conjugués : une insolubilisation des protéines de l'orge et une modification des fermentations glucidiques qui s'est traduite par une amélioration de la protéosynthèse bactérienne à partir de l'azote ammoniacal, qu'il soit d'origine endogène (OD), ou qu'il provienne de l'urée (ODU), ou de la protéine de soja (ODS). La valeur de l'urée, qui est nettement inférieure à celle de la protéine de soja dans le régime non traité, s'en rapprocherait lorsque la céréale est déshydratée.

* Adresse actuelle : Institut national de la Recherche agronomique de Tunisie. Tunis.

INTRODUCTION

L'utilisation de l'urée par la microflore du rumen dépend étroitement de la présence dans le régime d'une source d'énergie totalement et rapidement assimilable par les bactéries. Certains traitements hydrothermiques appliqués aux céréales, en augmentant l'accessibilité de la fraction glucidique aux enzymes bactériennes, pourraient accroître la quantité d'énergie disponible contenue dans les aliments et intensifier la protéosynthèse à partir de l'azote uréique. Des travaux antérieurs ont en effet montré que de tels traitements modifient l'ampleur et la nature des fermentations glucidiques au niveau du rumen : la cuisson du maïs accélère, *in vitro*, l'hydrolyse de l'amidon par la microflore ruminale (SALSBURY, HOFFER et LUECKE 1961) ; sa mise en flocons accroît, *in vivo*, la digestibilité de l'amidon au niveau du rumen (ORSKOV, FRASER et KAY 1969) et le pourcentage d'acide propionique formé est plus important (BALCH et ROWLAND 1957). Le passage à la vapeur du grain d'orge aurait des effets analogues (KOJIMA, KAWASHIMA, UESAKA 1969 *a, b*). Des répercussions sur le métabolisme azoté du rumen ont également été observées : réduction des concentrations ammoniacales par le passage à la vapeur du maïs (NEWLAND, MARTIN 1964) et par l'extrusion du sorgho (MEYER *et al.*, 1967, COLENBRANDER *et al.* 1967, 1968), amélioration, *in vitro*, de la protéosynthèse microbienne lorsqu'un mélange de sorgho et d'urée (5 p. 100) est extrudé (« Staréa ») (HELMER *et al.* 1970).

Nous avons montré précédemment (DURAND 1970) qu'un traitement de déshydratation appliqué à une orge récoltée au stade immature assurait, au niveau du rumen, une libération plus massive et plus rapide d'oligosaccharides qu'un traitement par ensilage ; l'utilisation de l'azote uréique par la microflore paraissait améliorée. L'efficacité azotée de l'urée, dans ce cas, devenait équivalente à celle d'un tourteau de soja (ZELTER *et al.* 1971). La technique de récolte de l'orge au stade immature étant peu utilisée, il nous a paru intéressant de vérifier si le traitement de déshydratation appliqué au grain mûr de l'orge, préalablement réhumidifié, favoriserait également la protéosynthèse bactérienne à partir de l'azote uréique.

L'effet global du traitement sur l'utilisation de l'urée par le taurillon était observé par ailleurs (ZELTER, CHARLET-LERY 1972). Nous avons, dans le présent travail, étudié les répercussions de ce traitement sur certains aspects des métabolismes glucidique et azoté au niveau du rumen du mouton et sur la nature et la quantité des matières azotées transitant au niveau de l'abomasum (caillette).

Cette étude a été effectuée, d'une part, en l'absence de supplémentation azotée et, d'autre part, en comparant l'addition d'urée à celle de protéines extraites de soja.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. — *Aliments**Traitement de l'Orge.*

L'orge (variété *Rika*), récoltée au stade grain mûr (août 1970) a été réhydratée par macération dans l'eau durant 24 heures (jusqu'au taux de 36 p. 100 d'humidité), puis déshydratée pendant 30 minutes dans un séchoir à tablier « Scolari ». La température de l'air chaud s'élevait à 145°C et les températures moyennes de la masse variaient entre 75° et 107°C.

Composition des régimes.

Les deux lots d'orge, intacte ou traitée, ont été broyés à la grille de 5 mm, puis additionnés de paille d'orge broyée et de composé minéral vitaminisé. Ces mélanges constituent les régimes de base (O et OD). La supplémentation azotée éventuelle est réalisée au moyen d'urée U (46 p. 100 d'azote) ou de protéines de soja isolées S (15 p. 100 d'azote par rapport à la matière sèche), de manière à constituer des régimes isoazotés (environ 2,2 g d'azote pour 100 g de matière sèche).

Tous les aliments sont agglomérés en bouchons de 7 mm de diamètre ; leur composition est donnée dans le tableau I.

TABLEAU I

Composition des aliments agglomérés en p. 100

Régimes	O	OD	OU	ODU	OS	ODS
Orge	61,0	61,0	59,5	59,5	59,5	59,5
Paille	35,0	35,0	35,0	35,0	31,4	31,4
Urée	—	—	1,5	1,5	—	—
Protéines de soja ...	—	—	—	—	5,1	5,1
Complément minéral	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

Formule du condiment minéral vitaminé :

CaCO_3 — 9,49 p. 100 ; $\text{CaH}_2(\text{PO}_4)_2$ — 55 p. 100 ; NaCl — 30 p. 100 ; CaSO_4 , 5 H_2O — 0,06 p. 100 ;

ZnSO_4 , 7 H_2O — 1,5 p. 100 ; CoSO_4 , 7 H_2O — 0,01 p. 100 ; MnSO_4 , 7 H_2O — 0,60 p. 100 ;

FeSO_4 , 7 H_2O — 3,00 p. 100 ; Na_2SO_4 , 10 H_2O — 0,34 p. 100.

par 100 kg d'aliment 5,0 g de vit A (50 000 UI/g) et 0,25 g de vit D₃ (100 000 UI/g).

O : Orge non traitée ;

OU : Orge non traitée plus urée ;

OS : Orge non traitée plus protéines de soja ;

OD : Orge traitée ;

ODU : Orge traitée plus urée ;

ODS : Orge traitée plus protéines de soja.

2. — Dispositif expérimental

Six moutons adultes (race *Ile-de-France*, 4 en expérience et 2 en réserve) ont été munis de canules simples au niveau du rumen et de l'abomasum.

Initialement, le dispositif expérimental du carré latin avait été prévu pour comparer les 4 régimes supplémentés (OU-ODU-OS-ODS) au cours de 4 périodes. Les régimes de base (O et OD) devaient être, ensuite, comparés sur 3 animaux au cours de 2 périodes successives.

Ce dispositif n'a pu être maintenu tout au long de l'expérience : certains animaux dont les refus étaient trop importants ont dû être écartés et un animal est mort. Le schéma 1 a été réalisé.

Ainsi, seuls 3 animaux sont passés par la quasi totalité des régimes avec deux prélèvements par période (chiffres entre parenthèses).

Les aliments agglomérés sont distribués à raison de 900 g de matière sèche par jour, en 2 repas, à 7 heures et 17 heures. Ils sont additionnés de 25 g de paille hachée par repas pour faciliter la rumination. La durée du repas est limitée à 1 heure.

La période d'adaptation aux régimes est de 3 à 4 semaines. A partir de la dernière semaine d'adaptation, 5 g de polyéthylène glycol (PEG 4000) sont introduits en solution dans le rumen au début de chaque repas.

Deux séries de prélèvements sont réalisés à 8 jours d'intervalle : prélèvements de contenu d'abomasum sur une durée de 24 heures, et, espacés de 48 heures, prélèvements de jus de rumen durant les 5 heures consécutives au repas du matin.

Schéma 1

Périodes	Régime					
	OU	ODU	OS	ODS	O	OD
I	154 (2)	156 (1) 157 (2)	155 (1)	166 (2)		
II	156 (2) 166 (1)	155 (1)	154 (2)	157 (2)		
III	157 (2)	154 (1)	156 (2)			
IV	155 (2)	153 (2) 166 (2)	157 (2)	156 (2)		
V					157 (2) 166 (2)	156 (2)
VI					153 (2) 156 (2)	157 (2) 166 (2)

a) Modalités de prélèvements.

Au niveau du rumen : le prélèvement débute 15 minutes avant le repas du matin et se termine 5 h 30 après le début de ce repas. Il est réalisé à l'aide d'une sonde filtrante, plongeant dans le rumen à travers la canule et reliée à une pompe à galets. Le liquide est recueilli en continu dans une fiole maintenue au voisinage de 0°, en présence de chlorure mercurique, et échantillonné aux temps : 0, 30 minutes, 1 heure, 1 h 30, 2 heures, 3 heures, 5 h 30.

Au niveau de l'abomasum : 50 ml de contenu d'abomasum sont prélevés toutes les deux heures pendant une période de 24 heures et cumulés.

b) Techniques analytiques.

