

Nutrition des veaux au cours du sevrage.

I. - Evolution de la consommation d'aliments et des concentrations sanguines de divers métabolites énergétiques

K.G. KOUAME ⁽¹⁾, J.L. TROCCON *, P. PATUREAU-MIRAND,
M. JOURNET * et R. PION

avec la collaboration technique de G. BAYLE, Jeannette FLECHET,
M. SALLAS et A. SELLE

* I.N.R.A., Station de Recherches sur la Vache laitière
Centre de Recherches de Rennes, Saint-Gilles, F 35590 L'Hermitage

I.N.R.A., Laboratoire d'Etude du Métabolisme azoté
Centre de Recherches de Theix, F 63122 Ceyrat ⁽²⁾

Résumé

L'évolution de l'état de nutrition énergétique pendant les 2 à 4 semaines qui précèdent un sevrage réalisé à 6 semaines ainsi que pendant les 3 semaines qui le suivent, est étudiée chez 16 veaux femelles de type pie noir. La quantité d'aliment d'allaitement distribué est réduite progressivement au début de chacune des 2 dernières semaines d'allaitement. Quatre aliments concentrés sont offerts dès le début de l'expérience aux animaux répartis en 4 lots (A et B dans l'essai 1, C et D dans l'essai 2). Ces aliments concentrés, à base d'orge, de tourteau d'arachide et d'urée (aliments A et B) ou d'orge et d'urée (aliments C et D), sont isoénergétiques (4,27 kcal/g de matière sèche). Dans les aliments B et D, une fraction de l'orge est remplacée par un mélange de tourteaux de colza et de soja traités au formaldéhyde. Les teneurs en matières azotées totales de ces aliments sont : 16,4 ; 20,4 ; 14,8 et 17,4 gN \times 6,25 p. 100 g de matière sèche, pour les aliments A, B, C et D respectivement. Le foin est distribué en quantité limitée. Les quantités ingérées d'aliment, le poids vif des animaux, leur glycémie et leurs teneurs plasmatiques en acétate, β hydroxybutyrate et acides gras non estérifiés sont mesurés.

Les quantités ingérées de matière sèche d'aliments solides augmentent rapidement au cours du sevrage. Le gain de poids vif diminue après réduction ou suppression de la distribution de l'aliment d'allaitement puis augmente modérément. Il est significativement relié aux variations de la quantité d'énergie métabolisable ingérée. L'apport d'un supplément protéique traité au formaldéhyde est sans effet sur les quantités ingérées ou le gain de poids vif des animaux.

La glycémie diminue lorsque l'apport d'aliment d'allaitement est réduit puis supprimé ; les teneurs plasmatiques en acétate et β hydroxybutyrate augmentent fortement après le sevrage ; celles en acides gras non estérifiés sont plus élevées avant le sevrage qu'après

(1) Adresse actuelle : Université Nationale de Côte-d'Ivoire, Faculté des Sciences, Laboratoire de Physiologie Animale et de Psychophysologie 04, B.P. 322, Abidjan 04 R.C.I.

(2) Les demandes de tirés à part devront être envoyées à cette adresse.

mais présentent des accroissements temporaires dans les 1 ou 2 jours suivant la réduction ou la suppression de la distribution d'aliment d'allaitement. Ces résultats permettent de mieux définir la période de sous-nutrition énergétique associée au sevrage précoce des jeunes ruminants.

Mots clés : sevrage, veau, protéines alimentaires, niveau d'alimentation, constituants sanguins.

I. Introduction

Le sevrage précoce des génisses d'élevage correspond à la période qui se situe entre les âges de 3-4 semaines et de 8-9 semaines. Pendant cette période, la distribution de lait est réduite puis supprimée (le jour du sevrage) alors que la quantité d'aliments solides ingérée s'accroît fortement. Des modifications de la fonction digestive et du métabolisme vont permettre aux animaux de s'adapter à l'ingestion et à l'utilisation des aliments solides. Le réticulorumen qui n'était pas fonctionnel et peu important tant que le veau était exclusivement nourri au lait, va se développer (GODFREY, 1961 ; MATHIEU, 1963) ; il va jouer un rôle considérable dans la régulation des quantités d'aliments solides ingérées (HODGSON, 1971 ; ROY, 1980) et dans leur transformation (GODFREY, 1961 ; LEIBHOLZ, 1975). Il en résulte des modifications importantes de la quantité et de la nature des nutriments, énergétiques et azotés, notamment fournis à l'organisme.

Hormis les travaux concernant la croissance pondérale des veaux et le développement du réticulorumen, cette période du sevrage proprement dit a été peu étudiée, en particulier dans le cas où les animaux sont soumis à un sevrage progressif. Il nous a paru utile de compléter ces travaux par une description précise de l'évolution de la croissance et de l'appétit des génisses associée à l'étude des orientations du métabolisme énergétique, appréciées par les variations des concentrations sanguines en certains nutriments caractéristiques : glucose, acétate, β hydroxybutyrate et acides gras non estérifiés. Pour préciser l'influence de l'apport azoté alimentaire sur ces facteurs et étudier dans un deuxième temps l'évolution de l'état de nutrition azotée des génisses pendant le sevrage, l'utilisation par ces animaux d'aliments concentrés différant par leur teneur en matières azotées et la nature de ces dernières a été comparée.

II. Matériel et méthodes

A. Animaux

Deux essais sont réalisés à l'aide de 8 génisses par essai. Ces animaux de type pie noir sont issus du croisement *Holstein* \times *Frison*. Dans chaque essai, ils sont répartis entre 2 lots de 4 animaux : A et B dans l'essai 1, à l'âge de 33 jours ; C et D dans l'essai 2, à l'âge de 14 jours. Toutefois, un des veaux du lot A de l'essai 1 souffrant d'une phlébite a été exclu de l'essai sans être remplacé. Les animaux sont logés en cases individuelles sur une litière de copeaux de bois dans des locaux à température constante (16 °C) et hygrométrie voisine de 60 p. 100.

