

V. CHENAIS⁽¹⁾

UTILISATION DE LA BETTERAVE FOURRAGÈRE POUR L'ALIMENTATION DES VACHES LAITIÈRES

1^{re} partie

(1) A.D.B.F.M., 7, rue du Coq-Héron, 75001 Paris.

1) INTRODUCTION

La betterave fourragère est une culture qui au début du 20^e siècle a connu un développement remarquable en France (près d'un million d'hectares en 1938, Donaty, 1987).

Ce développement s'explique par les nombreuses qualités de cette plante fourragère :

- rendements élevés et réguliers,
- adaptation au climat du Nord-Ouest de l'Europe,
- aliment apprécié par les animaux,
- investissements faibles pour la conservation et l'utilisation.

Pourtant les surfaces ont fortement régressé après la deuxième guerre mondiale car la culture de la betterave demandait un travail important et pénible : désherbage, récolte et distribution manuels nécessitaient de nombreuses heures de travail.

Actuellement, cet inconvénient est levé puisque la culture de la betterave est **entièrement mécanisée**, du semis à la distribution. De plus les avantages qui avaient provoqué son développement demeurent et ont même été améliorés. C'est pourquoi même si globalement, les surfaces emblavées continuent de régresser (67.000 ha en France en 1991, en baisse), on note un regain d'intérêt pour la betterave fourragère dans les régions défavorables à la production de l'ensilage de maïs telles que les zones les plus sèches et surtout les plus

froides de la Bretagne (Kerouanton, 1988), depuis une dizaine d'années (Bretagne, 12.100 ha en 1991).

Dans ce contexte, l'Association pour le Développement de la Betterave Fourragère Monogerme (ADBFM) créée en 1981 et constituée des établissements de sélection et commercialisation de semence de betteraves fourragères, a souhaité cette étude bibliographique destinée à faire le point sur l'utilisation de la betterave fourragère dans l'alimentation des vaches laitières.

Dans une première partie, l'étude de la composition chimique, la digestibilité et la valeur nutritive de la betterave permet de comprendre les phénomènes digestifs et métaboliques provoqués par cet aliment et induit des conseils zootechniques.

Ces connaissances fondamentales sont les éléments de base de la compréhension de performances de production laitière présentées dans la seconde partie.

Sans être exhaustive, cette étude apporte des éléments de réponse sur des problèmes variés concernant la betterave fourragère et l'alimentation des vaches laitières, de sa composition chimique à son intérêt économique.

La betterave fourragère est connue pour sa bonne valeur énergétique et son appétibilité. C'est un fourrage frais, excellent en alimentation hivernale. Mais son utilisation particulière demande certaines précautions d'emploi.

L'étude fondamentale de la composition chimique, de la digestion et de la digestibilité des betteraves a permis d'expli-

quer la valeur nutritive de cet aliment et les conséquences zootechniques de son utilisation.

1) LA COMPOSITION CHIMIQUE ET LA CONSERVATION DES BETTERAVES

Avant d'aborder la composition chimique, il est utile de présenter la classification des différents types de betteraves selon le taux de matière sèche.

1.1. LES TENEURS EN MATIÈRES SÈCHES

Par le moyen de la sélection variétale, plusieurs types de betteraves ont été créés (tableau n° 1). Reconnaisables à leur forme et leur proportion hors-sol, elles se différencient surtout par leur teneur en matière sèche.

Cette différenciation des types de variétés a des conséquences au niveau de l'utilisation par les animaux, mais elles constituent également un facteur de variation de la composition chimique.

1.2. LE PRINCIPAL CONSTITUANT DES BETTERAVES : LES GLUCIDES

Ils représentent 65 à 85 % de la matière

Type de variété	% de Matière sèche
Fourragère	moins de 12%
Fourragère - sucrière	12% à 16%
Sucrière - fourragère	16% à 21%
Sucrière	Plus de 21%

Source ADBFM : La mécanisation de la betterave fourragère.

Tableau n° 1
LES DIFFÉRENTS TYPES DE BETTERAVES

sèche (MS) et ils sont composés de deux fractions : les sucres et les polyholosides.

– les sucres constituent 55 à 70% de la MS. Le principal élément est le saccharose qui d'après Nehring et Becker (cités par Cottyn et Boucque, 1970) ne serait pas présent lors de la récolte. Il se formerait seulement pendant la conservation par dissociation de sucre inverti.

Le reste est constitué par des sucres réducteurs (glucose, xylose et arabinose).

– les polyholosides, composés de lignine, de cellulose et des hémicelluloses, sont en faible quantité : 9 à 14% de la MS (Jarrige et Fauconneau, 1973).

Mais l'importance des constituants glucidiques varie en fonction du type de betterave. Selon Jarrige et Fauconneau (1973), l'accroissement de la teneur en MS des betteraves s'accompagne d'une augmentation des teneurs en saccharose et en sucres totaux, et d'une diminution des teneurs en sucres réducteurs, en cellulose et en lignine.

Par ailleurs, Demarquilly (1972) a trouvé là une corrélation significative entre les teneurs en glucides solubles et le taux de MS. Globalement, les extractifs non azotés (ENA) obéissent à la même relation (Aerts et al. 1979). Cette caractéristique explique l'augmentation d'énergie brute par kg de MS quand on passe des betteraves de type fourragère au type sucrière (tableau n° 2).

1.3. LES CONSTITUANTS AZOTÉS : BEAUCOUP D'AZOTE SOLUBLE

La teneur en matières azotées (MAT) varie de 6 à 15% de la MS. Elle a tendance à diminuer lorsque le taux de MS augmente (Aerts et al. 1979, Cottyn et al. 1970, Jarrige et Fauconneau 1973),

cependant Demarquilly attribue cette variation au cultivar et non au type de betterave.

La répartition de l'azote, semblable d'une variété à l'autre, est caractéristique : 70 à 80% de constituants éthanisolubles (acides aminés libres et amides), 7 à 8% de peptides et seulement 10 à 21% de protéines (Jarrige et Fauconneau, 1973).

Les acides aminés libres, représentant 70 à 80% de l'extrait éthanologique, sont essentiellement l'acide glutamique et la glutamine. Les acides aminés essentiels sont en faible teneur. La lysine est à l'état de trace, la cystine et la méthionine sont absentes de la fraction azotée (tableau n° 3).

La composition des protéines des betteraves est semblable à celle des feuilles et des tiges de graminées ou de luzerne

(Fauconneau et Pion, 1965). Mais les teneurs en isoleucine, phénylalanine, arginine et surtout lysine sont faibles.