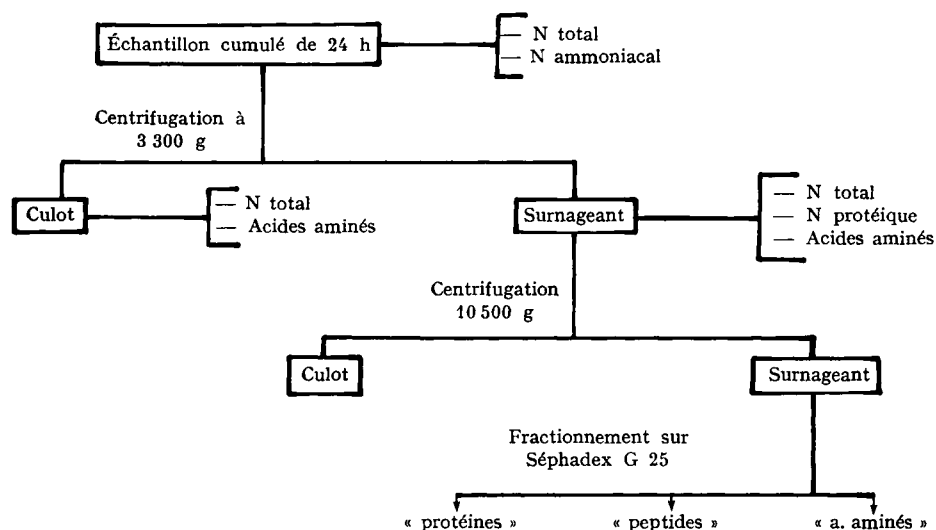
Les aliments sont soumis aux dosages suivants : cellulose et lignine déterminées simultanément (VAN SOEST, 1963), azote total (KJELDAHL), azote protéique (après précipitation par l'acide trichloracétique à 10 p. 100 de concentration finale et centrifugation à 3 300 g), urée (déterminée à l'autoanalyseur après réaction colorée à la diacétylmonoxime en présence de thiosemicarbazide), composition en acides aminés à l'aide d'un analyseur automatique (MOORE, SPACKMAN et STEIN, 1958). Les acides aminés soufrés et le tryptophane n'ont pas été dosés.

En outre, sur l'orge, avant et après traitement, les caractéristiques suivantes sont étudiées : amidon total (EWERS), sensibilité de l'amidon à l' α -amylase (GUILBOT et MERCIER, 1962), azote total, composition en acides aminés, lysine disponible (ROACH *et al*, 1967) ainsi que le fractionnement des matières azotées des grains en albumines, globulines et prolamines, suivant le schéma d'Osborne décrit par BAUDET *et al*, 1966.

Les prélèvements de jus de rumen sont analysés en vue de la détermination : du pH, des acides gras volatils par chromatographie en phase gazeuse (ZELTER et LEROY, 1958), des glucides alcoolosolubles (extraits à l'éthanol à 80°) dosés après réaction colorée à l'autoanalyseur avec l'orcinol en milieu sulfurique (SZYLIT, 1971), de l'azote ammoniacal (dosé à l'autoanalyseur par réaction colorée en milieu alcalin avec le phénol et l'hypochlorite, après déprotéinisation préalable par l'acide trichloracétique à 2,5 p. 100), de l'urée, du polyéthylène glycol (uniquement pour les régimes non supplémentés), par turbidimétrie (SMITH 1959).

Sur les contenus d'abomasum, les déterminations suivantes sont effectuées : pH, matière sèche, matières minérales, cellulose et lignine, polyéthylène glycol, azote total, azote protéique, azote ammoniacal, composition en acides aminés après hydrolyse séparée des fractions solubles et insolubles. De plus, une étude plus complète des diverses matières azotées solubles est réalisée par passage, sur une colonne de gel de Sephadex G 25, du surnageant obtenu après centrifugation à 10 500 g. Cette colonne (62 \times 2,7 cm) est calibrée selon la méthode de FORD, 1965. L'azote aminé est dosé par réaction à la ninhydrine sur les fractions « protéines » et « peptides » préalablement hydrolysées, ainsi que sur la fraction « acides aminés libres ».

La séparation des peptides et des acides aminés libres n'est pas nette car les peptides contenant des acides aminés aromatiques sont retardés sur la colonne de gel ; nous avons donc été conduits à considérer la somme de ces deux fractions. Ces diverses opérations sont résumées dans le schéma suivant :



c) *Détermination de la quantité de contenu d'abomasum transitant en 24 heures.*

Le poids de contenu transitant en 24 heures, est estimé d'après la concentration (C) du contenu en PEG ou en lignine et la quantité journalière (I) de PEG introduite dans le rumen, ou celle de lignine réellement ingérée par l'animal, selon la formule : $P = \frac{I}{C}$.

Le polyéthylène glycol avait été prévu comme marqueur pour calculer le volume transitant en 24 heures. Or, les volumes ainsi calculés étaient trop importants (la quantité de matière sèche arrivant au niveau de l'abomasum était supérieure à la matière sèche ingérée) et fort variables. Ce phénomène était dû aux importantes variations des concentrations de PEG dans le contenu d'abomasum en fonction du temps : concentrations très élevées dans les 3 heures suivant le repas, très basses ensuite. Aussi, avons-nous préféré avoir recours à la lignine alimentaire qui reste associée à la fraction solide du contenu. Les dosages de lignine n'ont pu être effectués que sur les contenus des animaux 156, 157 et 166 qui ont reçu la quasi totalité des régimes.

RÉSULTATS

Nous rapportons pour chaque régime, et dans chaque rubrique, la moyenne de l'ensemble des données obtenues et l'erreur-type correspondante. L'interprétation statistique ⁽¹⁾ a été effectuée par une analyse de variance non orthogonale selon REES, 1966. Du fait de l'important déséquilibre du schéma expérimental (régimes de base en périodes V et VI), les moyennes ajustées pour les régimes de base sont souvent très différentes des moyennes observées. L'analyse a été effectuée soit sur 4 facteurs : Animal, Période, Effet Azote et Effet Traitement de la céréale, soit sur 3 fac-

⁽¹⁾ Calculs effectués par la station de biométrie du C. N. R. Z.

teurs : Animal, Période, Régimes. Dans le premier cas, l'Effet Azote (nature de la supplémentation azotée) est étudié indépendamment du traitement de la céréale et l'Effet Traitement indépendamment de la supplémentation azotée. Dans le deuxième cas, tous les régimes sont comparés deux à deux. Nous nous référerons à ces deux analyses.

I. — Composition et consommation des aliments

Le traitement hydrothermique de l'orge a augmenté la sensibilité de l'amidon à l' α -amylase *in vitro* (fig. 1). Le taux d'amidon facilement attaquant, exprimé par rapport à l'amidon total, passe de 27 p. 100 à 45 p. 100 lorsque l'orge est traitée.

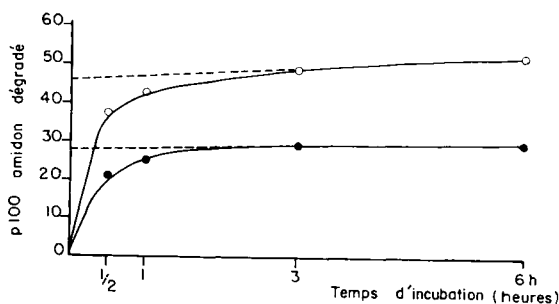


FIG. 1. — Cinétique de dégradation de l'amidon de l'orge par l' α -amylase bactérienne

● : orge non traitée
○ : orge traitée

L'influence du traitement sur la solubilité des protéines de l'orge est nette : la fraction albumines + globulines passe de 26,80 à 8,50 p. 100 N total, soit une chute de 66 p. 100 et la fraction prolamines de 22,20 à 8,10 p. 100 N total, soit une chute de 63 p. 100. Parallèlement, la déshydratation diminue la teneur en lysine totale de 13,50 p. 100 et celle en lysine disponible de 20 p. 100.

La composition globale des aliments distribués (moyenne des dosages effectués sur les différentes périodes) est donnée dans le tableau 2. L'urée et les protéines

TABLÉAU 2

Composition moyenne des aliments distribués
(g p. 100 MS)

Régimes	Matière organique	Matières azotées (N \times 6,25)	Cellulose (VAN SOEST)	Amidon
O	93,2	9,7	17,7	38,5
OD	95,2	9,3	15,3	37,5
OU	92,9	14,2	18,4	36,5
ODU	93,5	13,4	18,9	35,5
OS	93,1	13,7	17,6	35,0
ODS	93,5	14,0	17,2	33,5
Paille de blé	94,0	5,5	42,4	—

extraites de soja représentent, en moyenne, 35 à 40 p. 100 du N total, les aliments supplémentés en azote ont donc des teneurs en matières azotées voisines.

La composition en acides aminés exprimés en g/16 g N des différents régimes est rapportée dans le tableau 3.

TABLEAU 3

*Composition moyenne des régimes en acides aminés
(g/16 g de N)*

Régimes	O*	OD*	OU**	ODU**	OS**	ODS**
A. Aspartique	7,00	6,25	4,63	4,24	8,94	7,86
Thréonine	3,70	3,60	2,42	2,44	3,79	3,47
Sérine	4,40	4,35	2,92	2,93	4,94	4,51
A. Glutamique	19,80	21,30	13,12	14,36	20,91	20,17
Proline	9,20	10,00	6,10	6,73	8,36	8,13
Glycine	4,30	4,25	2,82	2,88	4,35	4,03
Alanine	4,30	4,35	2,87	2,93	4,37	4,02
Valine	4,65	4,80	3,08	3,20	3,98	3,71
Isoleucine	3,30	3,30	2,00	2,13	3,80	3,41
Leucine	7,00	7,00	4,63	4,71	7,62	7,04
Tyrosine	3,00	3,10	1,96	2,08	3,28	3,11
Phénylalanine	4,65	4,90	3,09	3,20	5,02	4,72
Lysine	3,90	3,50	2,59	2,33	4,87	4,20
Histidine	1,95	1,85	1,30	1,24	2,21	1,96
Arginine	5,55	5,20	3,68	3,50	6,76	6,02

* Analysés directement sur les régimes après granulation.

