HAL open science

Quelles spécifications pour les rations complètes des ruminants laitiers

Daniel Sauvant, Sylvie Giger

▶ **To cite this version:**

Daniel Sauvant, Sylvie Giger. Quelles spécifications pour les rations complètes des ruminants laitiers. Bulletin Technique, Centre de Recherches Zootechniques et Vétérinaires de Theix, 1984, 58, pp.59-66. hal-01869873

HAL Id: hal-01869873

https://hal.science/hal-01869873v1

Submitted on 6 Sep 2018

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.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1984 (58) 59-66

Quelles spécifications pour les rations complètes des ruminants laitiers ? (1)

D. SAUVANT, S. GIGER

INA PG, Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zootechnie
16, rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05

Les principes et méthodes classiquement utilisés pour déterminer ou corriger les régimes alimentaires des ruminants ne s'appliquent pas directement dans le cadre de l'emploi des rations complètes. Dans ce contexte, la démarche à suivre s'apparente à celle qui est couramment appliquée pour les monogastriques, à savoir :

- d'une part, une caractérisation du kg de matière sèche de la ration à l'aide des composantes de sa valeur nutritive ou de certaines spécifications de composition ou d'incorporation des aliments à respecter ;
- d'autre part, l'emploi d'un modèle de prédiction de la quantité la plus probable de matière sèche totale ingérée.

Cette communication est consacrée à l'indication d'un certain nombre d'éléments de choix d'un modèle moyen d'investigation de matière sèche et à passer en revue les différentes spécifications proposées, en France ou à l'étranger, à propos des rations complètes destinées à des vaches laitières.

I. Les modèles et systèmes d'ingestion à appliquer

Pour les monogastriques, les spécifications de la ration s'appuient sur des lois qui décrivent le niveau d'ingestion le plus probable de la matière sèche par les animaux. Différentes lois sont utilisées afin d'intégrer les principales causes de variation (densité énergétique, génotype, température, rationnement...), une fois que les effets liés au poids ou au niveau de production ont été pris en compte.

Dans le cas des ruminants, le problème est plus complexe dans la mesure où l'ingestion dépend de deux modes de régulation de l'appétit et où il y a existence de phénomènes de substitution entre les aliments concentrés et grossiers.

Le système des unités d'encombrement (U.E.) représente un potentiel de progrès important pour le rationnement des ruminants puisqu'il permet en particulier d'intégrer :

. les différences d'ingestibilité des aliments,
. les substitutions entre aliments concentrés et grossiers.

Le système des U.E. ne semble cependant pas être totalement adapté au contexte des rations complètes dans la mesure où les proportions des fourrages et des aliments concentrés ne sont classiquement pas déterminées dans ces rations en intégrant des phénomènes de substitution. Cependant, dans la mesure où le système des U.E. maximise la proportion des fourrages dans la ration, il peut être utilisé si le critère essentiel de décision correspond à ce choix (2). Dans le cas où il y a plusieurs fourrages, ils se substituent selon le rapport de leurs valeurs d'encombrement : en outre, dans cette situation, la détermination de la valeur des U.E. des aliments concentrés n'est pas évidente.

Compte tenu de ces limites, il peut être utile, dans un premier temps, de s'appuyer sur des lois moyennes d'ingestion de matière sèche observées pour des vaches ingérant des rations mixtes. De nombreuses observations expérimentales et modèles de prévision ont été décrits par différents auteurs. En pratique, deux situations doivent être distinguées pour l'application de ces modèles.

(1) Texte présenté au C.A.A.A. (Cycle Approfondi d'Alimentation Animale : « Pour ou contre les rations complètes » du 19 avril 1984.

(2) Ce critère de maximisation des fourrages produits n'est, par exemple, pas évident dans un contexte d'emploi de sous-produits locaux.

. La pleine lactation et la phase de tarissement

La figure 1 traduit l'application de différents modèles d'ingestion proposés pour des vaches de 600 kg de poids vif en milieu de lactation. Ces lois approximativement linéaires sont assez variables d'une référence à l'autre puisque plus de 3 kg de MSI/j peuvent les séparer pour un niveau de production donné.

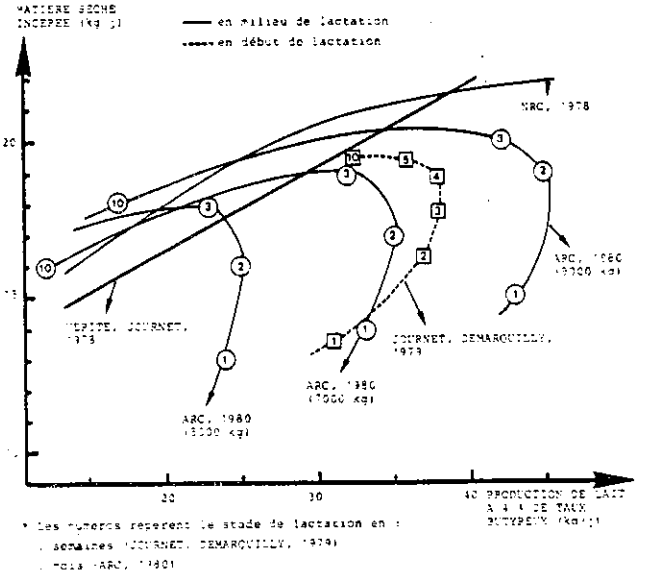


FIG. 1 : *Relation entre la production laitière et la quantité de matière sèche ingérée par la vache laitière*

. Le début de la lactation

A cette période, il est connu que la capacité d'ingestion est limitée par rapport aux besoins (INRA, 1978), ce qui a pour conséquence d'induire une sous-alimentation et des bilans nutritifs négatifs (fig. 2). A ce moment, les lois précédemment évoquées ne s'appliquent pas et une infinité d'abaques peut être proposée (INRA, ARC...) en fonction du stade de lactation et du niveau de production (fig. 1).