1.4. UNE FAIBLE TENEUR EN MATIÈRES MINÉRALES

Les matières minérales varient de 3 à 8% de la MS. Elles ont tendance à diminuer lorsque la teneur en MS des betteraves augmente (Aerts et al. 1979, Boucque et al. 1970) (tableau n° 4).

Les teneurs en calcium et en phosphore sont faibles ; par contre, celle du potassium est élevée. Il faut noter que les collets et les feuilles de betteraves contiennent beaucoup de matières minérales, notamment du calcium et du magnésium.

Type de betterave	Fourragère	Demi-sucrière	Sucrière
Constituants			
MS (%)	9 à 12	13 à 20	20 à 27
CB (% de MS)(1)	6 à 8	5 à 7	4 à 6
ENA (% de MS)	65 à 75	70 à 80	75 à 90
Cendres totales (% de MS)	10 à 13	5 à 11	3 à 5
Energie Brute (kcal/kg de MS)	3 600 à 3 800	3 800 à 4 000	4 000 à 4 400

(1) CB : Cellulose Brute

Tableau n° 2
L'ÉVOLUTION DES CONSTITUANTS DE LA BETTERAVE EN FONCTION DU TYPE

	Teneur
Azote total (% de MS)	1 à 2,4
<i>Répartition de l'azote (% du total)</i>	
– extrait éthanologique	70 à 82
– peptides	7 à 12
– protéines	10 à 22
<i>Acides aminés libres (% de l'extrait éthanologique)</i>	
– acide aspartique	4 à 9,5
– acide glutamique	7 à 15,5
– asparagine	6 à 8
– glutamine	34 à 50
– leucine + phénylalanine + isoleucine	4 à 7,5
– lysine	Traces

Source : Jarrige et Fauconneau – 1973

Tableau n° 3
LA TENEUR EN AZOTE ET SA RÉPARTITION

Éléments	Quantité (g/kg MS)
Phosphore	1 à 2
Calcium	1 à 4
Potassium	8 à 15
Sodium	1 à 3
Magnésium	1 à 2

Source : Guéguen cité par Giraud - 1976

Tableau n° 4
LA COMPOSITION MINÉRALE
DES BETTERAVES

1.5. DEUX FACTEURS DE CONSERVATION DE LA BETTERAVE : LA DURÉE D'UTILISATION ET LE MODE DE DÉCOLLETAGE

Il est primordial de fournir aux animaux un fourrage sain et bien conservé, exempt de pourritures dans le cas des betteraves. Pour cela deux types de contraintes sont à prendre en compte : la durée de conservation et le mode de décolletage (tableau n° 5).

D'après ce tableau et de nombreuses données bibliographiques (Lebrun, 1974), Les pertes en MS augmentent avec la durée de conservation. Les betteraves récoltées en octobre ou novembre peuvent se conserver cinq à six mois. Au-delà de cette durée, les pertes deviennent importantes. Si les betteraves sont stockées dans un bâtiment, le manque d'aération peut provoquer un échauffement du silo occasionnant beaucoup de pourritures, notamment au printemps.

D'autre part, toute blessure de la betterave constitue une porte ouverte aux pourritures. Dans le tableau 5, nous voyons que le décolletage augmente les pertes de MS. Les betteraves ne doivent donc être qu'effeuillées, d'autant plus que le collet possède une bonne valeur nutritive.

Ces facteurs de conservation occasionnent, outre la perte en MS, donc en rendement utilisable, une évolution de la composition chimique des betteraves. Henry et Rérat (1964) ont trouvé dans un essai, une perte de 10% de MS. La raison de cette perte est la respiration des betteraves, phénomène au cours duquel les glucides sont "brûlés" (Lebrun, 1974). Il en résulte une baisse de la valeur alimentaire des betteraves. En outre, la teneur en azote diminue également, tandis que celle en minéraux augmente (tableau n° 6).

Durée de conservation		Pertes en % de la MS		
Jours	Date de désilage	Betteraves non effeuillées	Betteraves effeuillées	Betteraves décollées
69	19/12	0	0	2,6
104	21/1	2,0	4,1	9,9
143	22/2	2,4	4,7	10,0
184	14/4	7,4	7,0	11,8

Source : Behaeghe et al. 1981

Tableau n° 5
INFLUENCE DE LA DURÉE D'UTILISATION ET DU DÉCOLLETAGE
SUR LA CONSERVATION DES BETTERAVES

Constituants	Mois	Novembre-Décembre	Janvier-Février	Mars-Avril
	MS (%)	18,4	17,0	16,5
Matières minérales (% de MS)	4,5	5,5	5,8	
Azote total (% de MS)	1,18	1,17	1,09	

Source : Rérat et Henry - 1964

Tableau n° 6
L'ÉVOLUTION DE LA COMPOSITION DES BETTERAVES AU COURS DU TEMPS

En pratique, les betteraves se conservent très bien à l'extérieur pendant six mois. S'il y a risque de gel, une couche de paille doublée d'une bâche plastique agrémentée de cheminées d'aération suffit à protéger les betteraves. Une bonne conservation limite les pertes à 5% de la MS et permet de distribuer des betteraves saines.

Cet aperçu de la composition chimique va nous permettre d'aborder la digestion des betteraves par les ruminants et les phénomènes métaboliques qui en découlent.

2) LA DIGESTION DES BETTERAVES ET L'ABSORPTION DES NUTRIMENTS

Nous aborderons les différentes caractéristiques de la digestion de la betterave par les ruminants.

2.1. UNE FLORE MICROBIENNE SPÉCIFIQUE

Les membranes des betteraves, pauvres en lignine, sont facilement dégradées par les bactéries. Le saccharose ainsi libéré, est fermenté par les protozoaires (Holotriches).

Ces microorganismes possèdent en effet une enzyme libre, qui leur permet d'hydrolyser le saccharose. Avec des matières azotées issues de fragments de végétaux, et les bactéries qu'ils ingèrent, ils réalisent les synthèses nécessaires à leur multiplication. L'apport important de saccharose par les betteraves favorise donc la prolifération des protozoaires.

Si l'apport glucidique est excédentaire, les micro-organismes stockent les hexoses libérés sous formes d'un polyholoside de réserve voisin de l'amylpectine qu'ils métabolisent ensuite. Par cet effet tampon, les protozoaires tempèrent la vitesse de fermentation du saccharose. Mais les conditions régnant dans le rumen peuvent défavoriser leur activité (tableau n° 7).

La fragilité de l'équilibre microbien et la rapidité de digestion du saccharose demandent des précautions lors d'un affouragement de betteraves, notamment une transition alimentaire longue et plus d'un repas si les quantités distribuées sont élevées.