** Calculés à partir de la composition des aliments de base.

D'une façon générale, les aliments ont été bien consommés et les quantités journalières de matière sèche ingérées ont peu varié (926 g en moyenne).

2. — Métabolisme glucidique et azoté au niveau du rumen

2. 1. Évolution du pH (fig. 2).

Dans tous les cas, le pH s'abaisse régulièrement dans les 3 heures postprandiales. Les différences entre régimes ne sont pas significatives. Toutefois, l'acidification des contenus de rumen est plus importante lorsque les régimes contiennent de l'orge traitée et lorsqu'ils sont supplémentés en azote.

2. 2. Évolution des concentrations ammoniacales (fig. 3).

Avec les régimes non supplémentés, les concentrations ammoniacales sont, dans l'ensemble, faibles ; avec l'orge non traitée, on note une légère production postprandiale d'ammoniaque tandis qu'avec l'orge traitée, l'ammoniaque présent avant le repas disparaît rapidement du milieu. A partir du temps 1 heure, les différences entre ces deux régimes sont hautement significatives. En rapportant les concentrations ammoniacales aux concentrations de PEG (fig. 4), les différences précédentes sont

confirmées : les valeurs du rapport augmentent dans le premier cas (O) et s'abaisse après le repas dans le deuxième (OD).

En présence d'urée, les concentrations de NH_3 s'élèvent très rapidement et on ne retrouve plus d'urée dans le milieu 90 minutes après le repas. Avec l'orge traitée, la valeur du pic ammoniacal est, en moyenne, plus faible de 10 p. 100 et la phase de décroissance des concentrations est plus rapide (différences significatives à partir du temps 3 heures).

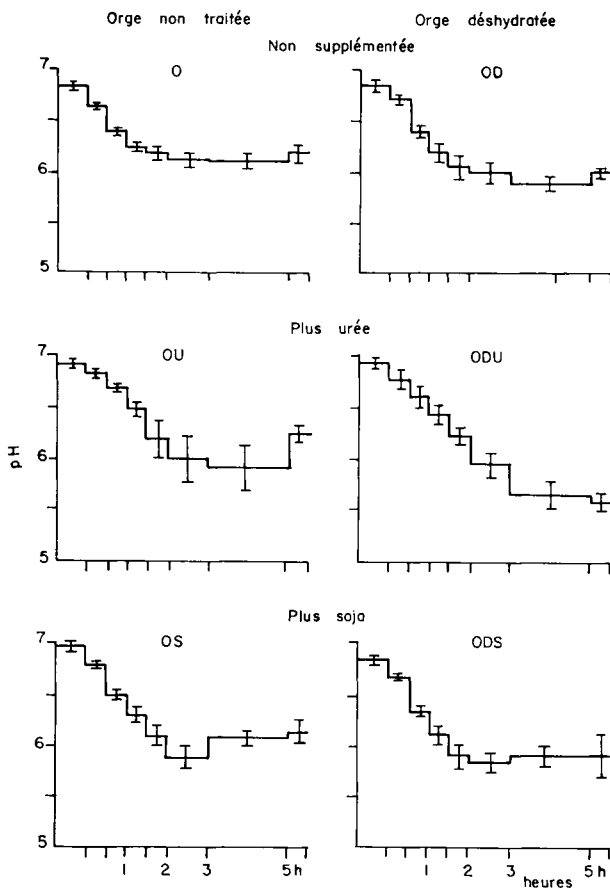


FIG. 2. — Évolution du pH au niveau du rumen
Moyennes \pm erreurs-type

La formation d'ammoniaque à partir des protéines de soja n'est pas nette dans le régime non traité, mais semble plus importante dans le régime traité (quatre fois plus de NH_3 au temps 2 heures avec ODS qu'avec OD).

2. 3. Évolution des glucides alcoolosolubles (fig. 5).

Avec les régimes de base, le pic de glucides est observé dès les 30 premières minutes et est légèrement plus faible avec l'orge traitée.

Lorsque les régimes sont supplémentés en azote, la libération se prolonge jus-

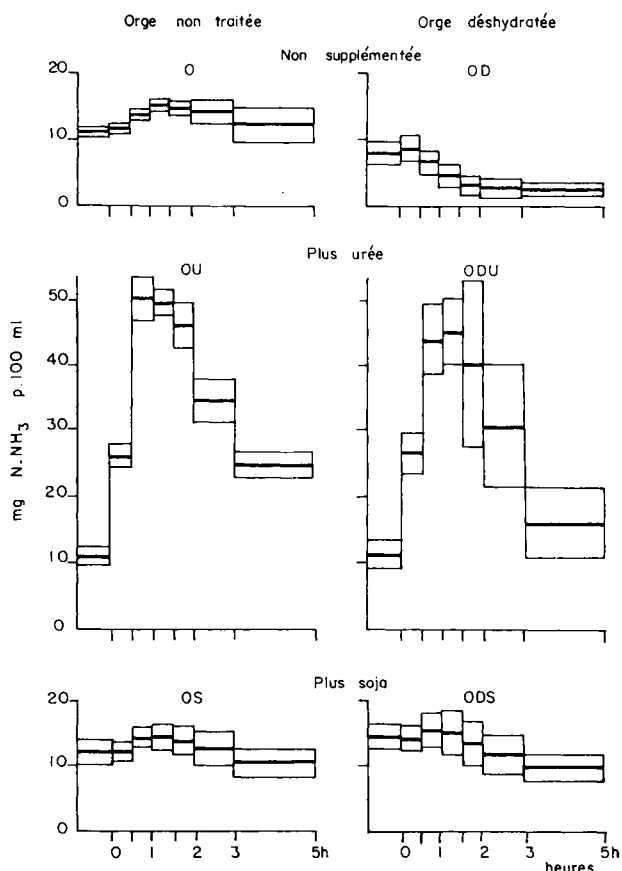


FIG. 3. — Évolution de $N-NH_3$ au niveau du rumen
Moyennes \pm erreurs-type

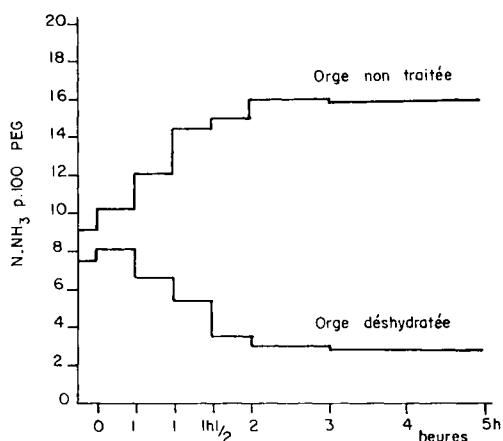


FIG. 4. — Évolution au niveau du rumen du rapport $N-NH_3$ /PEG
pour les régimes de base non supplémentés

qu'au temps 1 heure et s'intensifie. Cette intensification est particulièrement nette dans le régime traité + urée.

Bien qu'en moyenne les valeurs obtenues dans la première heure suivant le repas soient supérieures avec le régime traité + urée, l'effet du traitement n'est pas significatif du fait de l'importante dispersion des résultats. Celle-ci s'explique par la grande labilité de cette fraction glucidique qui n'est, pour les produits de dégradation de l'amidon, qu'une phase de transition entre l'amylolyse et la fermentation par la microflore.

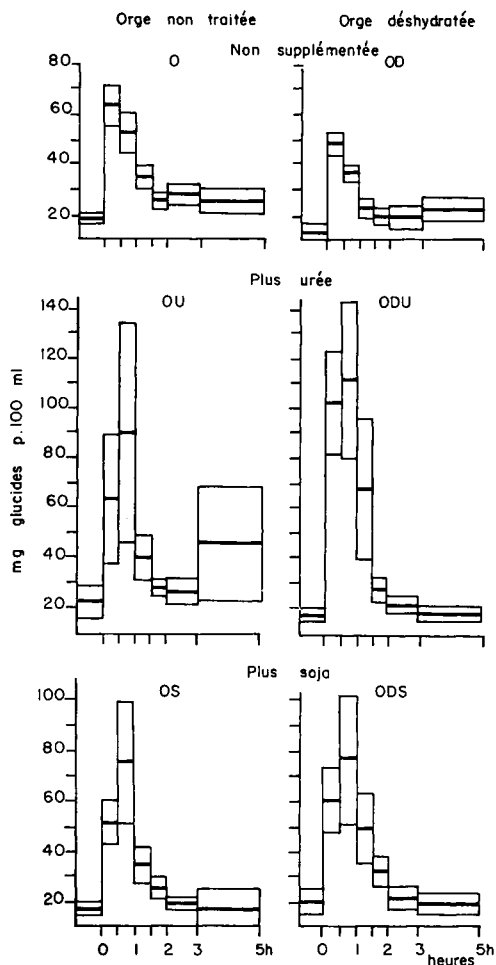


FIG. 5. — Évolution des glucides alcoolsolubles au niveau du rumen
Moyennes \pm erreurs-type

2. 4. Production d'acides gras volatils (tabl. 4).

Acides gras volatils totaux : la supplémentation azotée des régimes augmente nettement leurs concentrations au temps 3 heures ; les valeurs les plus élevées sont observées avec l'addition d'urée. Par contre, le traitement de la céréale n'a pas d'effet apparent.