L'approche de la détermination ou de l'estimation de l'ingestion à partir de l'emploi d'abaques nous semble être plus précise que les propositions moyennes effectuées comme, par exemple, en Grande-Bretagne (tabl. 1) et en Israël (tabl. 2) pour les rations complètes. Cependant, la précision demeure très limitée et ces modèles supposent que, mis à part le début de la lactation, les concentrations énergétiques et azotées sont suffisantes pour couvrir les besoins des animaux (entretien, production, gain de poids de «récupération»).

On peut penser utiliser des modèles de prévision plus sophistiqués intégrant à la fois des paramètres liés à l'animal (capacité d'ingestion) et à la ration (ingestibilité). Ainsi, BROWN et CHANDLER (1976) ont proposé une équation de prévision de la matière sèche ingérée (MSI) intégrant non seulement le poids vif, la production et la composition du lait mais également la teneur en cellulose brute de la ration ; dans ce modèle, les teneurs en protéines brutes et concentré n'ont pas été prises en compte. L'intérêt pratique d'un tel modèle dépend essentiellement de la représentativité des données expérimentales utilisées pour l'établir.

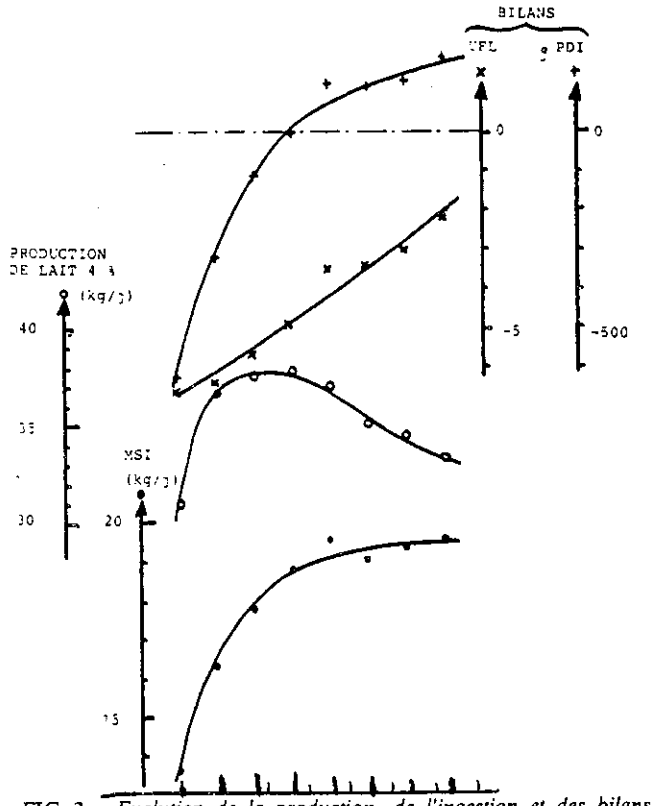


FIG. 2 : *Evolution de la production, de l'ingestion et des bilans nutritifs chez des fortes productrices en début de lactation* (JOURNET, DEMARQUILLY, 1979)

TABLEAU 1

Spécifications moyennes recommandées en Grande-Bretagne pour les rations complètes de vaches laitières

	TARISSEMENT	STADE DE LACTATION		
		DEBUT	MILIEU	FIN
JOURS		0-100	100-200	200-305
MATIERE SECHE INGEREE (kg/j)	11	19	16.5	13.5
PRODUCTION MOYENNE DE LAIT A 4 % (kg/j) (ET EXTREMES)	0	30 (25-35)	20 (15-25)	10 (7-15)
CONCENTRATION EN ENERGIE DE LA RATION (UFL/MSI) (1)	0.75	0.95	0.90	0.81
TAUX AZOTE DE LA RATION (N x 6.25 % MSI)	12	16	14	12
PROPORTION DE FOURRAGES + PAILLE (2)	80-90	35-45	55-65	70-80

(1) Valeurs calculées sur la base des teneurs en énergie métabolisable ingérées

(2) Minimum recommandé en quantité : 6 kg MSI/j

TABLEAU 2

Spécifications appliquées en Israël pour des rations complètes de vaches laitières (AMIR, 1979)

	NIVEAU DE PRODUCTION (kg/j)			
	0	<20	20 à 30	30 à 40
MATIERE SECHE INGEREE PROBABLE (kg/j)	13.0	18.0	20.0	21.0
TAUX AZOTE (N x 6.25 % MSI)	8.5	14.0	15.0	16.0
UFL/KG MS	0.64	0.93	0.93	1.04
CELLULOSE BRUTE (% MS)	15	14-18	14-18	14-17
Ca (g/kg MS)	3.6	4.7	4.7	5.3
P (g/kg MS)	3.0	3.3	3.5	3.9

Ces rations comprennent au moins 30 % de matière sèche de fourrages

II . Les principales spécifications des rations complètes

A. de valeur nutritive

1. L'énergie

En France, l'alimentation énergétique des animaux ruminants se raisonne en UFL et UFV (INRA, 1978). Sur la base des niveaux moyens d'ingestion de matière sèche proposée par VERITE *et al.* (1978), la concentration recommandée en énergie de la ration des vaches laitières varie en fonction du niveau de production de lait selon les modalités suivantes (fig. 3) :

- de 0,52 à 0,58 UFL / kg MS jusqu'à 5 kg de lait,
- selon le modèle suivant fonction de la production de lait à 4 p.100 (PL 4)

$$\frac{UFL}{MS} = 0{,}522 + 0{,}016\ PL4 \text{ entre 5 et 25 kg de lait}$$

- 0,93 UFL / MS au-dessus de 28 kg de lait.