2.2. LES PRODUITS TERMINAUX DE LA DIGESTION, UNE FORTE CONCENTRATION EN AMMONIAC ET EN ACIDE BUTYRIQUE

La population microbienne qui utilise les sucres et les matières azotées, produit des déchets constitués d'un mélange de gaz et d'acides gras volatils (AGV).

Le gaz est essentiellement composé d'ammoniac, qui peut se trouver en grande quantité en cas d'ingestion de betteraves. La teneur en matières azotées de betteraves explique en partie cette forte concentration d'ammoniac dans le rumen.

Cependant, l'azote non protéique semble mal utilisé, comme en témoigne un essai de Vérité et Journet comparant la protéosynthèse microbienne (in vitro) dans trois rations isoénergétiques avec un apport d'urée (tableau n° 8).

La disparition d'azote ammoniacal a été plus faible avec la ration contenant des betteraves. Ce critère indique une protéosynthèse microbienne moins intense. Mais l'addition de luzerne déshydratée a nettement augmenté la synthèse de protéines dans une proportion plus élevée par la ration contenant des betteraves. D'après les auteurs, cette protéosynthèse réduite correspond à une teneur plus faible des AGV du jus de rumen lors d'une ingestion de betteraves. Cette production moins élevée d'AGV contredit les résultats de certains essais.

Les autres produits de la digestion sont les AGV. Leur composition varie en fonction du régime alimentaire. Pour des rations contenant des betteraves, elle est très caractéristique comme le prouve le tableau n° 9.

Il apparaît que la teneur en AGV dans le rumen pour la ration contenant des betteraves est plus élevée comparée aux autres rations. L'acide butyrique augmente au détriment de l'acide acétique, tandis que la proportion d'acide propionique reste relativement stable. Il faut noter également que les teneurs en acides ramifiés (isobutyrique et isovalérianique) sont plus faibles avec l'ingestion de betteraves. Mais les phénomènes digestifs et métaboliques dépendent des quantités de betteraves introduites dans la ration. Journet et

Conditions favorables	Conditions défavorables
<ul style="list-style-type: none"> - pH 7 - Repas nombreux - Rations riches en glucides 	<ul style="list-style-type: none"> - pH 5,5 - Un seul repas important - Beaucoup de céréales - Rations pauvres en constituants solubles - Transit court

Source : Jarrige - 1978

Tableau n° 7

LA SENSIBILITÉ DES PROTOZOAIRES AUX CONDITIONS DU MILIEU RUMINAL

Quantités d'azote disparu au cours de l'incubation (6 h)	mg N (1)		mg N/l de gaz		mg N/mole d'AGV	
	A	B	A	B	A	B
Régime						
Ensilage de maïs + urée	82	131	34	49	1,58	2,35
Foin + pulpes + urée	49	86	26	36	1,18	1,73
Foin + betteraves + urée	29	70	17	33	0,79	1,55

(1) N: azote ammoniac
A: régime sans luzerne déshydratée
B: régime avec luzerne déshydratée

Source : Vérité et Journet - 1973a

Tableau n° 8

LA PROTÉOSYNTHÈSE A PARTIR DE L'AZOTE DE L'URÉE

Ration	Betteraves + ensilage d'herbe	Ensilage de maïs	Pulpes + ensilage d'herbe
Teneur en AGV (m moles/l)	97,5	87,3	94,8
Acide acétique (%)	54,1 ^a	60,3 ^c	64,5 ^a
Acide propionique (%)	20,3	20,5	18,9
Acide butyrique (%)	22,3 ^c	14,2 ^b	13,0 ^a
Acide isobutyrique (%)	0,8 ^a	1,2 ^a	1,3 ^b
Acide isovalérianique (%)	0,7 ^a	1,5 ^b	1,0 ^a

Différences significatives au seuil 1% : lettres majuscules différentes.
ou 5% : lettres minuscules différentes.

Tableau n° 9

COMPOSITION COMPARÉE EN AGV POUR TROIS RATIONS. ESSAIS SUR VACHES LAITIÈRES (3 h après le début du repas du matin)

Vérité (1973 b) ont étudié les conséquences de l'augmentation de betteraves ingérées (associées à quatre fourrages différents) sur la composition en AGV, le pH et l'activité cellulolytique du jus de rumen (tableau n° 10).

Les résultats sont les moyennes de quatre rations étudiées : betteraves associées à soit de l'ensilage d'herbe, soit du foin de qualité moyenne ou excellente, soit de l'ensilage de maïs.

Nous constatons que l'augmentation des quantités de betteraves (distribuées en deux repas égaux) a des conséquences sur la proportion des AGV. L'acide acétique diminue tandis que l'acide propionique et essentiellement l'acide butyrique augmentent. Cette évolution des teneurs en AGV s'explique par la moindre importance des substrats cellulolytiques à dégrader (les bactéries cellulolytiques favorisent la fermentation

acétique) et l'augmentation d'apport de glucides rapidement fermentescibles.

Dans le même temps, nous assistons à une baisse du pH due essentiellement à l'élévation des teneurs en AGV dans le rumen. Il faut remarquer à ce niveau, qu'une chute trop importante du pH entraîne un bouleversement de la population microbienne et favorise les bactéries de type lactique. C'est alors que l'acide lactique peut être présent en quantité importante dans le rumen, comme le montre le tableau n° 10. Ces perturbations entraînent ce qu'on appelle l'acidose lactique, trouble digestif se traduisant par :

- la paralysie des réservoirs gastriques,
- l'augmentation de l'osmolarité du contenu ruminal provoquant une déshydratation extracellulaire,
- la modification de la perméabilité de la paroi ruminale avec passage d'acide lactique dans le sang.

Les symptômes qui font suite à ce trouble sont la chute de la production laitière, l'anorexie (perte d'appétit), la diminution du temps de rumination voire la mort de l'animal (Sauvant 1976).

Cependant des variations existent suivant la nature du fourrage associé à la betterave. D'après ce même essai, la proportion d'acide propionique a augmenté avec l'ensilage d'herbe et le foin de qualité moyenne jusqu'à 30-40 % avec une distribution de betteraves supérieure à 7 kg de MS. Avec le bon foin et l'ensilage de maïs, elle a été relativement constante (15 à 20 %). Par contre l'augmentation de la proportion d'acide butyrique pour ces deux derniers fourrages a été importante pour atteindre des valeurs dépassant 30 %. D'autre part, la teneur en acide lactique était plus élevée avec l'ensilage d'herbe et le foin de qualité moyenne.