TABLEAU 4

Acides gras volatils au niveau du rumen
Moyennes \pm Erreurs-type

	Temps (h)	Régimes					
		O	OD	OU	ODU	OS	ODS
		Nombre de données					
		8	5	5	4	6	7
Acides gras volatils totaux (A. G. V. T.) (Millimoles p. 100 ml)	0	2,8 \pm 0,1	2,8 \pm 0,3	3,2 \pm 0,2	3,7 \pm 0,7	3,0 \pm 0,3	3,9 \pm 0,4
	3	7,7 \pm 0,3	7,9 \pm 0,5	11,6 \pm 1,2	12,9 \pm 1,7	9,8 \pm 0,7	10,7 \pm 0,7
Acide acétique (p. 100 A. G. V. T.)	0	71,4 \pm 1,1	70,2 \pm 2,4	71,4 \pm 2,3	73,7 \pm 2,2	70,8 \pm 1,4	69,3 \pm 1,4
	3	67,4 \pm 1,1	67,4 \pm 1,0	67,6 \pm 1,6	66,7 \pm 1,7	67,6 \pm 2,1	68,0 \pm 0,6
Acide propionique (p. 100 A. G. V. T.)	0	13,9 \pm 1,2	18,4 \pm 3,5	16,5 \pm 2,9	16,2 \pm 1,9	15,6 \pm 1,1	18,3 \pm 1,9
	3	14,9 \pm 0,9	18,6 \pm 3,0	17,6 \pm 3,0	19,7 \pm 2,0	17,0 \pm 2,5	17,4 \pm 1,3
Acide butyrique (p. 100 A. G. V. T.)	0	14,6 \pm 1,1	11,4 \pm 1,6	12,1 \pm 1,2	10,1 \pm 1,7	13,6 \pm 1,0	12,3 \pm 1,3
	3	18,0 \pm 1,1	14,1 \pm 3,0	14,8 \pm 1,4	13,5 \pm 1,7	15,4 \pm 1,3	14,5 \pm 1,3

Proportions de chacun des acides gras : la déshydratation de l'orge a tendance à augmenter la proportion d'acide propionique et à diminuer celle d'acide butyrique, avant le repas (OD et ODS), et au temps 3 heures (OD et ODU).

3. — *Étude qualitative et quantitative du contenu d'abomasum*

3. 1. *Étude qualitative.*

— *pH.* — Ils sont relativement constants (valeurs extrêmes 2,61 et 2,76) quel que soit le régime. Il en est de même pour les teneurs en matière sèche (valeurs extrêmes 5,36 et 6,62 p. 100).

— *Teneurs en azote total et en azote protéique* (tabl. 5). — Exprimées en pour 100 de matière sèche, elles sont accrues :

1° Sous l'effet du traitement de l'orge et quelle que soit la supplémentation azotée (différences entre O et OD, OU et ODU, OS et ODS hautement significatives) ;

2° Sous l'effet de la supplémentation par l'urée et, surtout, par la protéine de soja. Les différences soja-urée sont hautement significatives en ce qui concerne l'azote total.

L'azote protéique, exprimé par rapport à l'azote total, varie peu et représente 70 p. 100 du N total en moyenne. Toutefois, dans les régimes de base, la déshydratation augmenterait ce pourcentage de 4 points.

— *Peptides et acides aminés libres* (tabl. 5). — Ils représentent de 12 à 18 p. 100 du N total. Bien que les différences entre régimes ne soient pas significatives, ce pourcentage tend à diminuer sous l'effet du traitement et à s'accroître sous l'effet de la supplémentation azotée.

— *Composition en acides aminés.* — Pour chaque acide aminé, la quantité dosée dans la fraction soluble représente environ 30 p. 100 de la quantité totale (soluble + résidu), sauf pour la valine et l'isoleucine (20 p. 100 du total). Le traitement de la céréale diminue légèrement le pourcentage d'acides aminés présents dans la fraction soluble, surtout en présence de soja. Par contre, l'addition de protéine de soja à l'orge non traitée accroît ce pourcentage. Ainsi, les pourcentages retrouvés dans la fraction soluble pour la lysine, sont de 31,0-31,8 et 36,2 pour O, OU et OS, et de 29,6-27,4 et 27,7 pour OD, ODU et ODS.

La composition en acides aminés des contenus d'abomasum (tabl. 6) est fort différente de celle des régimes (tabl. 3). Ainsi, la teneur en lysine qui n'est que de 2,33 g/16 g N dans le régime orge traitée-urée, est de 5,23 dans le contenu d'abomasum correspondant.

Le traitement de l'orge accroît significativement ($P < 0,5$) les teneurs des contenus en certains acides aminés présents en quantité élevée dans la céréale : acide glutamique, proline, leucine et arginine. Par contre, la supplémentation azotée n'a pratiquement pas de répercussion sur la composition en acides aminés des contenus.

— *Azote ammoniacal* (tabl. 5). — Exprimé par rapport à la matière sèche du contenu d'abomasum, il ne varie pas avec les régimes et reste faible (en moyenne 0,16 p. 100 de la matière sèche). La proportion d'azote ammoniacal par rapport à l'azote total est constante pour les différents régimes, sauf avec le régime de base dont la céréale est traitée (OD), où elle est significativement plus faible (différence de 30 p. 100).

TABLEAU 5
Étude qualitative des contenus d'abomasum
Moyennes \pm erreurs-type

Régimes	O	OD	OU	ODU	OS	ODS
Nombre de données	8	6	9	8	7	6
MS p. 100	6,12 \pm 0,23	6,62 \pm 0,66	6,46 \pm 0,30	5,88 \pm 0,26	5,74 \pm 0,25	6,02 \pm 0,38
N total p. 100 MS	2,55 \pm 0,06	3,01 \pm 0,13	2,95 \pm 0,11	3,24 \pm 0,09	3,18 \pm 0,17	3,56 \pm 0,12
N protéique p. 100 MS	1,82 \pm 0,06	2,36 \pm 0,06	2,13 \pm 0,09	2,27 \pm 0,12	2,21 \pm 0,09	2,53 \pm 0,12
N protéique p. 100 N total	71,1 \pm 1,5	75,5 \pm 2,6	72,5 \pm 2,2	70,4 \pm 3,6	69,4 \pm 2,4	71,0 \pm 3,0
(N peptides + N acides aminés libres) p. 100 N total	15,6 \pm 0,8	12,4 \pm 1,4	17,2 \pm 1,5	16,8 \pm 2,1	18,1 \pm 0,5	16,5 \pm 1,5
N — NH ₃ p. 100 N total	6,6 \pm 0,5	3,8 \pm 0,4	6,4 \pm 0,5	5,1 \pm 0,7	5,9 \pm 0,7	4,9 \pm 0,6

TABLEAU 6
Composition en acides aminés des contenus d'*abomasum* (g/16 g de N)
Moyennes \pm Erreurs-type

Régimes	O (4) (1)	OD (3)	OU (4)	ODU (4)	OS (4)	ODS (4)
A. Aspartique	8,90 \pm 0,23	8,60 \pm 0,20	8,30 \pm 0,40	8,65 \pm 0,33	8,65 \pm 0,16	8,56 \pm 0,34
Thréonine	4,15 \pm 0,07	4,25 \pm 0,12	3,85 \pm 0,07	4,26 \pm 0,12	4,00 \pm 0,15	4,06 \pm 0,10
Sérine	3,98 \pm 0,11	4,15 \pm 0,17	3,80 \pm 0,08	4,00 \pm 0,33	4,00 \pm 0,09	4,06 \pm 0,09
A. Glutamique	10,72 \pm 0,27	13,50 \pm 0,90	10,25 \pm 0,36	12,97 \pm 0,54	11,12 \pm 0,36	12,20 \pm 0,85
Proline	3,68 \pm 0,20	4,41 \pm 0,48	3,60 \pm 0,27	4,63 \pm 0,32	3,71 \pm 0,14	4,35 \pm 0,29
Glycine	4,05 \pm 0,13	4,10 \pm 0,14	3,85 \pm 0,03	4,10 \pm 0,15	3,85 \pm 0,03	4,16 \pm 0,22
Alanine	5,10 \pm 0,16	5,25 \pm 0,21	4,85 \pm 0,03	5,32 \pm 0,19	4,90 \pm 0,20	5,13 \pm 0,19
Valine	3,92 \pm 0,06	4,25 \pm 0,23	3,45 \pm 0,09	3,83 \pm 0,10	3,43 \pm 0,10	3,61 \pm 0,21
Isoleucine	3,41 \pm 0,05	3,45 \pm 0,10	3,15 \pm 0,05	3,33 \pm 0,05	3,09 \pm 0,13	3,25 \pm 0,07
Leucine	6,22 \pm 0,25	6,65 \pm 0,38	5,70 \pm 0,04	6,37 \pm 0,20	5,82 \pm 0,07	6,36 \pm 0,18
Tyrosine	3,26 \pm 0,07	3,35 \pm 0,08	3,10 \pm 0,03	3,35 \pm 0,15	3,10 \pm 0,06	3,16 \pm 0,03
Phénylalanine	3,90 \pm 0,12	4,05 \pm 0,19	3,60 \pm 0,03	3,95 \pm 0,14	3,62 \pm 0,06	3,78 \pm 0,07
Lysine	5,70 \pm 0,03	5,45 \pm 0,08	5,20 \pm 0,11	5,23 \pm 0,20	5,03 \pm 0,35	5,27 \pm 0,15
Histidine	1,65 \pm 0,07	1,75 \pm 0,08	1,35 \pm 0,06	1,55 \pm 0,05	1,33 \pm 0,13	1,61 \pm 0,09
Arginine	3,65 \pm 0,10	4,25 \pm 0,30	3,45 \pm 0,21	3,95 \pm 0,16	3,45 \pm 0,34	4,15 \pm 0,26

(1) Nombre de données.