B. *Aliments*

La composition des aliments figure dans le tableau 1. L'aliment d'allaitement est un aliment du commerce à base de poudre de lait écrémé réengraissé. Le foin distribué est un foin de prairie naturelle haché grossièrement. Les aliments concentrés A et B d'une part, C et D d'autre part, sont isoénergétiques dans chacun des essais 1 et 2 respectivement. Ils diffèrent par leur teneur en matières azotées totales et en protéines digestibles dans l'intestin : PDI (I.N.R.A., 1978). Ces 4 aliments concentrés sont préparés par addition à de l'orge d'une source d'azote fermentescible : urée (0,5 p. 100) et tourteau d'arachide (9 p. 100) dans les aliments A et B de l'essai 1, urée seule (1 p. 100) dans les aliments C et D de l'essai 2. Les aliments B et D sont enrichis en protéines peu dégradables dans le rumen par remplacement d'une fraction de l'orge (15 et 13 p. 100 des aliments B et D respectivement) par un mélange de tourteaux de colza et de soja (1/1) traité au formaldéhyde (*).

TABLEAU 1
Composition des aliments (p. 100 de la matière sèche).
Feed composition (p. 100 dry matter).

Aliments <i>Feed</i>	Aliment d'allaitement <i>Milk replacer</i>	Aliments concentrés (1) <i>Concentrates</i>				Foin <i>Hay</i>
		A	B	C	D	
Matières azotées totales (g N × 6,25) <i>Crude protein (g N × 6.25)</i>	24,7	16,4	20,4	14,8	17,4	9,0
N soluble p. 100 N total <i>Soluble N p. 100 total N</i>	—	45	33	38	30	
PDI (2) (g)	—	10,7	14,0	9,7	12,6	5,6
Energie brute (kcal)	530	433	435	420	418	438
<i>Gross energy</i>						
Energie métabolisable (3) (kcal) <i>Metabolizable energy</i>	474	280	277	282	279	258

- (1) Composition des aliments concentrés A, B, C, D (p. 100).
Orge : 82,0 - 67,0 - 90,4 - 77,4. Tourteau d'arachide : 9,0 - 9,0 - 0 - 0. Mélange (1/1) de tourteaux de colza et de soja traités au formaldéhyde : 0 - 15,0 - 0 - 13,0. Urée : 0,5 - 0,5 - 1,0 - 1,0. Mélasse : 5,0 - 5,0 - 5,0 - 5,0. Composé minéral et vitaminique : 3,5 - 3,5 - 3,6 - 3,6. *Composition of concentrates A, B, C, D (p. 100).*
Barley : 82.0 - 67.0 - 90.4 - 77.4. Groundnut meal : 9.0 - 9.0 - 0 - 0. Mixture (1/1) of formaldehyde treated soya and rapeseed meals : 0 - 15.0 - 0 - 13.0. Urea : 0.5 - 0.5 - 1.0 - 1.0. Molasses : 5.0 - 5.0 - 5.0 - 5.0. Mineral and vitamin supplement : 3.5 - 3.5 - 3.6 - 3.6.
- (2) Teneur en protéines digestibles dans l'intestin (PDI) des aliments concentrés déterminée à partir de leur concentration en azote soluble selon la méthode décrite dans I.N.R.A. (1978); pour le foin, la valeur adoptée est celle fournie par les tables (I.N.R.A., 1978).
The digestible protein content in the small intestine (PDI) of the concentrates was calculated according to their soluble nitrogen content as described in I.N.R.A. (1978); the PDI content of hay was obtained by referring to the feed tables (I.N.R.A., 1978).
- (3) Teneur en énergie métabolisable estimée à partir de celles des différents aliments et constituants des aliments concentrés rapportées dans les tables (I.N.R.A., 1978).
The metabolizable energy contents of the feeds and their constituents were obtained by referring to the feed tables (I.N.R.A., 1978).

(*) Brevet I.N.R.A.-U.C.A.N.O.R.

TABLEAU 2

Quantités d'aliments (g de matière sèche par jour), d'énergie brute (kcal par jour) et de matières azotées (g N × 6,25 par jour) consommées par les génisses au cours de la période de sevrage.

Amounts of feed (g dry matter per day), gross energy (kcal per day) and crude protein (g N × 6.25 per day) ingested by the calves during the weaning period.

Aliments Feed	Lait Milk		Concentré Concentrate		Foin Hay		Total Total	Energie brute Gross Energy		Matières azotées Crude protein		
	A	B	A	B	A	B		A	B	A	B	
Lots - Group	A	B	A	B	A	B	A	A	B	A	B	
Nb. d'animaux - No. animals	3	4	3	4	3	4	3	3	4	3	4	
Semaines - Weeks												
-2	731	731	334 (61)	290 (24)	61 (16)	48 (12)	1 126 (74)	1 069 (26)	5 588 (370)	5 351 (130)	242 (12)	245 (13)
-1	417	417	865 (153)	675 (36)	102 (25)	111 (29)	1 384 (163)	1 203 (62)	6 402 (756)	5 632 (288)	254 (27)	254 (12)
+1			1 499 (158)	1 503 (59)	135 (14)	137 (22)	1 634 (157)	1 640 (80)	7 081 (681)	7 138 (348)	258 (23)	319 (19)
+2			1 809 (162)	2 053 (83)	155 (13)	137 (28)	1 954 (155)	2 190 (116)	8 512 (673)	9 530 (477)	308 (26)	444 (26)