Cette cellulolyse a toujours été faible avec l'ensilage de maïs. Elle a diminué avec l'ensilage d'herbe et les foins de qualité moyenne et excellente à partir de 5 kg de MS de betteraves. Globalement, l'activité cellulolytique a diminué avec la teneur en cellulose de la ration (figure n° 1).

La nature du fourrage associé et les quantités de betteraves ingérées sont deux facteurs de variations des phénomènes digestifs. Ils traduisent en fait le rôle du taux de cellulose de la ration. Celui-ci doit être supérieur à 15 % pour éviter des accidents digestifs.

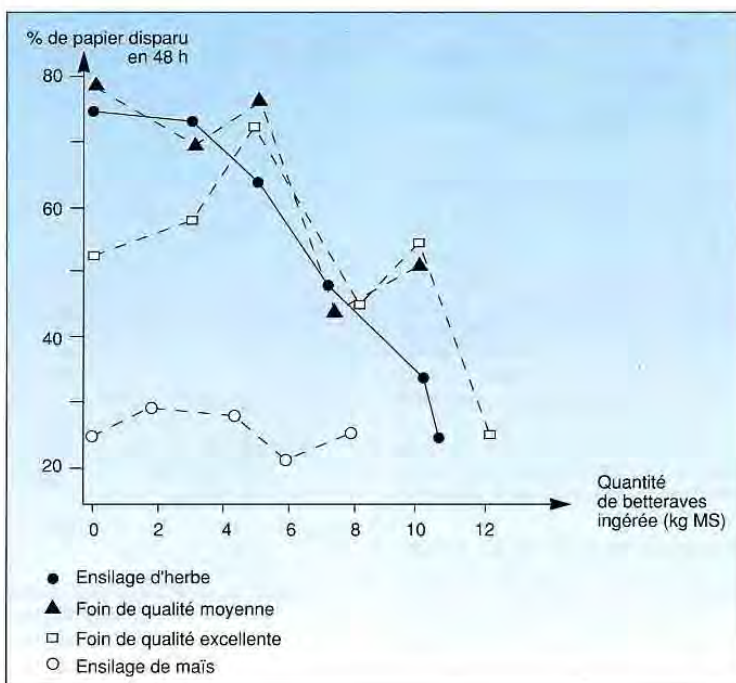
2.3. LE MÉTABOLISME DES NUTRIMENTS

Les AGV sont métabolisés selon des voies différentes. L'acétate, métabolisé

Critères	Quantités de betteraves (kg MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	10,0
AGV (%)					
- acide acétique	68,3	62,8	57,6	51,6	46,5
- acide propionique	18,9	17,7	19,5	24,7	24,0
- acide butyrique	8,3	16,0	19,8	20,4	23,2
pH du jus de rumen		6,8	6,6	6,5	6,2
Acide lactique (g/l de jus)	0	0-0,3	0,3-1,3	0,2-5,1	0,6-4,0

Source : Vérité et Journet - 1973b

Tableau n° 10
L'ÉVOLUTION DES PHÉNOMÈNES DIGESTIFS EN FONCTION DES QUANTITÉS DE BETTERAVES INGÉRÉES (3h après le début du repas)



Source : Vérité et Journet 1973b

Figure n° 1
Les variations de l'activité cellulolytique en fonction des quantités de betteraves distribuées et du fourrage associé

en partie dans l'épithélium du rumen ou du cæcum est oxydé, ou transformé en corps cétoniques pour rentrer dans la composition du lait, la lipogénèse et la fabrication de protéines. Le propionate est métabolisé par le foie pour donner du glucose servant essentiellement à la synthèse du lactose et du glycérol dans les glandes mammaires.

Enfin le butyrate est transformé en corps

cétoniques à 90 % (béta-hydroxybutyrate et acéto-acétate). Ils sont utilisés pour la protéogénèse et surtout la synthèse des matières grasses du lait.

Le métabolisme du butyrate explique ainsi l'augmentation du taux butyreux du lait souvent observé avec des rations contenant beaucoup de betteraves (Vérité et Journet, 1973 b ; Journet et Chilliard 1985). Mais parallèlement, les

teneurs importantes en corps cétoniques sanguins, provoquées par des fortes ingestions de betteraves peuvent entraîner la cétose (tableau n° 11).

D'après Vérité et Journet (1973 b), la cétose est un trouble métabolique traduisant le dépassement de la capacité de l'organisme à utiliser les corps cétoniques synthétisés. On assisterait alors à une déviation du métabolisme hépatique des acides gras.

Par ailleurs, d'après les courbes de Blaxter (figure n° 2), le type de fermentation entraîné par la betterave est plus favorable à l'engraissement qu'à la production laitière.

A ce sujet, le rapport acide acétique/acide propionique faible lors d'une ingestion de betteraves expliquerait la persistance plus faible de la production laitière observée dans certains essais.

2.4. DIMINUTION DES DURÉES D'INGESTION ET DE RUMINATION

L'apport de betteraves dans les rations des vaches laitières modifie leur comportement alimentaire de façon sensible. Vérité et Journet (1973 b) ont constaté que l'augmentation des quantités de betteraves ingérées, de 0 à 10 kg de MS, entraîne une diminution des durées d'ingestion (de 7 h 55 à 5 h 45) et de rumination (de 9 h 30 à 7 h 23). Globalement, la durée de mastication (ingestion + rumination) est passée de 81 à 66 mn/kg MS. En fait, ces durées sont liées au taux de cellulose de la ration, traduisant la diminution de la proportion de fibres longues.

Demarquilly (1972) sur mouton, a également observé un temps moindre d'ingestion et de rumination lors d'une distribution de betteraves en plat unique (en cossettes), comparé aux résultats connus des rations composées de fourrages verts. L'addition de foin a permis d'augmenter le temps de rumination.