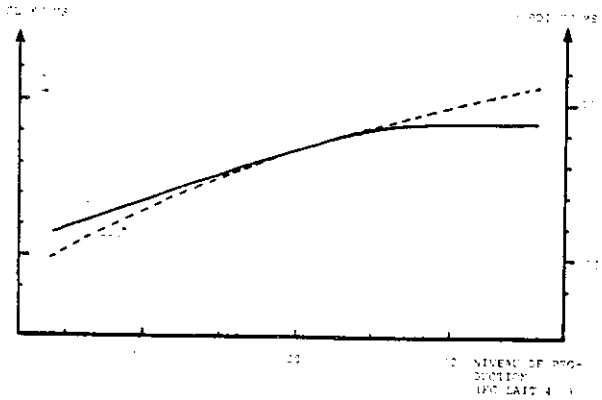


FIG. 3 : *Recommandations moyennes de concentration en énergie (UFL) et protéines (PDI) de la matière sèche des rations des vaches laitières* (INRA, 1978)

Ces recommandations semblent intégrer de façon satisfaisante l'existence du déficit énergétique du démarrage de la lactation et de la phase ultérieure de reconstitution des réserves corporelles. Ainsi, pour les 21 vaches hautes productrices citées par JOURNET et DEMARQUILLY (1979) (fig. 2) la concentration énergétique *théorique* de la ration varie largement au démarrage de la lactation (fig. 4). Par contre, si le déficit énergétique le plus probable est pris en compte (fig. 2) la concentration énergétique pratique devient constante, de l'ordre de 0,91 UFL / MS (fig. 4).

2. Les protéines

a) Le système PDI

En France l'alimentation azotée des animaux ruminants se raisonne à l'aide des PDI (INRA, 1978). Sur la base des niveaux moyens d'ingestion de matière sèche, *la concentration en PDI* de la matière sèche de la ration des vaches laitières (fig. 3) varie entre 5 et 30-35 kg de lait à 4 p.100 (PL4) selon le modèle (VERITE et *al.*, 1978) :

PDI = 49,3 + 1,65 PL4.

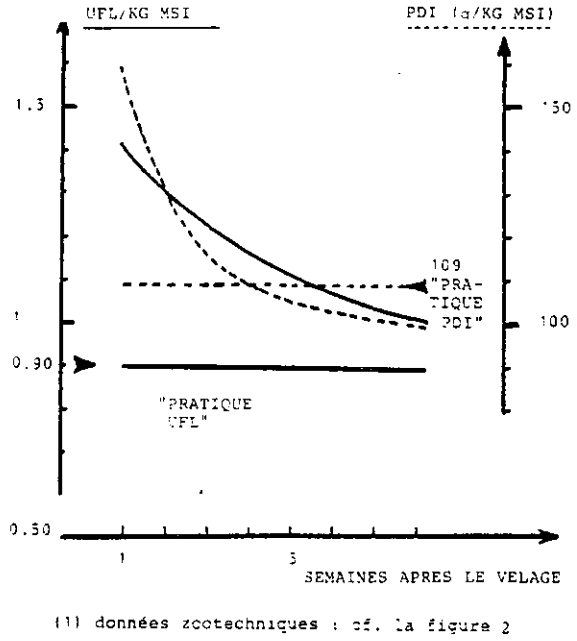


FIG. 4 : *Evolution de la concentration « théorique » et « pratique » en UFL et PDI de la ration de vache laitière* (JOURNET, DEMARQUILLY, 1979)

Au démarrage de la lactation, il convient de ne pas excéder un déficit PDI cumulé supérieur à 10 kg / animal (250 g / j en 6 semaines) sous peine de casser les courbes de production (VERITE *et al.*, 1983). A cette période le besoin *PDI théorique* / kg MS est plus élevé que celui indiqué par l'équation ci-dessus (fig. 4). Si on intègre un déficit PDI proche de la limite précédente (fig. 2) la teneur en PDI de la ration demeure constante, de l'ordre de 109 g PDI / kg MSI, valeur correspondant à une production d'environ 36 kg de lait par l'équation ci-dessus.

Outre le respect des concentrations minimales en PDI évoquées ci-dessus, il convient également de tenir compte de la valeur du rapport $\frac{PDIE - PDIN}{UFL}$ de la ration, ce rapport devant avoir une valeur inférieure à 12 g et si possible être nulle au démarrage et en milieu de la lactation (VERITE, 1983). Cette recommandation est spécifique du système PDI et permet d'assurer un apport suffisant d'N fermentescible dans le régime. Dans certains pays étrangers, la solubilité de l'azote de la ration est parfois utilisée pour évaluer les parts respectives des grandes voies de la digestion de l'azote. Cette contrainte isolée est insuffisante dans la mesure où elle n'est pas associée à la valeur énergétique de la ration considérée.

b) La signification du taux de matières azotées

La valeur azotée de la ration est encore parfois appréciée uniquement par sa teneur en matières azotées (N × 6,25). Le tableau 3 indique, à titre d'exemple, les taux azotés recommandés pour différentes catégories de bovins aux Etats-Unis. Pour les vaches laitières, le taux azoté proposé varie entre 11 et 16 p.100 selon le niveau de production et est inférieur aux recommandations de la Grande-Bretagne (tabl. 1).

TABLEAU 3

Recommandations proposées aux Etats-Unis pour différentes catégories de bovins

	ENERGIE (UFL/kg MS)	N x 6.25 (% MS)	Ca (g/kg MS)	P (g/kg MS)	Mg (g/kg MS)
VACHE TARIE	0.78	11.0	3.7	2.6	1.6
VACHE (PL>14)	0.82	13.0	4.3	3.1	2.0
VACHE (11<PL<21)	0.88	14.0	4.8	3.4	2.0
VACHE (21<PL<29)	0.94	15.0	5.4	3.8	2.0
VACHE (>29)	0.99	16.0	5.6	4.0	2.0
BOVINS EN CROISSANCE	(2)	12.0	4.0	2.6	1.6
BOVINS EN ENGRAISSEMENT	(2)	8.5	2.4	1.6	1.6

(1) Les vaches sont supposées peser 600 kg de poids vif

(2) Valeurs énergétiques du système LOFGREEN et GARRETT, non convertibles directement.