Essai 1 - Trial 1

Essai 2 - Trial 2

Lots - Group Nb. d'animaux - No. animals	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
Semaines - Weeks	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
-4	1 048	1 048	67 (9)	40 (14)	< 1	2 (2)	1 115 (8)	1 090 (14)	5 837 (42)	5 730 (76)	267 (1)	265 (3)
-3	1 048	1 048	132 (23)	98 (36)	2 (2)	3 (2)	1 182 (27)	1 150 (37)	6 118 (143)	5 977 (192)	277 (6)	275 (7)
-2	734	734	307 (42)	261 (71)	7 (4)	13 (8)	1 048 (38)	1 008 (75)	5 210 (189)	5 038 (373)	226 (6)	227 (13)
-1	419	419	616 (68)	510 (122)	35 (11)	60 (20)	1 070 (62)	989 (118)	4 961 (285)	4 615 (525)	197 (10)	197 (22)
+1			1 164 (191)	1 117 (203)	96 (14)	120 (18)	1 260 (183)	1 237 (195)	5 309 (771)	5 195 (819)	180 (28)	205 (35)
+2			1 448 (191)	1 490 (175)	127 (8)	161 (18)	1 574 (182)	1 651 (161)	6 638 (761)	6 933 (674)	225 (27)	275 (29)
+3			1 620 (161)	1 911 (158)	155 (8)	165 (13)	1 775 (159)	2 076 (157)	7 483 (671)	8 710 (657)	254 (24)	350 (25)

() Ecart-type de la moyenne - Standard error of the mean (SEM).

C. Conduite de l'expérimentation

L'essai 1 se déroule de la 2^e semaine précédant le sevrage (semaine — 2) à la 2^e semaine qui le suit (semaine + 2) ; l'essai 2 commence lors de la 4^e semaine précédant le sevrage (semaine — 4) et s'arrête à la fin de la 3^e semaine qui le suit (semaine + 3).

Les génisses sont sevrées selon la technique du sevrage précoce progressif décrite par TROCCON & JOURNET (1979) aux âges moyens de 47 jours dans l'essai 1 et de 42 jours dans l'essai 2. Le sevrage est réalisé par réduction progressive des quantités de lait de remplacement distribuées lors des semaines — 2 et — 1 puis leur suppression au début de la semaine + 1.

Le lait de remplacement, préparé en mélangeant l'aliment d'allaitement à de l'eau tiède (40 °C) à raison de 220 g par kg de lait, est distribué tous les matins de la période de présevrage selon le protocole rapporté dans le tableau 2. Il est ingéré en 5 à 10 minutes.

Les aliments concentrés sont distribués à volonté sous forme d'aggloméré de 5 mm de diamètre ; le foin, haché grossièrement est offert en quantité limitée à 200 g par jour ; de l'eau à volonté est à la disposition des animaux. Tous ces aliments sont distribués une fois par jour, le matin à 9 h (essai 1) ou à 10 h (essai 2).

D. Mesures et prélèvements de sang

Les animaux sont pesés une fois par semaine à heure fixe ; les quantités d'aliments consommées sont mesurées tous les jours par différence entre les quantités distribuées et refusées.

Essai 1

Les échantillons de sang sont prélevés à l'aide d'un cathéter implanté dans la veine jugulaire en fin de semaine — 2. Les prélèvements sont effectués le 3^e jour des semaines — 1, + 1 et + 2. En semaine + 1, d'autres prélèvements sont réalisés le lendemain du sevrage. Lors de chaque jour de prélèvement, 7 prises de sang successives sont effectuées, une heure avant la distribution des aliments puis 1, 3, 5, 7, 9 et 11 heures après celle-ci.

Essai 2

Le protocole des prélèvements de sang jugulaire a été simplifié en tenant compte des résultats de l'essai 1. Le sang est prélevé à l'aiguille le 4^e jour de chaque semaine expérimentale ; de plus, en semaines — 2, — 1 et + 1, des prélèvements sont réalisés 2 jours après la réduction ou la suppression de la distribution du lait de remplacement. Lors de chaque journée de prélèvement, 3 prises de sang successives ont été effectuées à intervalles de 4 heures (à 10, 14 et 18 heures).

E. Analyses

1. Aliments

La matière sèche des aliments et des refus est mesurée par dessiccation à l'étuve à 70 °C jusqu'à poids constant. Les teneurs en matières azotées totales des aliments sont déterminées par la méthode Kjeldahl, celle en azote soluble est dosée selon la méthode de VÉRITÉ & DEMARQUILLY (1978). Leurs teneurs en énergie brute sont déterminées à l'aide d'un calorimètre adiabatique.

2. Sang

Les concentrations du sang en glucose sont mesurées sur tous les échantillons prélevés lors des 2 essais. Le sang est déféqué dans 4 fois son volume d'acide trichloroacétique 2,5 p. 100 et le glucose est dosé par la méthode à la glucose-oxydase peroxydase à l'aide d'un analyseur automatique (MICHEL, 1971). Les teneurs plasmatiques en acétate et β hydroxybutyrate ne sont mesurées que dans l'essai 2 sur les échantillons de plasma préparés à partir du sang prélevé avant la distribution des aliments. L'acétate plasmatique est dosé par la méthode de GUYNN & VEECH (1975) et le β hydroxybutyrate par celle de WILLIAMSON & MELLAMBY (1974).

III. Résultats

A. Consommation (tabl. 2) et gain de poids vif (tabl. 3)

Le lait de remplacement a été consommé en totalité. La réduction et la suppression de la distribution du lait de remplacement s'accompagnent d'une augmentation des quantités d'aliment concentré et de foin ingérées. Ainsi les quantités d'aliments concentrés ingérées doublent approximativement chaque semaine entre les semaines -2 et +1, dans l'essai 1 et entre les semaines -4 et +1 dans l'essai 2. Après la semaine +1, l'augmentation des quantités d'aliments concentrés ingérées d'une semaine à l'autre est inférieure à 15 p. 100 pour les lots A et C ; elle est comprise entre 20 et 30 p. 100 pour les lots B et D. Il en résulte qu'en semaine +2 (essai 1) ou en semaine +3 (essai 2), les génisses des lots B ou D ingèrent des quantités d'aliments concentrés ou de matière sèche totale significativement plus élevées que celles des lots A ou C respectivement.