2.5. CONSÉQUENCES ZOOTECHNIQUES

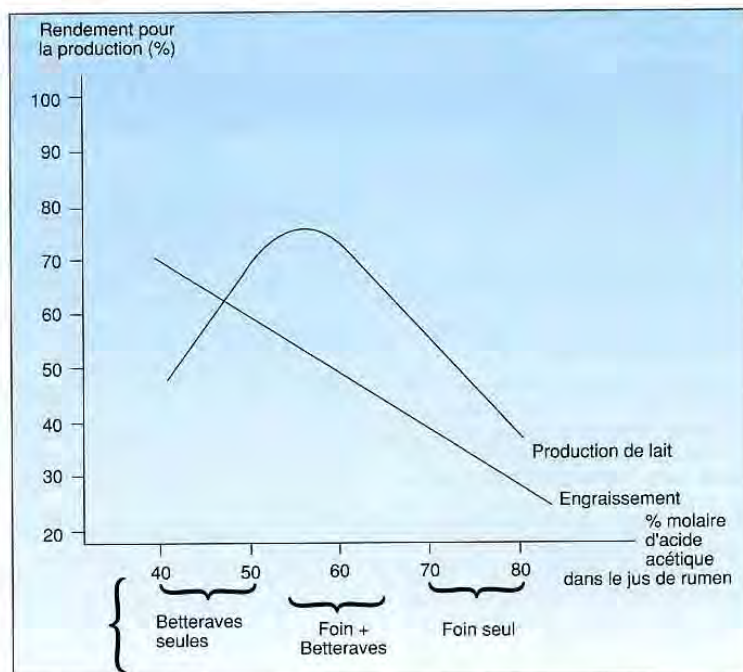
Les différentes caractéristiques de la digestion des betteraves chez le ruminant et du comportement alimentaire des animaux qui en consomment, obligent l'éleveur à observer quelques règles d'alimentation :

- la transition alimentaire doit être au minimum de 15 jours à un mois suivant les quantités de betteraves que l'on veut distribuer en régime de croisière. Il est préférable que le nombre de repas de

Quantité de betteraves (kg de MS)	0	2,5	5,0	7,5	10,0
Corps cétoniques sanguins (mg/d'acétone/100 ml)	1,7-3,4	1,8-10	2,8-9	2,5-12,2	3,3-11,2

Source : Vérité et Journet - 1973b

Tableau n° 11
L'INFLUENCE DU NIVEAU D'INGESTION DES BETTERAVES SUR LA TENEUR EN CORPS CÉTONIQUES DU SANG DES VACHES LAITIÈRES



Source : Giraud - 1976

Figure n° 2
L'optimum de la proportion d'acide acétique pour la production laitière et l'engraissement des vaches laitières

betteraves soit de deux si elles constituent une part importante de la ration (au maximum 3 kg de MS par repas). Ces précautions ont pour but d'éviter des bouleversements de la population microbienne et d'étaler l'apport d'énergie au cours de la journée (Hoden 1985).

- l'apport maximal de betteraves se raisonne en fonction du fourrage associé. En règle générale, la proportion de betteraves ne doit pas dépasser 50 % de la matière sèche de la ration de base. De même, la proportion de betteraves + concentré doit rester inférieure ou égale à 60 % de la MS totale si l'on veut maintenir une production laitière normale (persistance et composition) et éviter les ennuis sanitaires (météorisa-

tion, indigestion, acidoses...) (Hoden 1985). Pratiquement cela signifie qu'on pourra apporter d'autant plus de betteraves que le fourrage sera de meilleure qualité ;

- la betterave étant favorable à l'engraissement par ses orientations fermentaires, l'apport doit être aussi limité afin de conserver à la ration une bonne valeur laitière.

En fait, d'après les nombreuses observations effectuées sur des troupeaux recevant des betteraves (troupeaux expérimentaux de l'INRA ou troupeaux suivis par différents EDE), peu d'ennuis sanitaires ont été observés quand ces règles d'utilisation ont été bien respectées (Hoden 1985).

3) LA DIGESTIBILITÉ DES CONSTITUANTS DES BETTERAVES

3.1. UNE DIGESTIBILITÉ ÉLEVÉE DE LA MATIÈRE SÈCHE

Chez les ruminants, les digestibilités de la matière sèche et de la matière organique (MO) de la betterave sont très élevées et remarquablement constantes. Cette caractéristique est due à la digestibilité élevée des ENA qui constituent plus des deux tiers de la matière sèche.

D'après Aerts et al. (1979), il ne semble pas y avoir de différence notable entre les cultivars. Cependant Demarquilly (1972) a trouvé une digestibilité de la MO significativement plus élevée pour la variété Eckendorf (type fourragère) comparée à d'autres variétés de type demi-sucrière (Monoval et Rod Otofte) ou sucrière (Monosvalof).

La cellulose brute a également une bonne digestibilité. La raison est la pauvreté en lignine des membranes des betteraves. Cependant, nous pouvons observer de grandes variations de digestibilité de la cellulose brute due en partie à la faible teneur de ce constituant dans la MS, rendant difficile des mesures précises.

Le tableau n° 12 regroupe les résultats d'essais de digestibilité synthétisés par Aerts et al. (1979).

Il ressort de ce tableau que les digestibilités des constituants sont plus faibles chez les bovins que les ovins. Elles semblent aussi décroître lorsque le niveau d'affouragement augmente. Mais ces essais, répartis sur 70 ans et réalisés avec des méthodes et des variétés de betteraves différentes donnent des digestibilités constantes pour la MO et les ENA.

3.2. LES MATIÈRES AZOTÉES: UNE DIGESTIBILITÉ VARIABLE

La digestibilité de l'azote des betteraves est très variable pour les ruminants. Elle va de 50 à 80 % : ceci s'explique par l'imprécision des mesures en raison de la faible teneur en matières azotées des betteraves. Cette variation est également due aux différences de teneurs en azote suivant les variétés de ce fourrage alors que l'excrétion d'azote endogène par unité de matière sèche ingérée est relativement constante (Aerts et al. 1979).

3.3. LA DIGESTIBILITÉ ASSOCIATIVE NÉGATIVE

La betterave est généralement distribuée avec d'autres fourrages et des concentrés. D'après certains essais, la digestibilité de ses constituants varie suivant qu'elle est offerte seule ou avec d'autres aliments. Cottyn et Boucque (1970) ont en effet constaté une diminution de la digestibilité de la MS, de la MO et de la CB des betteraves lorsqu'elles étaient distribuées avec des concentrés (tableau n° 13).

Demarquilly (1972) a retrouvé ce phénomène pour des betteraves offertes avec

du foin à des moutons. Par contre la digestibilité des matières azotées a été augmentée.