TABLEAU 7
Étude quantitative du contenu de caillette.
Éléments ingérés et transitant dans la caillette par 24 heures
Moyennes \pm Erreurs-type

Régimes	O	OD	OU	ODU	OS	ODS
Nombre de données	6	6	5	4	4	5
Poids de contenu de caillette (kg/24 h)	7,19 \pm 0,64	10,22 \pm 0,76	6,81 \pm 0,31	10,57 \pm 0,92	9,16 \pm 0,62	9,65 \pm 0,99
Matière organique { Ingéré Abomasum (g/24 h)	885 \pm 2	899 \pm 2	877 \pm 6	842 \pm 13	885 \pm 5	874 \pm 2
Matière cellulosique { (VAN SOEST) Ingéré Abomasum (g/24 h)	356 \pm 15	543 \pm 23	385 \pm 27	537 \pm 17	412 \pm 16	515 \pm 18
	181	142	187	185	176	169
	93 \pm 3	127 \pm 18	102 \pm 12	135 \pm 13	94 \pm 6	109 \pm 13
Azote total { Ingéré Abomasum (g/24 h)	14,5 \pm 0,06	13,8 \pm 0,21	20,7 \pm 0,20	19,3 \pm 0,30	20,00 \pm 0,10	20,2 \pm 0,2
	11,1 \pm 0,86	19,1 \pm 0,94	12,5 \pm 1,07	20,1 \pm 0,89	15,1 \pm 0,25	21,6 \pm 2,2
Azote protéique { Ingéré Abomasum (g/24 h)	12,9 \pm 0,71	12,7 \pm 0,07	11,0 \pm 0,09	11,0 \pm 0,17	18,3 \pm 0,14	18,9 \pm 0,14
	8,0 \pm 0,70	14,3 \pm 0,75	9,5 \pm 1,12	15,5 \pm 0,34	10,3 \pm 0,76	16,3 \pm 1,5

3. 2. *Étude quantitative.*

Rappelons que le poids de contenu d'abomasum transitant en 24 heures est calculé en utilisant la lignine comme traceur ; ces résultats ne concernent que trois animaux qui ont reçu pratiquement tous les régimes.

Ces poids, rapportés dans le tableau 7, sont plus élevés d'environ 30 p. 100 pour les régimes où l'orge est traitée. Les différences sont hautement significatives dans le cas des régimes de base ou supplémentés en urée.

— *Matière cellulosique* (tabl. 7) : son taux de dégradation dans le rumen est plus faible lorsque l'orge est déshydratée. Les différences ne sont cependant pas significatives, les variations individuelles étant très importantes.

— *Matière organique* (tabl. 7) : les quantités transitant en 24 heures sont significativement plus élevées ($P < 0,01$) pour les régimes dont la céréale est traitée. Pour ces régimes le taux de disparition de matière organique dans le rumen est plus faible (58 p. 100 pour O et OU contre 38 p. 100 pour OD et ODU). La supplémentation azotée ne le modifie pas.

— *Azote total et azote protéique* (tabl. 7) : par rapport aux quantités ingérées, avec tous les régimes où l'orge n'est pas traitée, une perte d'azote total et d'azote protéique est enregistrée après passage dans le rumen. Pour l'azote total, la perte la plus élevée est observée en présence d'urée (40 p. 100 pour OU contre 24 et 26 p. 100 pour O et OS) ; pour l'azote protéique, elle est surtout notable pour l'orge non supplémentée ou supplémentée en soja (35 et 44 p. 100 respectivement). Par contre, dans les régimes où l'orge est traitée, les quantités d'azote total et d'azote protéique retrouvées au niveau de l'abomasum sont soit supérieures, soit sensiblement égales aux quantités ingérées ; les gains les plus importants pour l'azote total sont observés avec le régime de base (+ 38 p. 100) et pour l'azote protéique avec le régime de base et celui supplémenté en urée (+ 38 et + 41 p. 100).

En comparant les quantités d'azote total et d'azote protéique atteignant l'abomasum pour les différents régimes, on retrouve une influence hautement significative du traitement, qui accroît toujours ces éléments. L'effet de la supplémentation azotée est, en ce qui concerne l'azote total, peu marqué pour l'urée, mais plus net pour la protéine de soja, surtout dans le régime non traité.

— *Acides aminés* : les résultats rapportés dans le tableau 8 doivent être examinés avec prudence, compte tenu du faible nombre d'analyses par régime (2 pour OS, 3 pour les autres régimes).

La comparaison des quantités d'acides aminés retrouvées dans l'abomasum et des quantités ingérées fait apparaître, avec l'orge non traitée, non supplémentée ou additionnée d'urée, d'une part, des pertes très importantes en acides aminés trouvés en teneur élevée dans la céréale (acide glutamique et proline) et, d'autre part, un gain net en lysine et plus faible en acide aspartique ; en présence de soja les pertes concernent à la fois les acides aminés des céréales et la lysine. Par contre, avec l'orge déshydratée, les pertes en acide glutamique et en proline sont nettement moins élevées et on enregistre un gain important d'acide aspartique (+ 5 g/j) et de lysine (+ 3 à 4 g), essentiellement pour le régime de base ou supplémenté en urée.

En comparant les quantités d'acides aminés qui atteignent l'abomasum pour les différents régimes, nous retrouvons que :

a) le traitement de la céréale a un effet positif et significatif ($P < 0,5$) quelle

TABLEAU 8
Acides aminés ingérés (I) et retrouvés dans l'abomasum (A)
 En g/par 24 heures

	O (3) (1)		OD (3)		OU (3)		ODU (3)		OS (2)		ODS (3)	
	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C
A. Aspartique	6,14	6,68										
Thréonine	3,25	3,12	5,36	9,68	5,96	6,36	5,15	10,11	11,16	8,11	10,19	12,86
Sérine	3,89	2,98	3,06	4,76	3,12	3,21	2,97	5,10	4,74	3,89	4,50	6,21
A. Glutamique	17,44	7,99	3,70	4,63	3,77	3,02	3,56	4,92	6,17	3,81	5,85	6,15
Proline	8,13	2,81	18,10	14,88	16,92	8,49	17,45	15,99	26,10	10,17	26,12	18,76
Glycine	3,80	3,01	8,51	4,87	7,87	3,00	8,18	6,01	10,43	3,27	10,54	6,69
Alanine	3,80	3,81	3,64	4,58	3,64	3,13	3,51	5,07	5,43	3,63	5,21	6,44
Valine	4,07	3,02	3,70	5,88	3,71	3,96	3,56	6,39	5,46	4,56	5,21	7,79
Isoleucine	2,89	2,59	4,06	4,69	3,99	3,15	3,89	5,22	4,97	3,24	4,81	5,26
Leucine	6,14	4,69	2,79	3,88	2,84	2,74	2,58	4,56	4,75	3,05	4,12	4,92
Tyrosine	2,62	2,46	5,94	7,38	3,96	4,69	5,72	8,10	9,50	5,53	9,12	9,67
Phénylalanine	4,07	2,90	4,15	4,52	3,99	3,04	3,95	4,99	6,27	3,44	6,12	5,75
Lysine	3,43	4,38	2,97	6,12	3,35	4,30	2,83	6,76	6,09	4,54	5,45	7,80
Histidine	1,72	1,26	1,57	1,90	1,69	1,10	1,51	2,03	2,76	1,10	2,54	2,37
Arginine	4,88	2,79	4,42	4,70	4,75	2,87	4,25	5,05	8,44	2,80	7,80	6,22
N aminé des AA (g/24 h) ..	8,36	6,08	8,18	9,55	8,12	6,19	7,86	10,47	12,64	7,16	12,16	12,31

(1) Nombre de données.

que soit la supplémentation azotée, effet particulièrement marqué pour l'acide glutamique, la proline et la lysine.

b) l'addition d'urée au régime de base a peu d'effet dans le cas de l'orge non traitée et augmente légèrement les quantités d'acides aminés avec l'orge traitée ; par contre, ces quantités sont augmentées par l'addition de protéine de soja, surtout avec l'orge traitée (effet particulièrement net pour les acides aspartique et glutamique, la thréonine et la leucine).

DISCUSSION

1. — Critique de la méthodologie utilisée

Les résultats que nous avons obtenus n'ont sans doute pas une valeur absolue. En effet, la pose d'une canule au niveau de l'abomasum modifie sans doute la motricité intestinale et le transit du bol alimentaire. De plus, selon l'emplacement de la canule, les concentrations en azote des contenus peuvent différer ; les quantités d'enzymes sécrétées ne sont, en effet, pas les mêmes dans les parties antérieures ou postérieures (RAYNAUD, 1955).

Toutefois, les comparaisons entre régimes nous semblent valables, puisque les conditions expérimentales étaient identiques pour tous les animaux (canules placées dans la même région fondique).

La détermination du volume de contenu transitant en 24 heures dans l'abomasum exige l'emploi d'un marqueur qui soit rigoureusement associé au flux alimentaire, soit à la phase liquide, soit à la phase solide. Des résultats comparables avaient été observés pour le polyéthylène glycol (PEG) soluble, ou l'oxyde de chrome insoluble (VAN'T KLOOSTER *et al.*, 1969 ; NICHOLSON et SUTTON, 1969 ; Mc RAE et ULYATT, 1972). L'utilisation de la lignine qui est associée à la phase solide, a soulevé certaines objections : imprécision du dosage, risque de dégradation dans le rumen (10 p. 100 d'après PORTER et SINGLETON, 1971). Dans nos conditions expérimentales, ce marqueur nous a apporté des résultats beaucoup plus cohérents que le PEG et les volumes transitant, ainsi calculés (7 à 10 litres), sont comparables à ceux obtenus par PHILLIPSON et ASH, 1965, à l'aide de canules réentrantes pour des moutons consommant des quantités similaires d'aliment sec.