La quantité d'énergie brute ingérée par les génisses des 2 essais évolue de façon relativement semblable à celle de la matière sèche totale ; cependant la réduction des niveaux d'ingestion observée avant le sevrage est un peu plus prononcée car les aliments concentrés sont moins riches en énergie que l'aliment d'allaitement. Il en est de même pour les matières azotées dont les niveaux d'ingestion sont d'autant plus faibles que l'aliment concentré est pauvre en protéines.

Dans l'essai 1, le gain de poids moyen varie peu lors des 2 semaines qui précèdent le sevrage. Il augmente après le sevrage. Dans l'essai 2, les génisses sont plus jeunes au début de l'étude que dans l'essai précédent. Leur gain de poids moyen journalier diminue jusqu'au sevrage. Après le sevrage, il augmente comme précédemment. La variabilité des gains de poids appréciée par la valeur de l'écart-type moyen est maximale lors des 2 semaines qui encadrent le sevrage.

TABLEAU 3

Poids initial et gain de poids des génisses au cours du sevrage.
Initial weight and body weight gain of the calves during weaning.

Essais - Trials		1		2		
Lot - Lot	A	B	C	D		
Nombre de veaux <i>No. of calves</i>	3	4	4	4		
Poids initial * (kg) <i>Initial weight (kg)</i>	60 (4)	59 (1)	48 (1)	48 (2)		
Gain de poids (g/j) <i>Weight gain (g/d)</i>						
Semaines <i>Weeks</i>	— 4			1 029 (39)	1 079 (14)	
	— 3			639 (36)	573 (59)	
	— 2	590 (19)	495 (41)	331 (51)	345 (90)	
	— 1	619 (167)	543 (100)	315 (96)	289 (103)	
	<i>Sevrage - Weaning</i>					
	+ 1	686 (99)	886 (104)	583 (102)	488 (136)	
+ 2	769 (77)	755 (60)	527 (91)	802 (112)		
+ 3			646 (68)	936 (46)		

() Ecart-type de la moyenne - *Standard error of the mean (SEM)*.

* Semaine — 2 pour l'essai 1 ; semaine — 4 pour l'essai 2 - *Week — 2 for trial 1 ; week — 4 for trial 2.*

B. *Glucose sanguin, acétate, β hydroxybutyrate et acides gras non estérifiés plasmatiques*

Les variations de la glycémie des génisses de l'essai 1 lors des différentes journées de prélèvements sont rapportées sur la figure 1. La glycémie augmente après la distribution des aliments chez les animaux qui consomment du lait de remplacement (semaine — 1) puis elle diminue 3 à 4 h après ; elle paraît remonter en fin de journée vers 20 h. Après la suppression du lait, la glycémie varie peu au cours de la journée. La glycémie moyenne calculée lors de chaque journée de prélèvement est plus élevée avant le sevrage qu'après ($P < 0,05$) ; elle atteint les valeurs les plus basses 1 jour (essai 1) ou 2 jours (essai 2) après le sevrage (fig. 2 et 3). Puis la

glycémie augmente de nouveau après le sevrage mais n'atteint pas les valeurs observées auparavant. Enfin, elle ne paraît pas dépendre significativement de la nature de l'aliment concentré ingéré. Cependant, après le sevrage, dans l'essai 1 comme dans l'essai 2, elle tend à être plus élevée dans le sang des génisses qui consomment les aliments concentrés les plus riches en protéines (B ou D) que dans celui des animaux qui consomment l'autre aliment concentré (A ou C selon l'essai).

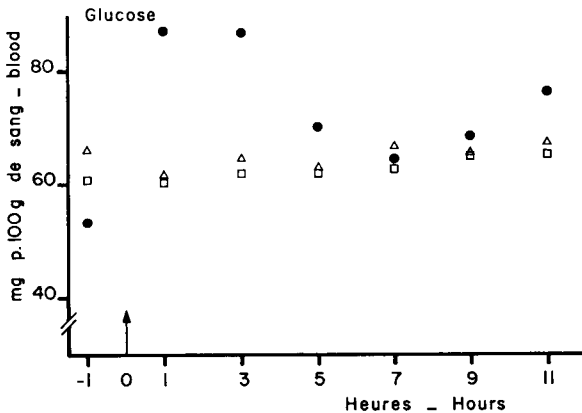


FIG. 1

Evolution de la glycémie des génisses ⁽¹⁾ en cours de sevrage dans les heures qui suivent la distribution des aliments.

Blood glucose variations after feeding in heifer calves ⁽¹⁾ during the weaning period.

- Semaine - 1.
Week - 1.
- △ Semaine + 2.
Week + 2.
- Semaine + 1.
Week + 1.
- ↑ Heure de la distribution des aliments.
Time of feeding.

Les teneurs plasmatiques en acétate des génisses de l'essai 2 sont significativement plus élevées après le sevrage qu'avant (fig. 3); elles tendent à augmenter pendant ces 2 périodes; cette augmentation paraît plus rapide après le sevrage qu'avant. Les teneurs plasmatiques en acétate des génisses du lot C ne sont significativement plus élevées que celles du lot D qu'au cours de la semaine qui suit le sevrage.

(1) Les 7 génisses de l'essai 1.