Cette digestibilité associative négative traduit probablement un changement des conditions régnant dans le rumen (pH, microflore, vitesse de transit...). La dégradation de la MO devient alors moins bonne. Ce phénomène peut être très prononcé lors d'une forte distribution de concentrés qui favorisent un pH faible et une fermentation de type propionique. Dans le cas des fourrages grossiers tel que le foin, les différences de digestibilité au niveau de la ration sont moins grandes car l'apport de glu-

Essais de digestibilité effectués + - au niveau d'entretien				
		MO	CB	ENA
Moutons	moyenne	90,7	71,3	95,2
	écart type	2,5	16,7	2,0
	nombre d'essais	32	32	31
Bovins	moyenne	87,9	70,6	94,6
	écart type	2,4	20,9	1,2
	nombre d'essais	22	9	13

Essais de digestibilité avec un niveau d'affouragement de 1,5 à 3 fois le niveau d'entretien				
		MO	CB	ENA
Moutons	moyenne	88,1	62,4	-
	écart type	1,5	16,7	-
	nombre d'essais	7	5	0
Bovins	moyenne	86,0	51,6	94,1
	écart type	1,6	16,6	1,5
	nombre d'essais	11	11	11

Source : Aerts et al. 1979

Tableau n° 12

LA DIGESTIBILITÉ DES CONSTITUANTS DES BETTERAVES

Digestibilité en %				
Digestibilité en %	MS	MO	CB	ENA
Betteraves seules	88,4	92,4	80,6	96,6
Betteraves (57% de MS) + Concentrés (43% de MS)	82,2	90,0	61,0	94,6

Source : Cottyn et Boucque, 1970

Tableau n° 13

DIGESTIBILITÉ DES BETTERAVES OFFERTES SEULES OU AVEC DES CONCENTRÉS (essai sur mouton)

cides par les betteraves améliore la digestibilité du foin.

La forte teneur en saccharose, la digestibilité élevée de la MS et la présence d'azote fermentescible sont les trois éléments de base pour expliquer la valeur nutritive des betteraves.

4) LA VALEUR NUTRITIVE DES BETTERAVES

4.1. UNE TRÈS BONNE VALEUR ÉNERGÉTIQUE

La valeur énergétique des betteraves, exprimée en Unité Fourragère Lait (UFL) est très élevée et l'apparente à un aliment concentré.

Les premières valeurs admises allaient de 0,92 à 0,96 UF (INRA, 1978). C'est sur cette base que Vérité (1975) a mis en place une expérimentation visant à vérifier la valorisation de l'énergie nette des betteraves.

La haute teneur en énergie des betteraves s'explique par sa concentration en saccharose, la bonne digestibilité de la matière organique et les faibles dépenses énergétiques liées à la facilité d'ingestion et de digestion de ce fourrage.

Cependant une mauvaise utilisation de la betterave peut entraîner des troubles digestifs et métaboliques se traduisant par une moins bonne valorisation de l'énergie. C'est ce qu'à pu constater Vérité (1975) dans son essai où la valorisation nette des betteraves ne fut que de 0,85 UF par kg de MS. Les raisons émises par Vérité pour expliquer cette mauvaise valorisation sont :

- la digestibilité des betteraves serait surestimée ;
- les troubles sanitaires observés sur certaines vaches (cétose sub-clinique) entraîneraient une moins bonne utilisation de la ration ;
- l'ingestion de fortes quantités de betteraves, donc de saccharose doit diminuer le rendement de son utilisation.

Ce dernier point est renforcé par les travaux de Van Es et al. (cité par Demarquilly 1972) qui montrent qu'au-dessus de 5% de la MS totale de la ration, l'énergie digestible du saccharose devient moins bonne que celle de l'amidon. Or, pour ne pas dépasser cette limite, la ration totale ne devrait pas com-

porter plus de 1 à 1,5 kg de MS de betteraves.

En 1982, Godineau proposait plusieurs valeurs UFL des betteraves en fonction des quantités offertes par jour :

- jusqu'à 4 kg de MS : 0,96 UFL,
- entre 4 et 6 kg de MS : 0,90 UFL,
- entre 6 et 8 kg de MS : 0,85 UFL.

Néanmoins, cette sensibilité de la valeur énergétique de la betterave au niveau de consommation fait défaut de connaissances. Elle rappelle à nouveau que son taux d'incorporation dans la ration doit être limité pour éviter sa mauvaise valorisation et des problèmes sanitaires, et confirme la limite de 5 kg de MS par vache et par jour proposée par Vérité et Journet (1973 b) suite à leur étude des effets de quantités élevées de betteraves sur l'ingestion, la production et l'état sanitaire des animaux.

Mais, à partir de 1988, la valeur énergétique des betteraves a été reconsidérée à la hausse, de 1,12 à 1,15 UF, lors de la révision par l'INRA de ses Tables de la valeur nutritive des aliments (INRA, 1988). De plus, les conditions d'utilisation des betteraves ont évolué avec l'augmentation du potentiel de production des vaches laitières, le perfectionnement des techniques d'élevage dans les exploitations laitières : c'est pourquoi trois études récentes (six essais au total), ont été réalisées par l'INRA dans le but de réactualiser les données techniques concernant l'emploi des betteraves fourragères.

La betterave s'y trouve associée à différents fourrages de base : ensilages de maïs et de trèfle violet (Hoden et al., 1988), ensilage d'herbe (Dulphy et al., 1990) et foin.

Dans ces trois études, la valorisation énergétique des betteraves semble conforme aux nouvelles tables : cela confirme que les betteraves sont mieux valorisées que ne le prévoyaient les anciennes tables. Ces résultats tiennent compte de l'assimilation des betteraves à un concentré pour le calcul des inter-

actions entre aliments liées à l'utilisation de l'énergie (Faverdin et al. 1987).

4.2. UNE MAUVAISE UTILISATION DE L'AZOTE

Avec 60 g PDI/UFL, les betteraves sont déficitaires en azote, de sorte qu'une complémentation adaptée sera nécessaire pour une bonne valorisation de la ration de base, d'autant plus que l'on associe la betterave à un aliment également pauvre en azote tel que l'ensilage de maïs.

Les nouvelles tables (INRA, 1988) donnent 53 g PDIN par kg de MS et 88 g PDIE par kg de betteraves fourragères à 19 % de MS, valeurs à prendre en compte pour le calcul de la complémentation des rations comportant des betteraves de ce type.

De plus, en se référant aux essais de Cottyn et Boucque (1970) et ceux de Vérité (1975), on constate que les teneurs en urée du sang et de l'urine des animaux sont élevées. Ceci traduit une rétention azotée médiocre malgré une bonne digestibilité de l'azote des betteraves, que l'apport de concentré ne suffit pas à améliorer significativement.

Les auteurs n'expliquent pas cette mauvaise valorisation de l'azote sinon par l'hypothèse de facteurs limitant l'utilisation de l'ammoniac par les protozoaires et bactéries cellulolytiques du rumen (acide isovalérianique et isobutyrique, oligo-éléments ou acides aminés indispensables). Les études récentes citées précédemment n'apportent pas de réponses à ce problème.

Quoi qu'il en soit, cette mauvaise valorisation azotée occasionne une perte d'azote, une dépense énergétique pour la synthèse de l'urée d'où une augmentation des dépenses d'entretien. On peut donc déconseiller, au vu de ces constatations, l'apport d'azote non protéique (urée) avec les betteraves.