TABLEAU 4

Comparaison de différentes recommandations d'apport azoté chez des vaches laitières à fort potentiel (1)
(cité par JOURNET et coll., 1983)

SYSTEME	KG DE PROTEINES BRUTES/JOUR	PROTEINES BRUTES (% M.S.I.)
MAD (NRC - ETATS-UNIS)	3.55	16.9
MAD (EUROPE)	3.38 à 3.67	16.1 à 17.5
ARC (GRANDE-BRETAGNE) (1980)	2.85	13.6
BURROUGH et coll. (1975)	2.10	10.0
PDI (INRA 1978)	3.30	15.7
SATTER-ROFFLER (1975)	3.07	14.6
DANEMARK (2)	3.60	17.2
ALLEMAGNE (2)	3.20	15.3
PENNSYLVANIE (2)	3.10	14.8
SUISSE (2)	3.00	14.2

(1) Vaches de 625 kg de P.V., produisant 35 kg de lait 4 % et ingérant 21 kg MS

(2) Systèmes récents, comparaison de WALDO et GLENN, 1982

De nombreux travaux ont tenté d'évaluer le taux azoté recommandé optimal des vaches laitières. CLARK et DAVIS (1980) ont réalisé une synthèse démontrant l'intérêt d'atteindre un taux azoté de 18 p.100 au démarrage de la lactation. D'autre part, récemment, JOURNET *et al.* (1983) ont réalisé une synthèse de la bibliographie et de leurs travaux ; leurs conclusions vont dans le même sens que celles des auteurs précédents (fig. 5). JOURNET *et al.* (1983) ont également montré que les différents systèmes proposés actuellement pouvaient aboutir à des recommandations très différentes de taux azoté pour un même type d'animal (tabl. 4) : le raisonnement de l'apport azoté cantonné à la connaissance du taux azoté de la ration manque de précision par rapport aux possibilités actuellement permises par le système PDI.

3. Les lipides

Cette contrainte a été assez rarement proposée dans la bibliographie. La teneur recommandée en extrait éthéré varie entre 0,5 et 1 p.100 de la MS de la ration.

4. Les minéraux et les vitamines

Pour ces éléments, les recommandations classiques s'appliquent sans problème puisqu'elles sont habituellement exprimées par kilogramme de matière sèche de la ration. Les différentes teneurs proposées sont indiquées et justifiées dans « *L'Alimentation des Ruminants* » (INRA, 1978) et dans l'article de BOUCHET et GUEGUEN (1983).

5. La teneur en matière sèche

D'après RICKABY (1979), la teneur en matière sèche des rations complètes doit être supérieure à 40 p.100 sous peine de modifier les fermentations ruminales et de diminuer l'ingestion de matière sèche.

B. De composition glucidique

1. Les constituants pariétaux

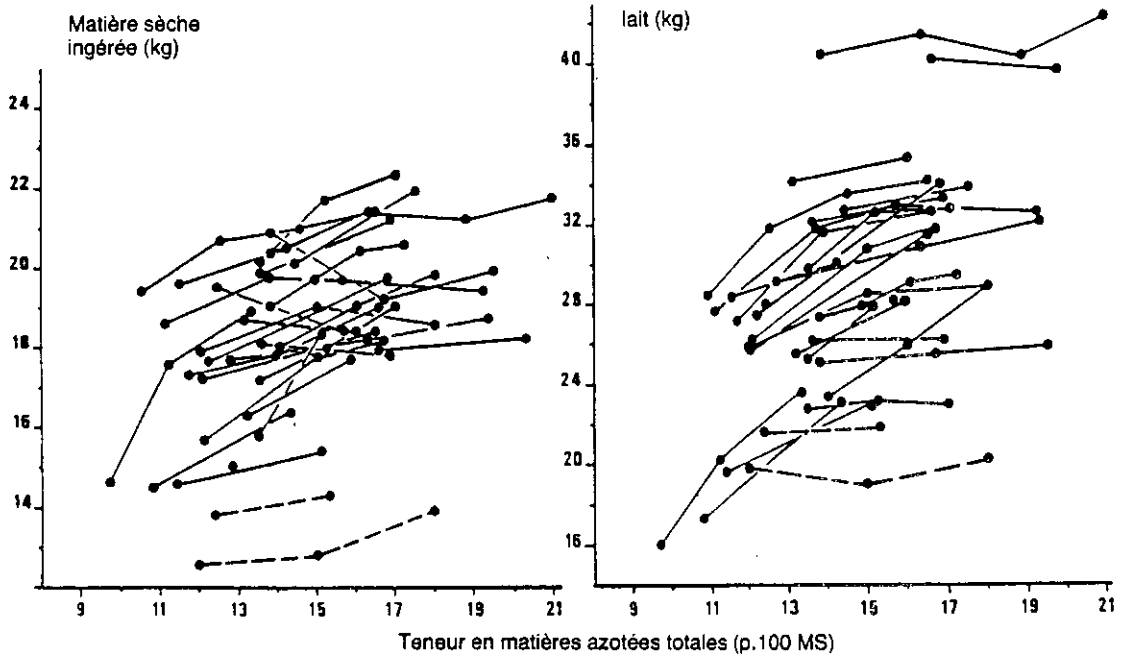
a) Valeurs proposées

La présence d'une spécification relative à la teneur en constituants pariétaux est assez systématique dans la définition et l'emploi des rations complètes. La caractéristique la plus fréquemment évoquée est la teneur en cellulose brute de la ration. Différents minima ont été proposés, par exemple :

. 13 - 14 p.100 par KESSLER et SPAHR (1964)
. 14 p.100 par AMIR (1979) dans le contexte israélien
. 16 p.100 par l'ADAS-ARC (Grande-Bretagne)
. 17 p.100 pour le NRC (U.S.A.).

Des informations plus précises sont parfois fournies sur les teneurs minimales recommandées en cellulose brute. Ainsi, des variations de quelques points sont parfois proposées en fonction du niveau de production des animaux (tabl. 2) ou selon la qualité du fourrage. Par exemple, lorsque la proportion de fourrages de bonne qualité est importante la proportion de cellulose brute peut atteindre 18 p.100 de la MS (AMIR, 1979). Cependant, cet auteur indique qu'en pareille situation, il convient de maintenir au moins 8 à 9 p.100 MS de cellulose brute de fourrage sous peine de faire chuter le taux butyreux (résultats d'une enquête réalisée sur des animaux produisant 36,9 kg lait/jour au moment de la saisie des informations).