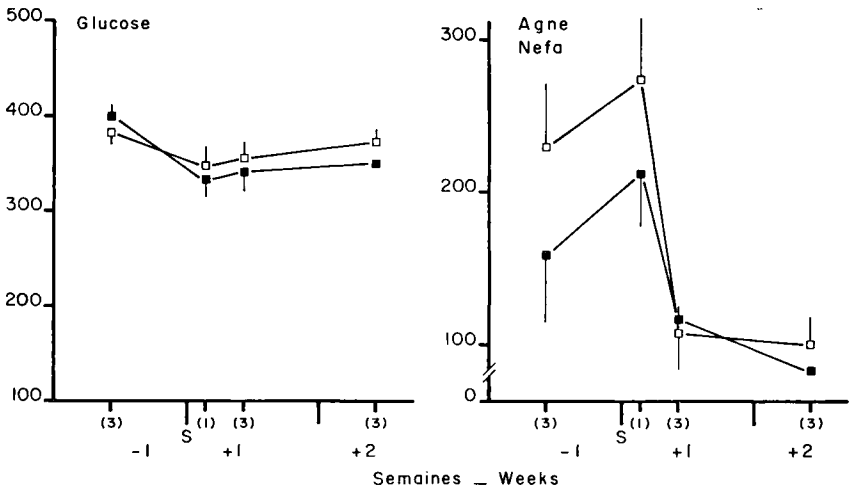


FIG. 2

Teneurs (*) en glucose sanguin et acides gras non estérifiés (AGNE) plasmatiques (essai 1).
Blood glucose and plasma non esterified fatty acid (NEFA) concentrations (*) (trial 1).

- Lot A.
Group A.
- Lot B.
Group B.
- () Numéros des jours de prélèvement, chaque semaine.
Numbers of sampling days each week.

Les teneurs plasmatiques en β hydroxybutyrate sont plus élevées après le sevrage qu'avant (fig. 3) ; leur augmentation d'une semaine à l'autre est plus rapide pendant la période qui suit le sevrage que pendant celle qui le précède. Les concentrations en β hydroxybutyrate du plasma des génisses des 2 lots ne sont jamais significativement différentes, si ce n'est au début de la semaine — 1.

Les teneurs en acides gras non estérifiés plasmatiques sont plus élevées avant le sevrage qu'après (fig. 2 et 3). Dans l'essai 2, lors de chacune des semaines concernées, elles tendent à être plus élevées 2 jours après la réduction ou la suppression de l'apport de lait de remplacement que 4 jours après. Cet effet « jour du prélèvement » est significatif ($P = 0,002$) lorsqu'on considère les 3 semaines concernées (—2, —1 et +1). Un phénomène comparable peut être observé lors de la semaine +1 de l'essai 1 puisque les teneurs en acides gras non estérifiés sont plus élevées le lendemain du sevrage que 2 jours plus tard.

(*) Moyenne et écart-type de la moyenne (micromoles p. 100 ml).
Mean and standard error of the mean (SEM) (micromoles p. 100 ml).

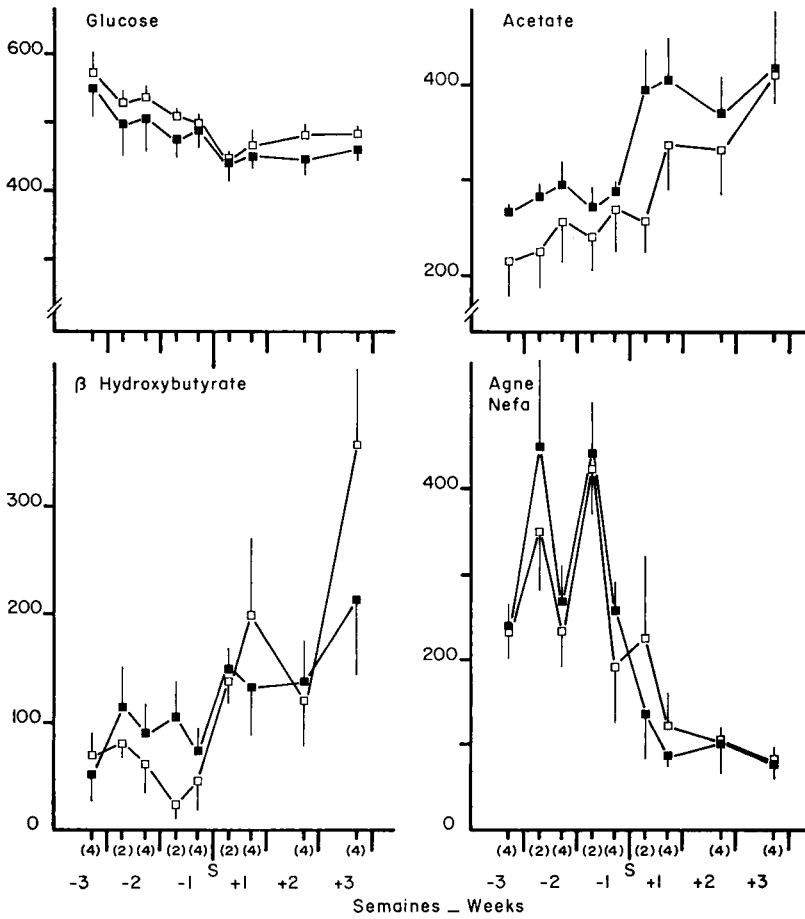


FIG. 3

Teneurs (*) en glucose sanguin et en acetate, β hydroxybutyrate et acides gras non estérifiés (AGNE) plasmatiques (essai 2).

Blood glucose and plasma acetate, β hydroxybutyrate and non esterified fatty acid (NEFA) concentrations (*) (trial 2).

■ Lot C.
Group C.

□ Lot D.
Group D.

() Numéros des jours de prélèvement, chaque semaine.
Numbers of the sampling days each week.

(*) Moyenne et écart-type de la moyenne (micromoles p. 100 ml).
Mean and standard error of the mean (SEM) (micromoles p. 100 ml).