La teneur en matière sèche et la composition chimique de la betterave fourragère, riche en saccharose, pauvre en cellulose brute et en lignine en font un aliment très appétent, très digestible et à haute valeur énergétique. La betterave est en moyenne 1,5 à 1,1 fois plus riche en énergie que d'autres fourrages classiques, tels que les foin et les bons ensilages (herbe, maïs). Elle est déficiente en azote, en minéraux et en vitamines et donc nécessite une complémentation adaptée. Compte tenu de la flore microbienne et des orientations fermentaires qu'elle développe dans le rumen, la betterave fourragère favorise le taux butyreux, mais également le taux protéique grâce aux apports énergétiques supplémentaires qu'elle permet.

Pour valoriser au mieux cet aliment, sa part dans la ration ne devra pas dépasser 5 kg de matière sèche par vache et par jour.

BIBLIOGRAPHIE

- ADBFM (1973). – Journée d'information sur la betterave fourragère : résultats de l'enquête "stérilité bovine" réalisée dans le Finistère en 1969-1970.
- ADBFM (1985). – Aujourd'hui, la betterave fourragère ; compte rendu du colloque du 12 décembre 1985 à Rennes.
- ADBFM (1990). – Variétés de betteraves fourragères monogermes commercialisées en France. Plaquette d'information.
- AERTS (J.V.) et al. (1979). – Composition chimique, digestibilité et valeur alimentaire des betteraves fourragères. In "Revue de l'Agriculture" n° 3, 731-747.
- A LA POINTE DE L'ÉLEVAGE (1988). – La betterave : performances et contraintes. Spécial Bovins, numéro hors série, mars, 15-16.
- AZENOT (1982). – La mécanisation de la betterave fourragère et son coût. ADBFM.
- BEHAEGHE (T.) et al. (1981). – La culture mécanisée des betteraves fourragères : pertes de conservation en betterave fourragère. In "Revue de l'Agriculture" n° 3, 679-692.
- BOSCHER (B.) (1990). – Avec la betterave, de l'énergie pour l'hiver. In "Élevage-Rentabilité" n° 252, février, 16-17.
- BRETON (B.) (1983). – Utilisation de la betterave fourragère dans les exploitations d'élevage. ADBFM. Mémoire de fin d'étude ISAB.
- BREHM (G.) (1975). – Betteraves et pommes de terre dans l'alimentation du porc. ITP, septembre.
- COTTYN et BOUCQUE (1970). – Digestibilité des betteraves riches en matière sèche. In "Revue de l'Agriculture" n° 3, 489-499.
- COULON (J.B.) RÉMOND (B.) (1991). – Réponses de la production et de la composition du lait de vache aux variations d'apports nutritifs. INRA, Prod. Anim. 3, 195-200.
- DE BRABANDER et al. (1974). – Influence spécifique des betteraves fourragères sur l'ingestion chez les vaches laitières (I). In "Revue de l'Agriculture" n° 6, 1479-1491.
- DE BRABANDER et al. (1976). – Influence spécifique des betteraves fourragères sur l'ingestion chez les vaches laitières (II). In "Revue de l'Agriculture" n° 3, 593-606.
- DEMARQUILLY (C.) (1972). – Digestibilité, valeur nutritive et ingestibilité des betteraves de différents teneurs en matière sèche. Ann. Zootech. n° 21, 415-422.
- DONATY (G.) (1987). – La betterave fourragère : une nouvelle culture pour les éleveurs. In "D. Micol ed., Forum Fourrages Auvergne 86", 149-154.
- DULPHY (J.P.), ROUEL (J.), BONY (J.) (1990). – Association de betteraves fourragères à de l'ensilage d'herbe pour vaches laitières. INRA, Prod. Anim. 3, 195-200.
- DULPHY (J.P.), ROUEL (J.), à paraître. – Association de betteraves fourragères riches en matière sèche à du foin pour des vaches laitières. INRA.
- EDE de l'EURE (1978). – Le libre-service betterave. Consommation par les vaches laitières, février.
- EDE de la HAUTE-SAÛNE (1973). – La betterave fourragère, un choix juicieux en zone fromagère. Brochure.
- ENTRAID'OUEST (1989). – Les betteraves se distribuent bien. Valérie Dahm, novembre, 50-51.
- FAUCONNEAU (G.), PION (R.) (1965). – Amino Acid Composition of Proteins of some fodder plants. 9th International grassland Congress. Vol. 1.
- FAVERDI N. et al. (1987). – Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. Bull. Techn. CRZV Theix INRA (70), 133-152.
- FRERE JEAN DE FLAUJAC (1989). – Réflexions sur les coûts des fourrages. In "L'Abreuvoir" n° 136, 27-33.
- FRERE JEAN DE FLAUJAC (1990). – Betterave fourragère : la sécurité du système de production. In "L'Abreuvoir" n° 140, 15-20.
- GIRAUD (1976). – Utilisation des betteraves fourragères, du chou fourrager et des tubercules dans l'alimentation des vaches laitières. Mémoire de fin d'études, ENSA de Montpellier.
- GODINEAU (1982). – La betterave dans l'alimentation de la vache laitière. Journée d'information sur la betterave fourragère. ADBFM. Juin.
- HODEN (1985). – Utilisation de la betterave fourragère par les vaches laitières : principes généraux. In "La betterave fourragère aujourd'hui". ADBFM. Compte rendu du colloque du 12 décembre 1985 à Rennes, 97-103.
- HODEN et al. (1988). – Association de betteraves fourragères à une ration mixte d'ensilage de maïs et de trèfle violet pour vaches laitières. INRA Prod. Anim. 1 (3), 165-169.
- HOLVECK (H.) (1990). – Betterave fourragère, la grande séductrice. In "Production Laitière Moderne" n° 191, 99-101.
- INRA (1978). – Alimentation des ruminants. Ed. INRA.
- INRA (1978). – Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. R. Jarrige ; INRA Publications, route de Saint-Cyr, 78000 Versailles.
- ITEB, EDE de HAUTE-SAÛNE (1979). – Utilisation des betteraves par les vaches laitières en quantité élevée. Publication ITEB.
- ITEB, ITG (1977). – Amélioration de la production fourragère et qualité de l'emmental en zone traditionnelle. Journées d'information, Dijon, 2-3 mars. Publication ITEB.
- JANS (F.) (1983). – Importance des betteraves fourragères dans la ration des vaches laitières. In "La tache rouge du Simmental" n° 6, 50-54.
- JARRIGE (R.) et FAUCONNEAU (G.) (1973). – Les constituants glucidiques et azotés des racines de betteraves de différents types. Ann. Biol. Biophys. n° 13, 141-146.
- KEROUANTON (J.) (1985). – Betteraves et ensilage d'herbe dans l'alimentation des vaches laitières. In "La betterave fourragère aujourd'hui". ADBFM, Colloque du 12 décembre 1985 à Rennes.
- KEROUANTON (J.) (1988). – Spécial Bovins. N° hors-série. A la pointe de l'élevage. Mars.