2. — Métabolisme de l'orge non traitée au niveau du rumen

Les résultats concernant l'ammoniogénèse au niveau du rumen montrent que les protéines de l'orge sont désaminées en partie par la flore ; cette désamination est lente et progressive comme l'indique l'évolution postprandiale du rapport $\frac{\text{NH}_3}{\text{PEG}}$ qui s'élève de 9,1 à 15,9 malgré la consommation par les microorganismes d'une partie de l'ammoniaque formée.

La comparaison de la composition en acides aminés du régime orge et celle des bactéries du rumen (tabl. 9), permet d'interpréter les résultats concernant la teneur en acides aminés des contenus d'abomasum. Par rapport au régime orge, la diminution (environ 50 p. 100), dans les contenus, des acides aminés les plus carac-

téristiques de la céréale (acide glutamique, proline et arginine), souligne l'importance de la dégradation des protéines de l'orge dans le rumen. Par ailleurs, l'augmentation des pourcentages d'acide aspartique et de lysine indique la présence de protéines bactériennes. Cette production d'azote bactérien est notable puisqu'on enregistre un gain de lysine de 28,5 p. 100 par rapport à l'ingéré.

TABLEAU 9

Composition en certains acides aminés des régimes de base et des bactéries du rumen
(g/16 g N)

		Régimes de base		Bactéries (1)
		O	OD	
Acides aminés dont les teneurs sont plus élevées dans les régimes que dans les bactéries	Acide glutamique	19,80	21,30	10,30
	Proline	9,20	10,00	3,00
	Leucine	7,00	7,00	6,00
	Phénylalanine	4,65	4,90	4,00
	Arginine	5,55	5,20	3,60
Acides aminés dont les teneurs sont plus faibles dans les régimes que dans les bactéries	Acide aspartique	7,00	6,25	10,30
	Thréonine	3,70	3,60	4,50
	Isoleucine	3,30	3,30	5,20
	Lysine	3,90	3,50	7,20

(1) D'après PION et FAUCONNEAU, 1968.

En admettant que les acides aminés du contenu de l'abomasum soient essentiellement d'origine alimentaire ou bactérienne (endogène négligé), ELY *et al.*, 1967 estiment la proportion de protéines bactériennes dans le contenu digestif d'après la différence du taux de lysine dans un aliment riche en zéine et dans les bactéries. Selon ce mode de calcul, avec le régime orge, environ 55 p. 100 des protéines brutes de l'abomasum seraient d'origine bactérienne. S'il en était ainsi, 38 g de protéines bactériennes seraient formés en 24 heures, ce qui correspondrait à 7,5 g par 100 g de matière organique fermentée dans le rumen. Ce rendement est faible par rapport au chiffre moyen de 15 g/100 g de matière organique fermentée, cité récemment par SUTTON, 1971.

ORSKOV, FRASER et MC DONALD, 1972, observent, contrairement à nous, un gain d'azote de 4,6 g/jour entre l'ingéré et l'abomasum pour un régime à 95 p. 100 d'orge. La proportion importante de paille dans notre régime a sans doute réduit l'ampleur de la protéosynthèse bactérienne.

Ainsi, dans nos conditions expérimentales, le métabolisme du régime orge dans le rumen, s'est traduit quantitativement par une perte d'une partie de l'azote ingéré mais, qualitativement, par une amélioration de l'équilibre en acides aminés (augmentation nette du pourcentage de lysine).

3. — *Influence du traitement de l'orge sur le métabolisme dans le rumen*

Les effets du traitement de l'orge sur le métabolisme azoté pourraient avoir deux origines : une insolubilisation relative des protéines de la céréale au cours du traitement thermique ou une stimulation de la protéosynthèse bactérienne dans le rumen. Nous allons discuter successivement ces deux possibilités.

3. 1. *Insolubilisation des protéines de l'orge par la déshydratation.*

Cet effet d'insolubilisation qui ressort nettement de l'étude chimique a eu pour conséquence, d'après l'ensemble de nos résultats, une protection des protéines contre la désamination bactérienne dans le rumen. Ce phénomène s'observe clairement dans le régime de base (OD), où les concentrations postprandiales de NH_3 , non seulement ne s'élèvent pas, mais, au contraire, s'abaissent. Les protéines de l'orge, ainsi épargnées, transiteraient intactes vers l'abomasum, ce qui serait une des causes de l'élévation hautement significative des teneurs en N total et N protéique dans les régimes où l'orge est traitée. De plus, nous avons vu que, dans ces régimes, la composition en acides aminés des contenus se rapproche davantage de celle de la céréale (teneurs en acide glutamique, proline, leucine significativement plus élevées). Par ailleurs, la diminution des fractions azotées solubles et libres, témoigne d'une résistance particulière des protéines de l'orge traitée aux protéases microbiennes et enzymes digestives de l'abomasum.

Cet effet d'insolubilisation des protéines dépend de la nature du traitement appliqué. Ainsi, POTTER, Mc NEILL et RIGGS, 1971, comparant différents traitements du grain de sorgho, observent que la micronisation (chauffage à sec) des grains élève davantage la teneur en leucine du contenu d'abomasum que deux autres traitements : mise en flocons sous vapeur, ou humidification et conservation étanche.

Toutefois, la protection des protéines de la céréale contre la désamination bactérienne offre peu d'intérêt nutritionnel du fait, d'une part, de leur mauvais équilibre en acides aminés et, d'autre part, de l'abaissement probable de leur digestibilité dans la suite du tube digestif. ZELTER et CHARLET-LERY, 1972, observent, en effet, sur taurillons, avec l'orge traitée additionnée d'urée, une baisse significative de la digestibilité de l'azote. Des effets semblables sont cités par KOJIMA *et al.*, 1968, pour de l'orge cuite et par MUDD et PERRY, 1969, pour du maïs gélatinisé (expansé). Par contre, quand le maïs est mis en flocons après passage à la vapeur, SHAW *et al.*, 1960, notent une augmentation de 12 p. 100 de la digestibilité de l'azote.

Il semble donc bien que le risque de dénaturation des protéines de la céréale dépende beaucoup du procédé technologique appliqué.

3. 2. *Effets du traitement sur le métabolisme glucidique et la protéosynthèse bactérienne.*

Les résultats obtenus au niveau du rumen, concernant l'influence du traitement sur le métabolisme glucidique, doivent être interprétés avec prudence. En effet, les différences observées sont peu importantes et rarement significatives du fait de la dispersion des résultats. De plus, il n'a pas été possible de contrôler les mouvements de l'eau dans le rumen dans le cas des régimes supplémentés ; or, ceux-ci peuvent varier d'un régime à l'autre. Toutefois, nous retrouvons ici certaines tendances déjà observées d'une façon plus nette avec la déshydratation de la céréale immature (DURAND, 1970) : formation de glucides alcoolosolubles plus rapide et

plus massive au cours des 90 minutes postprandiales en présence d'urée ; acidification plus importante des contenus de rumen avec les régimes traités ; proportion d'acide propionique légèrement plus élevée.

Cette relation entre diminution du pH et élévation de la proportion d'acide propionique a été signalée par SUTTON et JOHNSON, 1969, avec du maïs traité, et semble être un effet commun à plusieurs types de traitements de céréales. Dans nos conditions, ces effets s'accompagnent d'une augmentation significative du volume transitant au niveau de l'abomasum (3 litres en plus par 24 h.), ce qui entraîne une réduction dans la quantité de matière organique fermentée au niveau du rumen. Ces phénomènes, également observés par ISHAQUE, THOMAS et ROOK, 1971, s'expliquent difficilement. L'accélération du transit peut être due à une augmentation de la sécrétion salivaire ou à la formation de certains métabolites ou encore à un accroissement de la synthèse de protoplasme bactérien. En effet, JACKSON, ROOK, et TOWERS 1971, observent qu'une orientation des fermentations vers une production d'acide propionique serait associée à une augmentation de la protéosynthèse microbienne.

Dans nos conditions expérimentales, le traitement de la céréale semble avoir effectivement favorisé la synthèse de protéines bactériennes. Avec le régime de base traité, les quantités d'azote total et d'azote protéique retrouvées au niveau de l'abomasum, dépassent nettement les quantités ingérées ; celles des acides aminés plus caractéristiques des bactéries du rumen (lysine, acide aspartique, thréonine) ont pratiquement doublé après passage de l'aliment dans le rumen. La synthèse bactérienne dans ce régime s'est faite, en grande partie, aux dépens de l'azote endogène, du fait de l'insolubilisation des protéines de la céréale et de la présence de glucides disponibles ; la baisse des concentrations ammoniacales bien au-dessous du niveau préprandial, baisse qui n'est pas due au transit vers l'intestin puisque le rapport NH_3/PEG diminue également, en témoigne clairement. Un gain d'azote, lors du passage du bol alimentaire dans le rumen, est souvent constaté pour des régimes contenant suffisamment de glucides disponibles, d'une part, lorsqu'ils ont des taux de matière azotée inférieurs à 10 p. 100 (régime à 95 p. 100 d'orge, ORSKOV, FRASER et MC DONALD, 1971 b), d'autre part, lorsqu'ils apportent des protéines peu dégradées dans le rumen (régimes avec zéine, HUME, 1970).