IV. Discussion

A. Consommation et gain de poids

1. Evolution au cours du sevrage

L'évolution de la consommation d'aliments concentrés et de foin observée dans les 2 essais lors des semaines qui précèdent et suivent immédiatement le sevrage a déjà été décrite (HODGSON, 1971 ; STOBO & ROY, 1973). Etant donné que la digestion dans les estomacs des divers aliments de chaque régime est différente selon leur nature et l'âge des animaux, il paraît préférable d'exprimer sous forme d'énergie métabolisable et de PDI respectivement, les quantités d'énergie et de matières azotées ingérées. Ces estimations (tabl. 4) ont été faites à partir des niveaux d'ingestion des divers aliments et de leurs teneurs en énergie métabolisable et PDI calculées selon les recommandations des tables de l'alimentation des ruminants (I.N.R.A., 1978). La comparaison de ces estimations aux apports recommandés d'énergie métabolisable (215 kcal/kg^{0,75}/j) et de PDI (9,7 g/kg^{0,75}/j) pour des animaux ayant un gain de poids de 600 g par jour (I.N.R.A., 1978), montre que les quantités ingérées ont été insuffisantes de la semaine - 2 à la semaine + 2, notamment lors de l'essai 2.

TABLEAU 4

Quantités d'énergie métabolisable (kcal/kg^{0,75}/j) et de PDI (g/kg^{0,75}/j) consommées par les génisses au cours du sevrage.*

Amounts of metabolizable energy (kcal/kg^{0,75}/d) and PDI (g/kg^{0,75}/d) ingested by the calves during the weaning period.*

Essai - Trial	Energie métabolisable Metabolizable energy				PDI PDI			
	1		2		1		2	
Lot - Group	A	B	C	D	A	B	C	D
Semaines - Weeks								
- 4			271 (6)	274 (10)			13,96 (0,33)	14,25 (0,51)
- 3			257 (6)	260 (8)			13,07 (0,32)	13,47 (0,40)
- 2	205 (17)	203 (10)	200 (6)	199 (11)	9,88 (0,82)	10,32 (0,50)	9,71 (0,30)	10,07 (0,56)
- 1	199 (30)	184 (13)	170 (9)	162 (17)	8,59 (1,32)	9,05 (0,66)	7,38 (0,37)	7,78 (0,83)
+ 1	184 (20)	189 (11)	152 (20)	150 (20)	6,81 (0,73)	9,15 (0,55)	5,10 (0,69)	6,46 (0,86)
+ 2	211 (15)	239 (15)	183 (17)	192 (11)	7,83 (0,55)	11,70 (0,73)	6,14 (0,57)	8,24 (0,49)
+ 3			197 (15)	227 (9)			6,58 (0,49)	9,87 (0,41)

* Moyenne et écart-type de la moyenne () - Mean and standard error of the mean (SEM).

2. Influence de la nature de l'aliment concentré

Avant le sevrage, la consommation d'aliments concentrés par les génisses des lots qui reçoivent les aliments B et D, enrichis en protéines par le mélange de tourteaux de colza et de soja, est plus faible (bien que non significativement) que celle des génisses qui consomment les autres aliments ; cela pourrait résulter de 2 phénomènes qui limiteraient alors l'utilisation de tels aliments pendant cette période. D'une part, il est possible que ce mélange de tourteaux, et plus probablement le tourteau de colza contienne un facteur d'inappétence (ZELTER, 1970 ; WHEELER, VEIRA & STONE, 1980) ; d'autre part, il se peut que les matières azotées des tourteaux bien que protégées de la dégradation dans le rumen subissent une fermentation qui libère un excès d'ammoniac mal utilisé par une flore ruminale ou intestinale en voie d'implantation ; l'urémie élevée de ces génisses pendant cette période, bien que pouvant avoir d'autres causes, semblerait le confirmer (KOUAME *et al.*, 1984). Cet excès d'ammoniac pourrait alors avoir un léger effet dépresseur sur l'ingestion de ces aliments concentrés.

En revanche, après le sevrage, l'ingestion d'une plus grande quantité de PDI grâce à la supplémentation avec les tourteaux traités au formaldéhyde semble avoir un effet favorable sur l'appétit. Un tel effet a déjà été signalé lorsque l'augmentation de l'apport de PDI résulte de la protection des protéines alimentaires contre une forte dégradation dans le rumen (FAICHNEY & DAVIES, 1972 ; SHARKEY, KAT & JEFFERY, 1974) ou qu'il est la conséquence d'une élévation du taux protéique (SHARKEY, KAT & JEFFERY, 1974 ; GROENEWALD, ELLIOTT & JOHNSON, 1975).

La différence de consommation des aliments concentrés entre les essais 1 et 2 ne paraît pas résulter des différences de taux protéique car l'aliment A, moins riche en protéines que l'aliment D est ingéré en plus grande quantité.

3. Gain de poids

Bien que l'estimation du gain de poids journalier par pesée hebdomadaire soit peu précise et qu'une certaine prudence soit nécessaire pour en interpréter les variations au moment du sevrage (MATHIEU, 1966 ; ROY, 1980), il semble qu'on puisse distinguer 2 phases dans la croissance des génisses pendant cette période. Au cours de la première qui correspond aux 3 semaines qui précèdent le sevrage, le gain de poids diminue ; il augmente pendant la seconde qui se situe après le sevrage. Ces variations du gain de poids des génisses pendant la période du sevrage au cours des 2 essais paraissent significativement reliées à la quantité d'énergie métabolisable ingérée :

$$\text{gain de poids} = 0,33^{(1)} \frac{\text{E.M. ingérée}}{\text{g/kg}^{0,75}/\text{j}} - 1,54 \frac{\text{PDI ingérées}}{\text{kcal/kg}^{0,75}/\text{j}} - 23,72 \quad r^2 = 0,54$$

Ceci est en accord avec les observations de SHARKEY, KAT & JEFFERY (1974) et GUILHERMET (1977).