- LEBRUN (V.) (1974). – La betterave fourragère. EDE de l'EURE.
- PRODUCTION LAITIÈRE MODERNE (1988). – Betteraves, une solution pour mécaniser la distribution. Gobin B. n° 173, 156-157.
- PRODUCTION LAITIÈRE MODERNE (1989). – Dix stalles pour la distribution automatique des betteraves à l'élevage Graversen. Devisme J. n° 178, 113-115.
- RERAT, HENRY (1965). – Utilisation de la betterave "Danoise" dans l'alimentation du porc en croissance (III). In "Annales Zootechniques" n° 14.
- RÉUSSIR Lait/Élevage (1990). – Betterave, distribuer sans peine, dossier J.P. Gabet, n° 12, 31-46.
- RICHEWAERT (1981). – Maïs, betterave fourragère ou herbe Que Choisir pour l'alimentation des vaches laitières. CETA de Flandres intérieures. Avril.
- ROBERTS (D.J.) (1987). – The effects of feeding fodder beet to dairy cows offered silage ad libitum - Grass and Forage Science n° 42, 391-395 (UK).
- SAUVANT (1976). – Métabolisme glucidique du rumen. In "Dossiers de l'élevage", n° 2.
- SOLTNER (D.) (1988). – Les grandes productions végétales, 16^e édition. Ed. Collection Sciences et techniques agricoles, "Le Clos Lorelle", Sainte-Gemmes-sur-Loire, 49000 Angers.
- SJAD 29 et EDE 29 (1985). – Betteraves fourragère, enseignements à tirer après trois années d'observations. In "A la pointe de l'élevage". Février, 8-11.
- TOUZE, HARIVEL (1981). – Le libre-service betterave. EDE de l'Orne.
- VÉRITÉ (R.) (1975). – Utilisation comparée pour la production de lait de trois rations à base de betteraves, de pulpes de betteraves ou d'ensilage de maïs. In "Annales zootechniques" n° 24, 373-390.
- VÉRITÉ (R.), JOURNET (M.) (1973 a). – Etude "in vitro" de la protéolyse et de la protéosynthèse dans le rumen. In "Annales de biologie animale. Zoochimie, biophysique" n° 4.
- VÉRITÉ (R.), JOURNET (M.) (1973 b). – Utilisation de quantités élevées de betteraves par les vaches laitières : étude de l'ingestion, de la digestion et des effets sur la production. Ann. Zootech. n° 2, 219-235.

RÉSUMÉ

1^{re} partie : Composition chimique, digestibilité et valeur nutritive des betteraves fourragères

I La composition chimique et la conservation des betteraves

- 1.1. Les teneurs en matière sèche*
- 1.2. Le principal constituant des betteraves : les glucides*
- 1.3. Les constituants azotés : beaucoup d'azote soluble*
- 1.4. Une faible teneur en matières minérales*
- 1.5. Deux facteurs de conservation de la betterave : la durée d'utilisation et le mode de décolletage*

II La digestion des betteraves et l'absorption des nutriments

- 2.1. Une flore microbienne spécifique*
- 2.2. Les produits terminaux de la digestion, une forte concentration en ammoniac et en acide butyrique*
- 2.3. Le métabolisme des nutriments*
- 2.4. Diminution des durées d'ingestion et de rumination*
- 2.5. Conséquences zootechniques*

III La digestibilité des constituants des betteraves

- 3.1. Une digestibilité élevée de la matière sèche*
- 3.2. Les matières azotées : une digestibilité variable*
- 3.3. La digestibilité associative négative*

IV La valeur nutritive des betteraves

- 4.1. Une très bonne valeur énergétique*
- 4.2. Une mauvaise utilisation de l'azote*

Mots-clés : bovins, alimentation, betteraves, glucides, digestibilité, valeur nutritive.

SUMMARY

First part : Chemical composition, digestibility and nutritional value of fodder beets

I Chemical composition and conservation of fodder beets

- 1.1. Dry matter content*
- 1.2. Major compound of fodder beets : carbohydrates*
- 1.3. Nitrogenic compounds = a majority of soluble nitrogen*
- 1.4. A low content in minerals*
- 1.5. 2 factors for the conservation of beets = duration of use and way of cutting*

II Digestion of fodder beets and nutrients absorption

- 2.1. A specific microbial flora*
- 2.2. Final products from digestion = a high concentration in ammonia and butyric acid*
- 2.3. Nutrients metabolism*
- 2.4. Decrease in the duration of ingestion and rumination*
- 2.5. Zootechnical consequences*

III Digestibility of the compounds of fodder beets

- 3.1. High digestibility of the dry matter*
- 3.2. Variable digestibility of the nitrogenic matter*
- 3.3. Negative associating digestibility*

IV Nutritional value of fodder beets

- 4.1. A satisfying energetic value*
- 4.2. A poor use of nitrogen*

Mots-clés : bovine, feeding, fodder beet, carbohydrates, digestibility, nutritional value.

RESUMEN

1^a Parte : Composición química, digestibilidad y valor nutritivo de las remolachas forrajeras

I Composición química y conservación de las remolachas

- 1.1. Contenidos de materia seca*
- 1.2. Principal constituyente de las remolachas : los glucidos*
- 1.3. Constituyentes nitrogenados : mucho nitrógeno soluble*
- 1.4. Escaso contenido de materias minerales*
- 1.5. Dos factores de conservación de la remolacha : la duración de uso y la forma de descoronado*

II Digestión de las remolachas y absorción de nutrimentos

- 2.1. Flora microbiana específica*
- 2.2. Productos terminales de la digestión, fuerte concentración de amoniac y ácido butírico*
- 2.3. Metabolismo de nutrimentos*
- 2.4. Disminución de las duraciones de ingestión y rumia*
- 2.5. Consecuencias zootécnicas*

III Digestibilidad de los constituyentes de remolachas

- 3.1. Digestibilidad elevada de la materia seca*
- 3.2. Materias nitrogenadas : digestibilidad variable*
- 3.3. Digestibilidad asociativa negativa*

IV Valor nutritivo de las remolachas

- 4.1. Buen valor energético*
- 4.2. Mal uso del nitrógeno*

Palabras clave : ???