Ainsi, le régime de base traité a été beaucoup plus propice à la protéosynthèse bactérienne que le régime non traité ; en effet, on peut calculer comme précédemment que 18 g de protéines brutes bactériennes auraient été synthétisés pour 100 g de matière organique fermentée dans le rumen, chiffre largement supérieur à celui obtenu pour l'orge non traitée et se rapprochant de ceux cités par HUME, 1970 (17 à 23 g).

De même, en présence d'urée, la protéosynthèse est accrue par le traitement : le NH_3 formé dans le rumen semble être utilisé plus rapidement et on relève au niveau de l'abomasum un gain important d'azote protéique et d'acides aminés les plus caractéristiques des bactéries.

Bien qu'il soit difficile d'estimer l'importance de la protéosynthèse bactérienne avec les régimes supplémentés en soja, du fait de la similitude de composition en acides aminés du soja et des bactéries du rumen, on relève, de nouveau, entre l'ingéré et l'abomasum, un gain en acide aspartique, thréonine et lysine avec le régime traité alors qu'on observait un bilan négatif pour ces acides aminés avec le régime non traité. La protéosynthèse semblerait, là aussi, accrue par le traitement.

4. — Effets comparés des suppléments par l'urée ou la protéine de soja

Bien que, du point de vue statistique, il ne soit pas possible de comparer les régimes supplémentés aux régimes de base pour les raisons exprimées précédemment, certains faits qui ressortent nettement des résultats moyens méritent d'être soulignés.

L'addition d'azote et principalement d'urée aux régimes de base, s'accompagne d'une intensification des fermentations glucidiques, qui se traduit par une libération accrue d'oligosaccharides et une élévation des concentrations en acides gras volatils trois heures après le repas. Avec l'orge traitée, cet effet est encore plus marqué du fait de la faible teneur en NH_3 du contenu de rumen. Nous retrouvons là un phénomène que nous avons observé avec la déshydratation de la céréale immature (DURAND, 1970) et attribué au besoin préférentiel en NH_3 de certaines bactéries amylolytiques telles *Bactéroides amylophylus*.

Dans le cas de l'orge non traitée, l'urée a été, apparemment, dans nos conditions expérimentales, peu utilisée par la microflore ; en effet, si les teneurs en N total du contenu d'abomasum sont légèrement supérieures en présence d'urée, les quantités d'azote quittant le rumen en 24 heures ne sont que légèrement accrues. Cette mauvaise utilisation de l'urée dans un régime à base d'orge a également été observée par ORSKOV FRASER et MC DONALD, 1971 a et 1972. De plus, l'addition d'urée ne semble pas avoir évité la désamination des protéines de l'orge, puisque la composition en acides aminés est identique pour les deux régimes. En ce qui concerne les protéines de soja, l'ampleur de leur désamination dans le rumen est sans doute modérée ; l'ammoniogénèse est, apparemment, peu modifiée et les teneurs en azote total et azote protéique du contenu d'abomasum sont plus élevées. La présence dans la partie soluble du contenu d'une fraction élevée de peptides et acides aminés libres pourrait indiquer qu'une partie des protéines de soja a été incomplètement hydrolysée dans le rumen.

Ainsi, la supériorité de la protéine de soja sur l'urée est démontrée au niveau de l'abomasum par le fait qu'il transite davantage d'azote total et d'acides aminés en 24 heures. Cependant, la composition qualitative en acides aminés des contenus d'abomasum est identique pour les deux régimes. Ces faits sont en accord avec les résultats obtenus par POTTER, LITTLE et MITCHELL, 1969, sur taurillons.

En présence d'orge traitée, il est difficile d'estimer la fraction d'urée alimentaire qui a été utilisée pour la croissance bactérienne puisque, dans le régime de base, une importante protéosynthèse s'était déjà effectuée à partir de l'azote endogène ; de ce fait, les différences entre les deux régimes, supplémentés ou non en urée, sont faibles. Il y a tout lieu de croire cependant que l'urée alimentaire ait été utilisée préférentiellement. Quant aux protéines de soja, leur désamination dans le rumen semble avoir été plus intense qu'en l'absence de traitement de l'orge. Du fait de la protection des protéines de l'orge traitée, les protéases microbiennes ont dû concentrer leur activité sur les protéines de soja. Si l'on admet que la protéosynthèse bactérienne ait eu la même ampleur en présence des régimes supplémentés en soja ou en urée, on peut calculer que seulement 20 p. 100 des protéines de soja ingérées auraient transité sans être désaminées.

Bien que la valeur du soja reste supérieure à celle de l'urée, les différences obser-

vées précédemment dans les quantités d'azote transitant au niveau de l'abomasum, entre l'urée et la protéine de soja, s'atténuent.

Il est toutefois curieux de constater que les quantités d'azote total et protéique qui arrivent au niveau de l'abomasum quand l'orge est traitée (respectivement 20 et 15 g/j), semblent atteindre un palier en l'absence de supplémentation azotée aussi bien qu'en présence d'urée ou même de soja. Ce palier indiquerait peut-être une limite à la protéosynthèse bactérienne.

CONCLUSION

Ce travail a permis de mieux connaître le mécanisme d'action du traitement hydrothermique de l'orge sur le métabolisme dans les compartiments gastriques du mouton.

Le traitement que nous avons appliqué a eu essentiellement deux effets conjugués que nous avons retrouvés à la fois au niveau du rumen et à celui de l'abomasum et, indépendamment de la nature de la supplémentation azotée :

— une insolubilisation des protéines de l'orge qui a réduit leur désamination par la microflore du rumen, et ainsi élevé, dans le contenu d'abomasum, les pourcentages d'azote et les teneurs en acides aminés les plus caractéristiques des céréales.

— une légère modification des fermentations glucidiques et, parallèlement, une nette amélioration de la protéosynthèse bactérienne à partir de l'azote ammoniacal provenant, soit de l'azote endogène dans le cas du régime de base, soit de l'urée ou de la protéine de soja dans les autres régimes.

Il en résulte que la valeur de l'urée, nettement inférieure à celle de la protéine de soja en l'absence de traitement de l'orge, s'en rapproche lorsque la céréale est traitée. Ainsi, à la lumière de ces résultats, le traitement de la céréale pourrait paraître bénéfique. Cependant, ZELTER et CHARLET-LERY, 1972, observent sur taurillons un effet inverse. En effet, dans le cas du traitement, les protéines de l'orge dont l'équilibre en acides aminés est mauvais, n'ont pas été revalorisées par une conversion en protéines bactériennes.

Par ailleurs, la disponibilité des acides aminés de la céréale qui représente une part importante de l'azote de la ration, a pu être affectée par le traitement.

Ces deux inconvénients pourraient ne pas être compensés par l'amélioration de la protéosynthèse microbienne et entraîner une réduction de l'efficacité azotée du régime. Aussi, aurait-il fallu déterminer la quantité et la nature des acides aminés effectivement absorbés au niveau intestinal pour pouvoir conclure définitivement sur l'intérêt de ce type de traitement de l'orge.

Reçu pour publication en juin 1973.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leurs plus vifs remerciements à M. CANDAU pour les opérations chirurgicales, à Odette SZYLIT pour les tests à l' α -amylase, à R. TOMASSONE et à Colette ROUX de la Station de Biométrie du C. N. R. Z. pour l'interprétation statistique des résultats.

SUMMARY

EFFECT OF MOISTURE-HEAT TREATMENT
OF BARLEY ON DIGESTION OF NITROGEN
IN SHEEP RUMEN : STUDIES IN RUMEN AND ABOMASUM

A ripe barley, previously rehumidified at 36 p. 100 moisture, was heat-treated (t° 75°-107°C). We studied effects of this treatment on some aspects of carbohydrate and nitrogen metabolism in sheep rumen and on the amount and quality of nitrogenous matter passing through the abomasum. Control or treated cereals are distributed with no nitrogen supplementation (O and OD), and comparing urea supplementation (OU or ODU) to that of soya protein (OS and ODS).

Heat treatment insures protection of barley protein in rumen against deamination (fig. 3), slightly accelerates release of alcohol-soluble carbohydrate in presence of urea (fig. 5), and markedly increases the amount of propionic acid formed (table 4). Whatever the nitrogen supplement, heat treatment increases the amount of total nitrogen and proteic nitrogen of abomasum contents, expressed in relation to dry matter (table 5), as well as amounts of amino acids especially characteristic of cereal (glutamic acid, proline, leucine), expressed for 16 g of nitrogen (table 6). Treatment increases the amounts of total nitrogen and proteic nitrogen passing through the abomasum in 24 hours (table 7), which either become higher or significantly equal to quantities ingested. This is contrary to untreated diets where these amounts are always lower than those ingested. Treatment increases both transit of amino acids characteristic of cereals and that of amino acids of bacterial origin (lysine, threonine) (table 8). The treatment applied has two conjugated effects : insolubilization of barley protein and change of carbohydrate fermentation, which is expressed by an improvement of bacterial proteosynthesis from ammonia nitrogen of endogenous origin (OD), and from urea (ODU) or from soya protein (ODS). The value of urea, which is clearly lower than that of soya protein in the untreated diet, would approximate it when the cereal is dehydrated.