Dans la mesure où la teneur en constituants pariétaux est corrélée à des valeurs d'ingestion et de teneur en énergie de ration, il est judicieux de chercher à associer ces trois paramètres au sein d'un même modèle. Dans ce but, CHANDLER et WALKER (1972) ont proposé trois ensembles de valeur de teneur en cellulose brute dans la ration de vaches laitières dans leur modèle de formulation entre 14 et 24 p.100. Ces valeurs sont déterminées en relation avec l'ingestion de matière sèche et la satisfaction des besoins énergétiques.



BARNEY *et al.*, 1981 ; CLAY *et al.*, 1978 ; CLAY and SATTER 1979 ; CLAYPOOL *et al.*, 1980 ; COWAN *et al.*, 1981 ; FOLDAGER and HUBER 1979 ; FOLMAN *et al.*, 1981 ; GRIEVE *et al.*, 1974 ; HOLTER *et al.*, 1982 ; KWAN *et al.*, 1977 ; LUNDQUIST *et al.*, 1981 ; MURDOCK and HODESON 1979 ; POOS *et al.*, 1979 ; ROFFLER *et al.*, 1978 ; ROFFLER and THACKER 1983 ; STOKES *et al.*, 1981 ; VAN HORN *et al.*, 1976 ; VERITE *et al.*, 1982 ; WOHLT *et al.*, 1978.

FIG. 5 : *Influence du taux azoté de la ration sur les quantités de matière sèche ingérée et de lait produit chez la vache laitière en début de lactation* (Synthèse de JOURNET *et al.*, 1983)

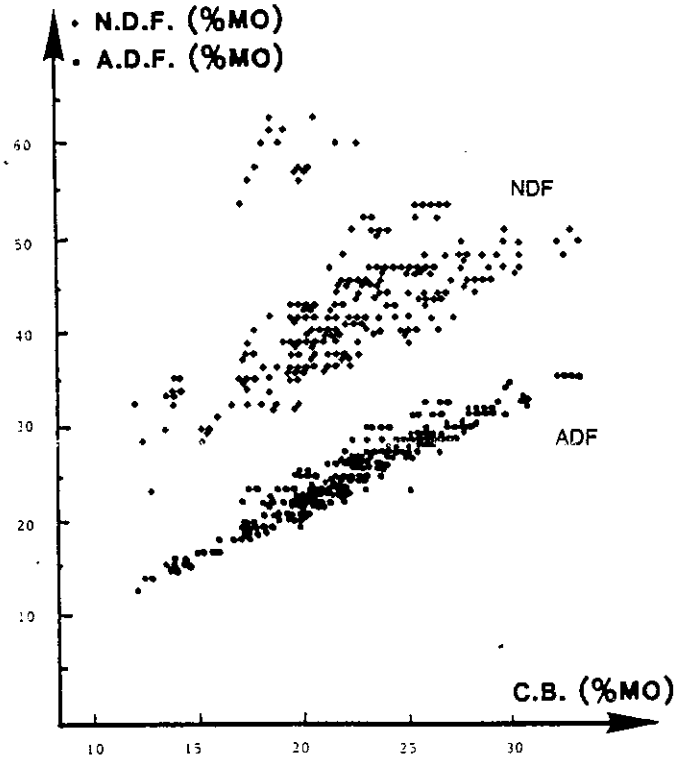


FIG. 6 : *Relations entre les teneurs en N.D.F., A.D.F. et cellulose brute de 216 rations mixtes offertes à des chèvres laitières* (GIGER, SAUVANT, DORLEANS, n.p.)

(1) NDF = fibre insoluble au détergent neutre qui correspond approximativement à la paroi végétale

ADF = fibre insoluble au détergent acide qui correspond approximativement à la lignocellulose.

Les spécifications de teneur en fibre sont parfois indiquées par les teneurs en résidus NDF et ADF de VAN SOEST (1). Ainsi, l'ARC recommande de respecter un minimum de 17 p.100 de cellulose brute ou bien 21 p.100 d'ADF dans la ration, ces deux valeurs sont équivalentes d'après nos observations (fig. 6). Par ailleurs, pour MERTENS (1980), le NDF pourrait être un bon indice d'évaluation de la « fibrosité » ; l'optimum semblant se situer vers 38 p.100 MS pour les vaches laitières. Par contre, LOFGREEN et WARNER (1970) ont estimé que les teneurs en cellulose brute ou ADF des rations constituaient un meilleur indice que le NDF pour éviter les chutes de taux butyreux. D'autre part, sur la base des rations mixtes étudiées au Laboratoire, la relation entre les teneurs en cellulose brute et ADF est étroite alors que la relation entre cellulose brute et NDF est beaucoup plus « lâche » (fig. 6).

b) Signification

Considérées à travers différents résultats expérimentaux, dont les nôtres, ces valeurs limites minimales semblent être difficiles à définir et justifier d'une façon précise bien que différentes « vertus » soient attribuées à ce minimum de teneur en fibre. Le tableau 5 indique, à titre d'exemple, les plages de variation des teneurs en constituants pariétaux mesurées dans des rations mixtes de qualité adaptée aux besoins des animaux. Il parait utile de rappeler les « vertus » des parois et d'en apprécier les limites lorsqu'on cherche à les prédire à partir d'une teneur donnée :

. *assurer un apport suffisant d'indigestible*, c'est-à-dire de volume de bol indispensable à une bonne motricité du tube digestif. Il n'y a cependant pas une relation étroite entre, par exemple, la teneur en paroi et paroi indigestible des aliments (cf. ci-après) ;

. *assurer un apport suffisant de paroi végétale digestible* de manière à garantir un faciès correct des fermentations ruminales. Il n'y a cependant pas de relation étroite entre les teneurs en paroi et paroi digestible des aliments,

. *limiter, dans certaines situations, la valeur énergétique de la ration* pour éviter une surconsommation d'énergie. La figure 7 montre, à partir d'un ensemble assez diversifié de rations mixtes, que la digestibilité mesurée *in vivo* de ces rations était susceptible de varier largement pour une même teneur en cellulose brute (S. GIGER, D. SAUVANT, M. DORLEANS, non publié). Des observations comparables peuvent être faites pour les teneurs en résidus ADF et NDF ;