En revanche, l'influence de la quantité de PDI ingérées ne s'est pas manifestée aussi nettement. Dans l'essai 1, les gains de poids des animaux des 2 lots n'ont pas été significativement différents, bien que celui des veaux du lot B soit légèrement

(1) Significativement différent de zéro ($P < 0,05$).

supérieur à celui des animaux du lot A, après le sevrage. En revanche, dans l'essai 2, le gain de poids des génisses du lot D après le sevrage, supérieur à celui des animaux du lot C notamment en semaine + 3, permet de penser qu'un apport plus important de protéines a pu favoriser la croissance de ces veaux. En effet, de nombreux auteurs ont déjà remarqué que l'effet favorable sur la croissance d'un apport supplémentaire de matières azotées ne se manifestait que lorsque le taux protéique des aliments concentrés était inférieur à 13 p. 100 ; cependant, ce seuil pourrait être beaucoup plus élevé dans certains cas (STOBO, ROY & GASTON, 1967). Il semble donc que la liaison entre gain de poids et teneur en matières azotées ou PDI du régime ne soit pas très forte pendant cette période du sevrage, notamment lorsque les animaux reçoivent un régime dont la teneur en PDI est supérieure à 9,7 p. 100.

B. Paramètres sanguins

1. Glycémie

La diminution de la glycémie moyenne au cours du sevrage a souvent été décrite chez le veau (LITTLE *et al.*, 1977). Elle paraît résulter principalement de la diminution de la quantité de glucides digérés dans l'intestin (LEAT, 1970). Cela est confirmé par l'évolution de la glycémie au cours de la journée. L'augmentation importante des teneurs sanguines en glucose après l'ingestion de l'aliment d'allaitement, comparable à celle décrite chez les veaux préruminants (TOULLEC, GUILLOTEAU & COROLLER, 1979), traduit l'afflux de glucose dans le sang, résultant de la digestion rapide du lactose du lactosérum dans l'intestin. Cette augmentation de la glycémie post-prandiale diminue puis disparaît lorsqu'est réduite puis supprimée la distribution d'aliment d'allaitement.

La faible valeur de la glycémie mesurée au cours de la semaine qui suit le sevrage confirme les observations de LITTLE *et al.* (1977). Cette semaine apparaît être celle où l'apport de substrat glucidique dans l'intestin et/ou l'activité des enzymes de la gluconéogenèse sont les plus faibles. L'augmentation de la glycémie à partir de la deuxième semaine après le sevrage (WEBB, HEAD & WILCOX, 1969 ; LITTLE *et al.*, 1977) résulterait en partie de l'accroissement de la production de propionate dans le rumen, consécutif à l'élévation du niveau d'ingestion des aliments concentrés (STOBO, ROY & GASTON, 1966).

La teneur en protéines des aliments concentrés n'a pas eu d'effet significatif sur la glycémie.

2. Acétate et β hydroxybutyrate

Les teneurs plasmatiques en acétate des génisses de l'essai 2 sont comparables à celles trouvées chez le veau ruminant par SASAKI *et al.* (1969) : 260 à 640 $\mu\text{M/l}$; celles en β hydroxybutyrate sont voisines de celles rapportées par BAZIN & BRISSON (1976) chez le veau préruminant (50 à 75 $\mu\text{M/l}$).

L'augmentation des teneurs plasmatiques en acétate des génisses de l'essai 2 pendant le sevrage traduit le développement de la fermentation des glucides dans le rumen puisque selon SASAKI *et al.* (1969), les teneurs plasmatiques en acétate varient de la même façon que celles du jus de rumen. L'accroissement des teneurs plasmatiques en β hydroxybutyrate, important après le sevrage, peut être relié au développement de l'activité métabolique de la paroi du rumen (SUTTON *et al.*, 1963).

La baisse de la glycémie associée à l'augmentation des teneurs plasmatiques en acétate et β hydroxybutyrate pendant le sevrage, illustre l'incidence du développement de l'activité fermentaire dans le rumen, sur la digestion et le métabolisme des glucides. Ce développement serait, dans ce cas, indépendant de la teneur en protéines des aliments concentrés.

3. *Acides gras non estérifiés*

Les valeurs des teneurs plasmatiques en acides gras non estérifiés avant le sevrage, sont comparables à celles trouvées chez le veau préruminant par BAZIN & BRISSON (1976) mais inférieures à celles rapportées par TOULLEC, GUILLOTEAU & COROLLER (1979) et surtout BAUCHART & AUROUSSEAU (1979) qui distribuaient des quantités d'aliment d'allaitement plus importantes. Elles sont environ 2 fois plus élevées que celles observées après le sevrage. Cela pourrait être dû au fait que ces animaux ingèrent en quantités notables un aliment d'allaitement riche en matières grasses (suif). En revanche, après le sevrage, le régime ne contient que peu de lipides.

La très forte augmentation des teneurs plasmatiques en acides gras non estérifiés le lendemain du sevrage pendant l'essai 1 et 2 jours après la réduction puis la suppression de la distribution de l'aliment d'allaitement dans l'essai 2, témoigne d'une forte lipomobilisation. Elle serait temporaire puisque moins évidente 3 ou 4 jours après le changement de rationnement. Une telle augmentation passagère des concentrations en acides gras non estérifiés plasmatiques a déjà été observée chez l'agneau sevré entre 5 et 6 semaines par FENNESSY, WOODLOCK & JAGUSH (1972). Elle pourrait correspondre à un ensemble de stress d'origine nutritionnelle et nerveuse résultant du changement de rationnement et de l'incapacité des animaux à compenser immédiatement la réduction ou la suppression de l'aliment d'allaitement en augmentant plus rapidement les quantités d'aliment concentré ingérées. La sous-nutrition énergétique observée en comparant les recommandations aux quantités d'énergie métabolisable ingérée semble donc être confirmée.