However, advantages of treatment may be limited by decreased availability and bad balance of amino acids in barley. A study of the nature and quantity of amino acids absorbed in the intestine should make clear the advantage of this type of treatment.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALCH D. A., ROWLAND S. J., 1957. Volatile fatty acids and lactic acid in the rumen of dairy cows receiving a variety of diets. *Brit. J. Nut.*, **11**, 288-298.
- BAUDET J., MOSSE J., LANDRY J., MOUREAUX Th., 1966. Étude sur les protéines du maïs. I. Composition en acides aminés des fractions azotées du grain. *Ann. Physiol. Vég.*, **8**, 321-329.
- COLENBRANDER V. F., BARTLEY E. E., MORRILL J. L., DEYOE C. W., PFOST H. B., 1967. Feed Processing. II. Effect of feeding expanded grain and finely ground hay on milk composition, yield, and rumen metabolism. *J. Dairy Sci.*, **50**, 1966-1972.
- COLENBRANDER V. F., BARTLEY E. E., MORRILL J. L., DEYOE C. W., PFOST H. B., 1968. Feed Processing. IV. Effect of feeding expanded grain and ground hay on concentrations of rumen ammonia. *J. Dairy Sci.*, **51**, 1974-1976.
- DURAND M., 1970. Influence du traitement technologique de l'aliment énergétique (orge immature) sur le métabolisme de ses glucides et de l'urée dans le rumen du mouton. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **271**, 2167-2170, Série D.
- ELY D. G., LITTLE C. O., WOOLFOLK P. G., MITCHELL G. E., 1967. Estimation of the extent of conversion of dietary zein to microbial protein in the rumen of lambs. *J. Nutr.*, **91**, 314-318.
- FORD J. E., 1965. A microbiological method for assessing the nutritional value of proteins. Analysis of enzymically digested food proteins by Sephadex — gel filtration. *Brit. J. Nut.*, **19**, 277-293.
- GUILBOT A., MERCIER Ch., 1962. Répercussion sur la digestibilité de l'amidon des modifications de sa structure physico-chimique au cours de ses transformations technologiques. *Ind. Agric. Alim.*, **79**, 939-947.
- HELMER L. G., BARTLEY E. E., DEYOE C. W., MEYER R. M., PFOST H. B., 1970. Feed Processing. V. Effect of an expansion-processed mixture of grain and urea (Starea) on nitrogen utilization *in vitro*. *J. Dairy Sci.*, **53**, 330-335.

- HUME I. D., 1970. Synthesis of microbial protein in the rumen. III. The effect of dietary protein. *Aust. J. Agric. Res.*, **21**, 305-314.
- ISHAQUE M., THOMAS P. C., ROOK J. A. F., 1971. Consequences to the host of changes in rumen microbial activity. *Nature, New Biology*, **231**, 253.
- JACKSON P., ROOK J. A. F., TOWERS K. G., 1971. The physical form of a barley grain and barley straw diet and nitrogen metabolism in sheep. *Proc. Nutr. Soc.*, **30**, 1 A.
- KOJIMA Y., NAKAI S., KAWASHIMA R., UESAKA S., 1968. Effect of cooked barley or milo mixed to the ration on its digestibility. *Japan J. Zoot. Sci.*, **39**, 543-548.
- KOJIMA Y., KAWASHIMA R., UESAKA S., 1969. Studies on the effect of cooking on nutritive value of feed. a) II. Effect of cooking of feeds on VFA production by rumen bacteria. *Jap. J. Zoot. Sci.*, **40**, 1-4. b) III. Effect of cooking of barley on VFA production in the rumen of wether. *Jap. J. Zoot. Sci.*, **40**, 5-11.
- Mc RAE J. C., ULYATT M. J., 1972. Comparison of spot and continuous sampling for estimating duodenal digesta flow in sheep. *N. Z. J. Agric. Res.*, **15**, 98-106.
- MEYER R. M., BARTLEY E. E., DEYOE C. W., COLENBRANDER V. F., 1967. Feed processing. I. Ration effects on rumen microbial protein synthesis and amino acid composition. *J. Dairy Sci.*, **50**, 1327-1331.
- MOORE S., SPACKMANN D. H., STEIN W. H., 1958. Chromatography of amino acids on sulfonated polystyrene resins. *Anal. Chem.*, **3**, 1185-1190.
- MUDD C. A., PERRY T. W., 1969. Raw cracked vs. expanded gelatinized corn for beef cattle. *J. Anim. Sci.*, **28**, 822-826.
- NEWLAND H. W., MARTIN F. H., 1964. The effect of heated corn on the digestion end-products of the rumen in steers. *J. Anim. Sci.*, **23**, 886.
- NICHOLSON J. W. G., SUTTON J. D., 1969. The effect of diet composition and level of feeding on digestion in the stomach and intestines of sheep. *Brit. J. Nutr.*, **23**, 585-601.
- ØRSKOV E. R., FRASER C., KAY R. N. B., 1969. Dietary factors influencing the digestion of starch in the rumen and small and large intestine of early weaned lambs. *Brit. J. Nutr.*, **23**, 217-226.
- ØRSKOV E. R., FRASER C., Mc DONALD I., 1971. Digestion of concentrates in sheep. a) 2. The effect of urea or fish meal supplementation of barley diets on the apparent digestion of protein, fat, starch and ash in the rumen, the small intestine and the large intestine, and calculation of volatile fatty acid production. *Brit. J. Nutr.*, **25**, 243-252. b) 3. Effects of rumen fermentation of barley and maize diets on protein digestion. *Brit. J. Nutr.*, **26**, 477-486.
- ØRSKOV E. R., FRASER C., Mc DONALD I., 1972. Digestion of concentrates in sheep. 4. The effects of urea on digestion, nitrogen retention and growth in young lambs. *Brit. J. Nutr.*, **27**, 491-501.
- PHILLIPSON A. T., ASH R. W., 1965. in DOUGHERTY R. W., *Physiology of digestion in the ruminant*, 95-107, Butterworths, Washington.
- PION R., FAUCONNEAU G., 1968. Les ressources mondiales actuelles et futures en protéines disponibles pour l'alimentation de l'Homme : leurs possibilités d'utilisation dans *Isotope studies of the nitrogen chain*. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- PORTER P., SINGLETON A. G., 1971. The degradation of lignin and quantitative aspects of ruminant digestion. *Brit. J. Nutr.*, **25**, 3-14.
- POTTER G. D., LITTLE C. O., MITCHELL G. E., 1969. Abomasal nitrogen in steers fed soybean meal or urea. *J. Anim. Sci.*, **28**, 711-713.
- POTTER G. D., Mc NEILL J. W., RIGGS J. K., 1971. Utilization of processed sorghum grain protein by steers. *J. Anim. Sci.*, **32**, 540-543.
- RAYNAUD P., 1955. L'azote total dans les réservoirs gastriques des bovidés. *Arch. Sc. Physiol.*, **9**, 35-50.
- REES D. H., 1966. The analysis of designs with many non orthogonal classification. *J. R. Statist. Soc. Série B*, **28**, 110-117.
- ROACH A. G., SANDERSON P., WILLIAMS D. R., 1967. Comparison of methods for the determination of available lysine value in animal and vegetable protein sources. *J. Sci. Fd. Agric.*, **18**, 274-278.
- SALSBUURY R. L., HOEFER J. A., LUECKE R. W., 1961. Effect of heating starch on its digestion by rumen microorganisms. *J. Anim. Sci.*, **20**, 559.
- SHAW J. C., ENSOR W. L., TELLECHEA H. F., 1960. Relation of diet to rumen volatile fatty acids digestibility, efficiency of gain and degree of unsaturation of body fats in steers. *J. Nutr.*, **71**, 203-208.
- SMITH R. H., 1959. The development and function of rumen in milk-fed calves. *J. Agric. Sci.*, **52**, 72-78.
- SUTTON J. D., JOHNSON V. W., 1969. Fermentation in the rumen of cows given rations containing hay and flaked maize or rolled barley in widely different proportions. *J. Agric. Sci. Camb.*, **73**, 459-468.
- SUTTON J. D., 1972. *In vivo* measurement of energy supply and protein synthesis in the rumen. Panel Proceedings Series : *Tracer studies on non-protein nitrogen for ruminants*. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- SZYLIŃ O., 1971. Contribution à l'étude de la dégradation des glucides dans le jabot du Coq : intervention de la flore microbienne. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **272**, 2225-2228, Série D.

- VAN'T KLOOSTER A. Th., ROGERS P. A. M., SHARMA H. R., 1969. Observations on the rate of flow of digesta through the duodenum of sheep and on the recovery of polyethylene glycol and chromium sesquioxide from duodenal contents. *Neth. J. Agric. Sci.*, **17**, 60-70.
- VAN SOEST P. J., 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feed. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. of the A. O. A. C.*, **46**, 829-835.
- ZELTER S. Z., LEROY F., 1958. Azote uréique et activité bactérienne *in vitro* au niveau du rumen. *Ann. Zootech.*, **3**, 173-183.
- ZELTER S. Z., CHARLET-LERY G., TISSERAND J. L., 1971. Influence, chez le taurillon en croissance, du traitement de conservation (ensilage ou déshydratation) de la céréale immature (orge, maïs) sur sa valeur nutritive et sur l'efficacité métabolique de l'urée ajoutée. *Ann. Zootech.*, **20**, 135-152.
- ZELTER S. Z., CHARLET-LERY G., 1972. Influence du traitement hydrothermique d'une orge immature ou mure réhydratée, sur sa valeur alimentaire et celle de l'urée ajoutée, chez le jeune taurillon. *Ann. Zootech.*, **21**, 332-345.
-