

PARTICULARITÉS DE LA DIGESTION DE L'HERBE CHEZ LES RUMINANTS

SI LE RUMINANT PEUT UTILISER LES FOURRAGES C'EST ESSENTIELLEMENT GRACE AUX FERMENTATIONS MICROBIENNES QUI ONT LIEU DANS LE RUMEN. LES BACTERIES peuvent utiliser les glucides membranaires, mais elles ont, par contre, l'inconvénient de donner des produits terminaux en proportions variables et de valeur nutritive différente : dans le cas des composés énergétiques, elles donnent essentiellement des acides volatils et ceux-ci ont une valeur nutritive plus basse que le glucose, principal composé énergétique formé au cours de la digestion des glucides chez le monogastrique ; quant aux composés azotés, les produits terminaux sont de trois ordres : de l'ammoniaque, des protéines microbiennes et des protéines alimentaires non transformées dans le rumen, digérées dans la caillette (estomac) et l'intestin comme dans le cas du monogastrique.

Le coefficient de digestibilité constitue une base nécessaire d'appréciation de la valeur nutritive des aliments par le ruminant, mais ce coefficient de digestibilité est insuffisant et il faudrait classer les aliments (quand l'état de nos connaissances le permettra), suivant des catégories dans lesquelles pour un même coefficient de digestibilité, les produits terminaux seraient transformés en proportions connues ; mon premier but est de vous entretenir :

- I. — des produits terminaux formés et d'expliquer rapidement comment ils se forment ;
- II. — de la valeur nutritive de ces produits terminaux ;
- III. — de la façon dont ils varient, au moins dans un certain nombre de cas relativement connus des facteurs de variation.

I. — LES PRODUITS TERMINAUX DE LA DIGESTION

Examinons d'abord les produits terminaux formés au niveau du rumen : celui-ci est un organe qui, chez la vache de 600 kg, contient de 50 à 90 kg de matériaux alimentaires en cours de fermentation (12 à 16 % de matière sèche). C'est dans le rumen que s'effectue la première partie de la digestion, qui est d'origine microbienne.

A partir des composés solubles (glucides et azotés), il y a développement de microbes et formation de corps microbiens ; ceux-ci attaquent les glucides membranaires et les glucides solubles en excès (cf graphique I).

SORT DES GLUCIDES DANS LE TUBE DIGESTIF DES RUMINANTS -

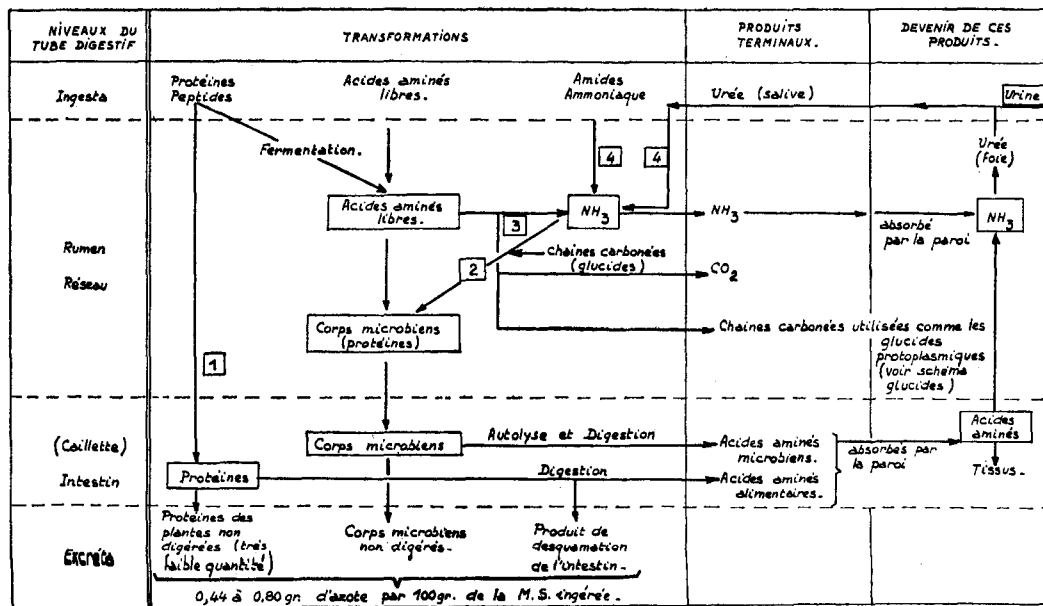
NIVEAUX DU TUBE DIGESTIF	TRANSFORMATIONS	PRODUITS TERMINAUX	DEVENIR DE CES PRODUITS.
Ingesta	<p>Glucides membranaires</p> <p>Glucides solubles. Urée. Composés azotés Solubles</p> <p>Corps microbiens.</p> <p>Fermentation</p>	<p>% du Carbone digéré :</p> <p>CH₄ } 4% → Eructé</p> <p>Acides gras en } C₂ = 60% } 70% → Sang C₃ = 20% } C₄ = 15% } C₅ = 5% }</p>	
Inhabit	Digesta	Glucose	20% → Sang.
Excreta.	Glucides membranaires non digérés.		