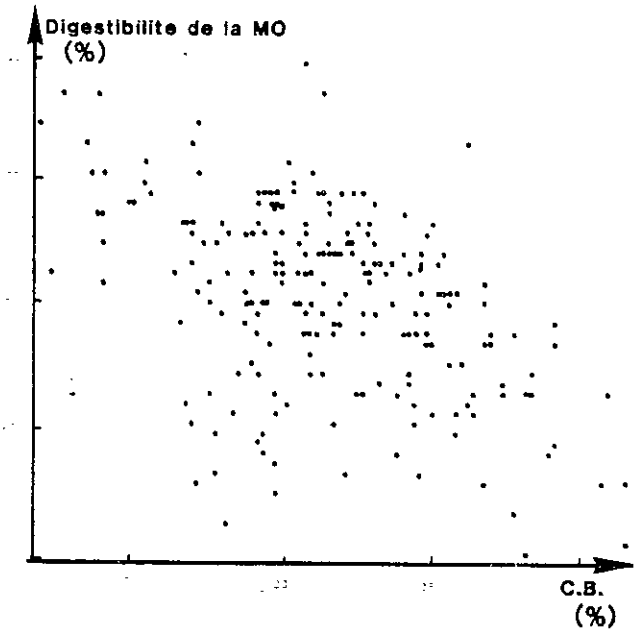


FIG. 7 : *Relation entre la teneur en cellulose brute et la digestibilité de la matière organique de 216 rations mixtes offertes à des chèvres laitières* (GIGER, SAUVANT, DORLEANS,) n.p.)

. *éviter un excès de glucides facilement fermentescibles* (cf. plus loin),

. *assurer indirectement un apport minimal de fourrages* (cf. plus loin).

Ces différentes incertitudes montrent qu'il est nécessaire de chercher à préciser le mode d'expression et la signification des spécifications de minimum de teneurs en constituants pariétaux des rations mixtes et complètes. Dans un premier temps, une partition entre les teneurs en fibre potentiellement digestible et indigestible, détermination par la méthode des sachets de nylon (SAUVANT *et al.* 1983) permettrait vraisemblablement de raisonner de façon plus précise et objective.

2. *Les glucides facilement dégradables*

Une proportion trop importante de glucides très facilement dégradables (sucres solubles, certains amidons) dans la panse est susceptible d'induire différents problèmes d'ordre zootechnique (interaction digestive, modifications des fermentations ruminales en faveur de l'acide propionique, chute de taux butyreux...) ou pathologique (acidose latente ou aïgue, ruminite...). Il est donc logique de chercher à éviter l'excès de ce type de composés. Ainsi, DE VISSER (1981) a montré, en faisant varier la teneur en amidon + sucre d'un aliment complémentaire apporté en quantité importante (≃2/3 de la MSI) que des problèmes apparaissaient lorsque la teneur en amidon + sucre *de la ration* excédait environ 20 p.100 de la MS.

Il serait judicieux de poursuivre les études dans cette voie car ce critère est potentiellement un prédicteur intéressant de risques non négligeables en pratique. En raison du coût élevé de ces dosages, il serait pensable d'utiliser la valeur NDS-MAT qui est, dans l'ensemble, très corrélée à la teneur en amidon + sucre des aliments. Pour les 216 rations mixtes que nous avons étudiées, la teneur moyenne en NDS-MAT a été d'environ 45 p.100 pour des rations foin de luzerne + aliment concentré riche en paroi végétale digestible et 55 p.100 pour des rations ensilage de maïs + aliment concentré riche en céréales.

C. De taille de particules

De nombreux travaux ont démontré les inconvénients associés à l'ingestion d'une ration de texture insuffisante chez le ruminant. Citons en particulier :

. l'absence d'insalivation et de rumination suffisante,
. l'engraissement excessif et la chute de taux butyreux,
. acidose et ruminite,
. abcès hépatiques,
. etc...

Pour ces raisons, il est important d'assurer un minimum de fibrosité à des rations complètes. Les teneurs en constituants pariétaux sont parfois proposées pour apprécier la proportion de fourrage. En fait, il serait facile de montrer la faible relation associant les teneurs en cellulose brute et particules de grande taille des différentes rations complètes (fig. 8).

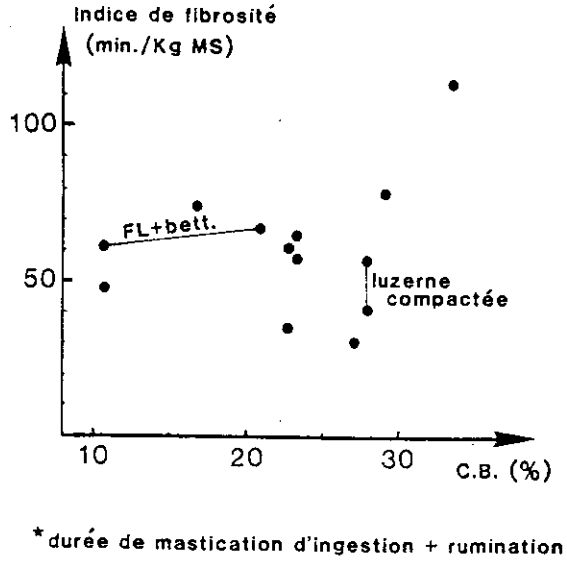


FIG. 8 : *Relation entre la teneur en cellulose brute de fourrages ou de rations et l'indice de fibrosité * chez la vache laitière* (REMOND, 1978)

Le plus simple est d'inclure un minimum de fourrages dans une ration complète. En Grande-Bretagne (ADAS-ARC), un minimum de 35 p.100 de la MS doit être apportée par le fourrage, la proportion recommandée variant en fait selon le stade de production (tabl. 1). Ce type de contrainte est systématiquement rencontré pour les rations complètes. En outre, ce problème prend deux dimensions et se complique lorsque l'on cherche à tenir compte de la proportion de concentré et de la taille des particules. Ainsi, LIEBENBERG (1979) a montré l'interaction entre ces deux paramètres : plus la ration est riche en concentré et moins il est intéressant d'accroître la finesse du broyage d'une ration complète.

Les approches les plus courantes qui intègrent les proportions minimales de fourrages ne font pas de distinction entre différents types de fourrages et même selon la teneur en fibre de l'aliment concentré. Pour progresser par rapport à cette situation, AMIR (1979) a attribué des coefficients (1pour des fourrages à part entière, 0,5 pour des pulpes de betteraves...) permettant de tenir approximativement compte des textures différentes des aliments.

Ce sont peut-être les études de comportement alimentaire qui permettront de réaliser le plus de progrès dans le domaine de l'évaluation de la fibrosité. Ainsi, BALCH (1971) a observé que la durée de mastication reflétait des propriétés de texture physique du régime. Il a proposé en conséquence un *index de fourrage* comme attribut d'un aliment en calcul de ration. Cet index est exprimé en minutes de mastication (ingestion et de rumination) par kg de MS de l'aliment. Récemment, SUDWEEKS *et al.* (1981) ont proposé, sur la base de ce principe et de résultats expérimentaux obtenus sur des bœufs de race laitière proche de l'entretien, un « indice de fibrosité » (Roughage value index) exprimé en minutes de mastication + rumination / kg MS. La figure 9 indique des valeurs de cet indice pour différents aliments courants. A partir des résultats rassemblés, ces auteurs ont cherché à expliquer les variations de cet indice de fibrosité (IF) :

$$IF = 10{,}86 + 21{,}59\ TP - 1{,}91\ MSI + 0{,}541\ NDF$$

avec : TP : taille moyenne des particules (mm)
MSI : matière sèche ingérée (kg / j)
NDF : NDF en p.100 MS.

La valeur de l'indice peut être calculée pour des niveaux d'ingestions (MSI) différentes de l'entretien :

$$IF = \frac{130 + 47{,}22\ MSI}{MSI}$$

Pour pouvoir utiliser ce concept comme unité dans la formulation des régimes alimentaires, il convient de définir les besoins correspondants. Sur la base de quelques observations, SUDWEEKS *et al.* (1981) proposent un IF minimum d'environ 31 pour ne pas faire chuter le TB en-dessous de 3,5 p.100 et d'environ 50 pour assurer un TB maximum (fig. 9).

L'utilisation des résultats obtenus sur un type d'animal pour d'autre doit cependant être effectuée avec beaucoup de précaution. En effet, les interactions entre les types d'animal et de ration semblent être non négligeables comme l'illustrent les données de DULPHY, REMOND, THERIEZ (1979, au tabl. 6).

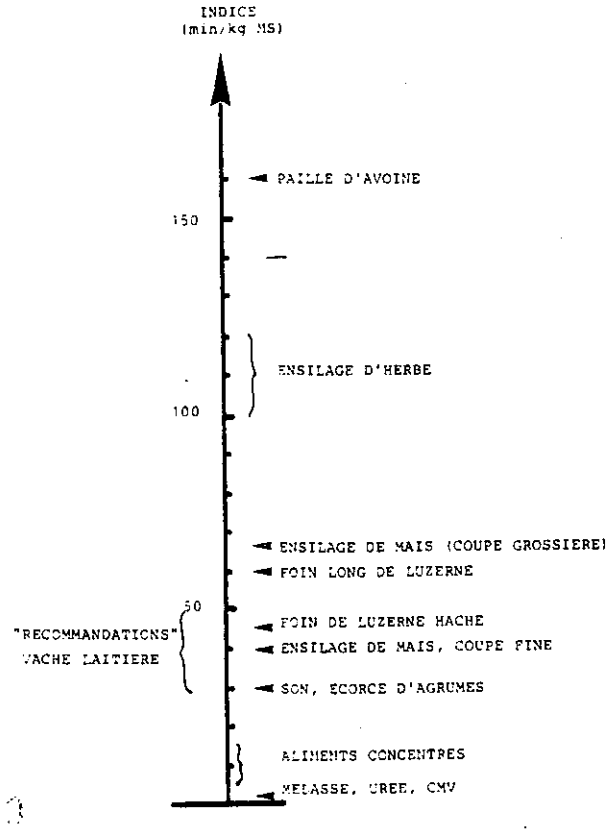


FIG. 9 : *Echelle d'indice de fibrosité de SUDWEEKS et coll. (1981)*

TABLEAU 5

Variations des caractéristiques de 216 rations mixtes ayant fait l'objet d'une mesure de digestibilité chez la chèvre
(GIGER, SAUVANT, 1985)

	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
NIVEAU D'INGESTION (g MSI/P$^{0.75}$)	96.[illegible]	27.4	44.0	163.0
DIGESTIBILITE DE LA MO (%)	70.3	36.9	60.2	73.6
TENEUR EN CB (% MO)	22.3	4.2	12.0	33.[illegible]
TENEUR EN NDF (% MO)	43.8	7.3	24.0	63.4
TENEUR EN ADF (% MO)	25.4	4.7	13.8	35.9
TAUX AZOTE (% MO)	19.2	3.7	9.6	29.6

TABLEAU 6

Interactions entre le régime alimentaire et le type d'animal vis-à-vis de l'indice de fibrosité de SUDWEEKS et coll. (1981) (1)

	ENSILAGE DE MAIS + UREE	FOIN LONG DE GRAMINEES
BOVINS EN CROISSANCE (2)	118.5	135.4
VACHES LAITIERES (3)	59.5	73.8

(2) 266 kg de poids vif
(3) ≅ 550 kg de poids vif, 9 kg de lait produit
(1) données citées par DULPHY, REMOND, THERIEZ (1979)

D. D'incorporation des matières premières

Comme dans le cas des animaux monogastriques, différentes raisons (1) peuvent justifier l'emploi de limitation d'incorporation de certaines matières premières (en laissant de côté la proportion fourrage-concentré évoquée plus haut).

De telles spécifications sont parfois proposées. Le tableau 7 en cite quelques unes appliquées dans le contexte de l'élevage laitier israélien.