L'animal dispose, pour assurer ses besoins énergétiques :

- du méthane sans valeur nutritive (qui est érucé) ;
- des acides acétique, propionique et butyrique en proportions variables ;
- du glucose en quantités également variables (15 à 20 % du total des composés carbonés digérés).

Du point de vue des composés azotés, les corps microbiens migrent dans l'intestin où ils sont digérés (comme chez le monogastrique), en même temps que les protéines alimentaires qui ont traversé le rumen sans être attaquées par les bactéries (graphique II).

SORT DES MATIÈRES AZOTÉES DANS LE TUBE DIGESTIF DES RUMINANTS .



L'animal dispose donc, en cette matière :

1) d'ammoniaque formé en excès ou trop rapidement dans le rumen et qui a traversé la paroi de celui-ci ;

2) des acides aminés microbiens provenant de la digestion des protéines microbiennes ; celles-ci ont une composition relativement constante et contiennent des proportions équilibrées des différents acides aminés indispensables; l'histidine semble le seul acide aminé déficient ;

3) des acides aminés alimentaires provenant de la digestion des protéines qui n'ont pas été attaquées dans le rumen.

Chacune de ces catégories entre dans la constitution de la ration azotée, dans les proportions suivantes, en % de l'azote total :

- 40 à 50 % d'acides aminés microbiens,
- 40 à 50 % d'acides aminés alimentaires,
- 10 à 20 % d'ammoniaque.

II. — VALEUR NUTRITIVE DES PRODUITS TERMINAUX

Ceux-ci ont des valeurs différentes ; on s'en est aperçu lorsqu'on les a mesurées avec précision.

1) *Entretien et engraissement (cf. tableau I).*

La mesure de l'énergie nette a été effectuée par l'Ecole de Blaxter en utilisant des moutons fistulés, ce qui permettait l'infusion continue des différents acides gras individuels ou de leurs mélanges. Les mesures d'énergie nette obtenue étaient effectuées par calorimétrie indirecte : bilan carbone et azote et mesure des échanges respiratoires.

En conclusion, dans le cas de l'entretien, on peut dire que la valeur énergétique des produits terminaux qui se forment en proportions variables dans le rumen est relativement constante et de l'ordre de 85 %.

Dans le cas de l'engraissement, le coefficient d'utilisation de l'énergie qui se trouve finalement absorbée par l'animal (énergie métabolisable) est extrêmement variable puisqu'il passe presque du simple au double, selon qu'il y a beaucoup, ou relativement peu d'acide acétique.

Pour des animaux en lactation, on ne dispose que de peu d'études précises de l'utilisation des divers acides gras et de leurs mélanges.

TABLEAU I

INFLUENCE DES ACIDES GRAS SUR L'ENTRETIEN ET L'ENGRAISSEMENT

$$\frac{\text{Energie nette}}{\text{Energie métabolisable}} \times 100$$

(d'après BLAXTER)

Ingesta		<i>Entretien</i>	<i>Engraissement</i>
Rumen	Acide acétique	55-60	33
Rumen	Acide propionique	86	56
Rumen	Acide butyrique	76	62
Intestin	Glucose	100	69
Rumen % mol.	C ₂ 75 C ₃ 15 C ₄ 10	85,6	58
Rumen % mol.	C ₂ 25 C ₃ 45 C ₄ 30	87	32

En utilisant des vaches laitières munies de canules du rumen, l'Ecole de Balch a poursuivi des études relatives à l'influence des différents acides gras (infusés en continu dans le rumen) sur les quantités et la composition du lait produit (*cf.* tableau II).

TABEAU II
INFLUENCE DES ACIDES GRAS SUR LA LACTATION
(d'après BALCH)

	<i>Quantité de lait</i>	<i>Matières grasses</i>	<i>Protéine</i>
+ Acide acétique	+++	+++	0
Acide propionique	0	--	++
Acide butyrique	0	++	

En conclusion, l'acide acétique est bien utilisé à condition d'être associé au glucose. Ce dernier doit lui fournir, en effet, un certain nombre de coenzymes qu'il n'arrive pas à obtenir au cours de sa dégradation par l'intermédiaire du cycle de Krebs.

L'acide acétique semble être convenablement utilisé par des animaux en lactation, tant comme source de carbone que comme source énergétique (il exerce une influence sur la quantité de lait et sur la teneur en matières grasses de ce lait).

D'ailleurs, en utilisant des glandes mammaires perfusées, on a montré que pour assurer un fonctionnement normal (synthèse des matières grasses), les cellules sécrétoires ont besoin à la fois de glucose et d'acide acétique.

L'acide propionique est glucoformateur; après son passage dans le sang il est très rapidement métabolisé dans le foie et transformé en glucose et en glycogène. L'action positive de l'acide propionique sur la teneur en protéines du lait serait due à une économie des glucides sur l'utilisation des protéines.

L'acide butyrique est à la fois glucoformateur et cétoformateur ; au cours de son passage dans la paroi du rumen et dans le foie, il est partiellement transformé en acide β -hydroxybutyrique.

III. — VARIATIONS DES PRODUITS TERMINAUX

Les proportions des différents produits terminaux dépendent essentiellement des orientations fermentaires qui ont lieu dans le rumen. Ces dernières dépendent elles-mêmes de deux facteurs :

1) la composition biochimique des aliments ;

2) la structure physico-chimique des produits : pour une même composition chimique on peut obtenir des fermentations différentes suivant la structure des produits ingérés : par exemple, les glucides du type amidon ayant subi un certain chauffage favorisent une fermentation propionique.

On peut comprendre cette dernière action quand on sait que les exoenzymes secrétées par les bactéries n'agissent qu'au voisinage des corps bactériens, contrairement aux enzymes digestives qui agissent en phases liquides.

1) *Composition biochimique* (tableau III).

Dans le cas de l'herbe, la teneur en glucides solubles (*cf.* tableau III) paraît favoriser la formation d'acide propionique aux dépens de l'acide acétique en particulier. Cette action n'est peut-être pas directe, mais aurait lieu par l'intermédiaire d'une fermentation lactique rapide qui toucherait les glucides solubles non utilisées pour la croissance des corps microbiens, ce qui aurait pour conséquence d'abaisser le pH du rumen. Le pH ne paraît pas favoriser les bactéries formant de l'acide acétique mais est favorable au contraire aux propioni-bactéries.

2) *Structure physico-chimique.*

Celle-ci oriente les fermentations dans quelques cas étudiés en particulier sur vaches laitières (*cf.* tableau IV).

TABLEAU III

INFLUENCE DES DIVERS FOURRAGES SUR LA FORMATION DES ACIDES GRAS
DANS LE RUMEN (*d'après TILLEY*)

mol. % des mol. totales

<i>Variétés</i>	<i>Acide acétique</i>	<i>Acide propionique</i>	<i>Acide butyrique</i>	<i>Glucides solubles % M.S.</i>	<i>pH</i>
S.100 Trèfle	71	19	10	6,0	6,93
Luzerne feuillue (séchée) .	68	20	12	6,0	7,02
Luzerne séchée	67	21	12	7,8	7,0
S.37 Dactyle	67	22	10	10,2	6,3
Luzerne tige (séchée)	66	22	11	8,6	6,98
Luzerne	65	23	12	7,8	7,03
Ray-grass anglais	65	24	11	8,5	6,3
(S.23 et S.24)					
S.37 Dactyle	64	24	11	4,2	6,05
Ray-grass d'Italie	64	26	10		
Trèfle violet					
S.24 Ray-grass anglais	61	28	11	14,4	6,18
» » »	59	29	12	17,4	6,31
» » »	60	27	13	17,6	6,07
» » »	59	27	14	16,0	5,90
» » »	59	31	10	18,0	5,8
» » »	55	33	12	29-32	{ 6,2 6,3

TABLEAU IV

**INFLUENCE DE LA RATION SUR LA FORMATION DES ACIDES GRAS
DANS LE RUMEN ET SUR LA COMPOSITION DU LAIT**

(mat. grasse %
(d'après SHAW)

mol. % des molécules totales

<i>Rations</i>	<i>C₂</i>	<i>C₃</i>	<i>C₄</i>	<i>M.G. %</i>
Foin 8 à 19 kg	69-70	18-20	8-10	3,6
Foin 7 kg (moulu) + concentré 7 kg ..	64-62	20-22	12	3,4
Foin 7 kg (moulu) + 1 kg maïs chauffé	50	32	10	1,4
Foin 7 kg (moulu) + concentré 2 kg + glucose 2 kg	56	18	18	3,8
Foin 8 kg (moulu) + concentré 8 kg ..	68	15	13	3,0
Foin 8 kg (moulu) + maïs chauffé	59-49	25-32	9-10	2,2
Foin 5 kg + concentré 8 kg (maïs chauffé) ..	49	40	6	

Il reste beaucoup d'inconnues dans les problèmes qui viennent d'être abordés. On peut théoriquement fixer le mélange qui paraîtrait le plus adéquat aussi bien d'ailleurs pour la production laitière que dans le cas de la croissance. On sait cependant que les proportions des composés sont susceptibles de grandes variations à la fois suivant la composition biochimique

des aliments et suivant la structure physico-chimique de ceux-ci et que les proportions équilibrées d'acides gras et de glucose semblent particulièrement favorables pour certaines productions. Il nous faudrait essayer de tenir compte de ces deux facteurs pour orienter de la meilleure façon possible l'utilisation des fourrages dans l'avenir.

Pour terminer, disons qu'il existe des interactions entre la valeur nutritive des aliments et l'aspect quantité-consommation qui n'a pas été traité ici. En effet, si le niveau d'alimentation joue un rôle relativement faible dans les produits terminaux, en ce qui concerne les acides gras du moins, car on n'a pas étudié les quantités de corps microbiens formés en fonction des différents niveaux d'alimentation, la quantité consommée agit sur la vitesse de transit, donc sur les fermentations et sur la nature ou l'abondance de certains produits terminaux (méthane).

G. FAUCONNEAU,
C.N.R.Z. — Jouy-en-Josas.