TABLEAU 7

Exemples de spécifications d'incorporation de matières premières (AMIR, 1979)

ENSILAGE DE QUALITE MEDIOCRE	20 % ≤
ENSILAGE DE BONNE QUALITE	25-30 %
ALIMENTS INTERMEDIAIRES RICHES EN GLUCIDES TRES DIGESTES (PULPES DE BETTERAVES, D'AGRUMES, LIQUIDES...)	15 % ≤
PAILLE, LITIERES DE VOLAILLES (HAUTES PRODUCTRICES)	1 kg/j
(PRODUCTRICES MOYENNES)	4-5 kg/j
MINIMUM DE FOURRAGE DE LEGUMINEUSE	5-10 %

(VALEURS EXPRIMEES EN % DE LA MATIERE SECHE)

III - Conclusion

L'utilité et la justification des différentes spécifications des rations complètes varient assez largement selon le cas. Pour les composantes de la valeur nutritive, les données utilisées présentent un degré de fiabilité satisfaisant grâce aux travaux de la Recherche. Par contre, pour les autres spécifications de composition et d'incorporation, les valeurs utilisées sont moins précises par manque de données expérimentales. A ce niveau, il semblerait judicieux de chercher :

. à créer des critères plus représentatifs de ce que l'on cherche à apprécier (exemple : fibres digestibles ou non, taille des particules...),

. à établir un modèle synthétique associant les niveaux d'ingestion de matière sèche et/ou de production en fonction du maximum de paramètres explicatifs significatifs liés à l'animal ou à la ration.

La fiabilité d'un tel modèle constitue un enjeu important. Il est, en effet, inutile de chercher à cerner avec une grande précision certaines spécifications des rations complètes si les quantités effectivement ingérées de matières sèches sont très mal connues.

Références bibliographiques

AMIR S., 1979. The Israeli Dairy farming system. In « *Feeding strategy for the high yielding dairy cow* ». Ed. Broster, Swan, Granada publishing, chapitre 12.

(1) Appétibilité, risques hygiéniques pour l'animal ou pour l'homme, vertus particulières...

BALCH C.C., 1971. Proposal to use time spent chewing as an index to the extent to which diets for ruminants process the physical property of fiberousness characteristic of roughaghes. *Brit. J. Nutr.*, **36**, 383.

BOUCHET J.P., GUEGUEN L., 1983. Particularités de la nutrition minérale. In « *Particularités nutritionnelles des vaches à haut potentiel de production* ». *Bull. tech. CRZV-Theix, INRA*, **53**, 85-99.

BROWN C.A., CHANDLER P.T., 1976. Incorporation of predictive milk yield and dry matter intake equations into a maximum profit ration formulation program. *J. Dairy Sci.*, **61**, 1123.

CHANDLER P.T., WALTER H.W., 1972. Generation of nutrient specifications for dairy cattle for computerized least cost ration formulation. *J. Dairy Sci.*, **55**, 1741.

CLARK J.H., DAVIS C.L., 1980. Some aspects of feeding high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **63**, 873.

DULPHY J.P., REMOND B., THERIEZ M., 1979. Digestive behaviour and related activities in ruminants. In « *Digestive physiology and metabolism in ruminants* ». 5ème Int. Symp., Ed. Ruckebusch, Thivend, MTP Press, 103.

INRA, 1978. *Alimentation des ruminants*, 590 p. Ed. INRA Publications, Route de St-Cyr, 78000 Versailles.

JOURNET M., DEMARQUILLY C., 1979. Grazing. In « *Feeding strategy for the high yielding dairy cow* », 295 p., Ed. Broster, Swan, Granada publishing.

JOURNET M., CHAMPREDON C., PION R., VERITE R., 1983. Physiological basis of the protein nutrition of high producing cows, critical analysis of the allowances. *IVème Int. Symp. Protein Metabolism and Nutrition*, ed. INRA Publ., route de St-Cyr, 78000 Versailles, 433-447.

GIGER S., SAUVANT D., 1985. Etude de la prévision de la digestibilité des rations mixtes des chèvres laitières à partir des caractéristiques analytiques. *Ann. Zootech.* (sous presse).

KESLER E.M., SPAHR S.L., 1964. Symposium : Effect of various levels of grain feeding. Physiological effects of high level concentrate feeding. *J. Dairy Sci.*, **47**, 1122.

LOFGREEN P.A., WARNER R.G., 1970. Influence of various fiber sources and fractions on milk fat percentage. *J. Dairy Sci.*, **53**, 296.

LIEBENBERG L.H.P., 1979. Fineness and concentrate to low quality roughage ratio of complete diets for dairy cows. 1. Intake and digestibility under *ad libitum* feeding conditions. *S. Afr. J. anim. Sci.*, **9**, 215.

MERTENS D.R., 1980. Fiber content and nutrient density in dairy rations. *Dist. Feed. Conf. Proc.*, **35**, 35.

REMOND B., 1978. Tableau de synthèse. In « *L'alimentation des ruminants* », Ed. INRA Publ., route de St-Cyr, 78000 Versailles.

RICKABY C.D., 1979. Developments in complete diet feeding of dairy cows. *ADAS Q. Rev.*, **34**, 195.

SAUVANT D., GIGER S., BERTRAND D., CHAPOUTOT P., 1983. La dégradation de la matière organique des aliments concentrés et sous-produits dans le rumen. In C.A.A.A. « *Quels aliments concentrés pour les vaches fortes productrices de lait ?* ». Ed. ADEPRINA, 16, rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05.

SUDWEEKS E.M., ELY L.O., MERTENS D.R., SISK L.R., 1981. Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets : roughage value index system. *J. Anim. Sci.*, **53**, 1406.

VERITE R., JOURNET M., avec GUEGUEN L. et HODEN A., 1978. Vaches laitières. In « *L'alimentation des ruminants* ». Ed. INRA Publications, route de St-Cyr, 78000 Versailles, chapitre 12, 345-376.

VERITE R., 1983. Particularités de la nutrition azotée. In « *Particularités nutritionnelles des vaches à haut potentiel de production* ». *Bull. tech. CRZV Theix, INRA*, **53**, 65-72.

de VISSER H., 1981. Compte rendu d'essai sur l'influence de la teneur en sucre et amidon de l'aliment concentré distribué aux vaches laitières. Institut vor Veevoedingsonderzock, Lelystad, Pays-Bas.