V. Conclusion

L'interprétation des concentrations sanguines en nutriments caractéristiques du métabolisme énergétique est délicate puisque d'une part, elles ne reflètent que le bilan entre le flux des apports et celui des prélèvements dans le sang sans indiquer quel facteur de l'équilibre est modifié lorsqu'elles varient et d'autre part, elles ne sont pas nécessairement reliées à l'importance des flux. Cependant, l'étude de ces paramètres sanguins, associée à la mesure de la croissance des génisses et de leur consommation d'aliments a permis de mieux décrire l'état nutritionnel des génisses au cours de leur sevrage. C'est ainsi que les évolutions opposées de la glycémie et des teneurs plasmatiques en acétate et β hydroxybutyrate, semblent être la conséquence du remplacement de la digestion dans l'intestin des glucides de l'aliment d'allaitement, par celle dans le rumen de la majeure partie des glucides des aliments solides. L'adaptation de ces jeunes ruminants à l'utilisation des aliments solides nécessite une période de quelques semaines au cours de laquelle l'état de sous-nutrition énergétique constaté en comparant les recommandations aux quantités d'énergie métaboli-

sable ingérée, se manifeste à travers les réactions de l'organisme. Il peut s'agir de réactions à court terme et passagères (élévation des teneurs en acides gras libres) ou à plus long terme et plus durables (réduction du gain de poids).

Remerciements

Nous tenons à remercier M. VERMOREL et Françoise DUBOISSET pour la détermination de la valeur énergétique des aliments.

Summary

Calf nutrition during the weaning period

1. - Variations in feed intake and blood levels of energetic metabolites

Sixteen female French Pie Noir calves were used in 2 trials. In each trial, the calves were divided into 2 groups of 4 animals. In both trials, the calves were weaned when 6 weeks old. The amounts of milk fed during the last 3 weeks before weaning were 5, 3.5 and 2 liters respectively (TROCCON and JOURNET, 1979). Each group was given one of the four concentrates A, B, C, D from the beginning of the trial on. The composition of the 4 concentrates (Table 1) included barley, urea and groundnut meal in trial 1; barley and urea in trial 2. In concentrates B (trial 1) and D (trial 2) part of the barley was replaced by a mixture of formaldehyde-treated soyabean and rapeseed meals. The crude protein contents ($N \times 6.25$ p. 100 dry matter) of the concentrates A, B (trial 1), C and D (trial 2) were 16.4, 20.4, 14.8 and 17.4 respectively. Those concentrates were isoenergetic (4.27 Kcal per g dry matter). Hay was given in restricted amounts (200 g per day). Variations in the levels of feed intake, live weight gains, blood concentrations of glucose and plasma levels of acetate, β hydroxybutyrate and non-esterified fatty acids (NEFA) were measured during the 2 or 4 weeks before weaning and the 2 or 3 weeks thereafter.

The solid feed intake increased quickly during this period (Table 2). The live weight gains decreased as the milk was reduced or suppressed, but it increased one or 2 weeks after weaning (Table 3). It seemed to depend on the amounts of metabolizable energy ingested. The levels of feed intake and the live weight gains were not significantly affected by the protein content of those concentrates. Blood glucose decreased as the milk supply was reduced or suppressed (fig. 2 and 3). Plasma acetate and β hydroxybutyrate increased strongly after weaning. Plasma NEFA levels were higher before weaning than after. They presented temporary sharp rises for 1 or 2 days following the reduction or the suppression of milk feeding (fig. 2 and 3). The variations in feed intake levels and those blood criteria enhanced the assumption that those calves underwent an energy deficiency in the last 2 weeks before weaning and during the following week.

Key words : weaning, calf, dietary protein, level of feeding, blood constituents.

Reçu en octobre 1983.

Accepté en août 1984.

Références bibliographiques

- BAUCHART D., AUROUSSEAU B., 1979. Studies of preruminant calf plasma lipids. *Ann. Rech. Vét.*, **10**, 393-395.
- BAZIN R.C., BRISSON G.J., 1976. Plasma lipids, ketone bodies and glucose concentrations in calves fed high- and low-fat milk replacers. *J. Dairy Sci.*, **59**, 1301-1305.
- FAICHNEY G.J., DAVIES L.H., 1972. The effect of formaldehyde treatment of peanut meal in concentrate diets on the performance of calves. *Aust. J. Agric. Res.*, **23**, 167-175.
- FENNESSY P.F., WOODLOCK M.R., JAGUSH K.T., 1972. The effect of early weaning on the concentrations of non-esterified fatty acids and glucose. *N.Z. J. Agric. Res.*, **15**, 802-807.
- GUILHERMET R., 1977. Alimentation du veau sevré précocement (veau d'élevage). In : MORNET P., LESPINASSE J., *Le Veau*, 185-206, Maloigne, Paris.
- GUYNN W.R., VEECH R., 1975. Enzymatic determination of acetate. In : COLOWICK S.P., KAPLAN N.A., *Methods in Enzymology, lipids*, **35**, 302-307. Acad. Press. New York.
- GODFREY N.W., 1961. The functional development of the calf : growth of the stomach of the calf. *J. Agric. Sci.*, **57**, 173-175.
- GROENWALD I.B., ELLIOTT R.C., JOHNSON P.T.C., 1975. Nitrogen intake and utilization by dairy calves : growth and food intake of calves offered dry diets containing different amounts of nitrogen. *Rhod. J. Agric. Res.*, **13**, 103-111.
- HODGSON J., 1971. The development of solid food intake in calves : studies on volume of rumen fluid determined by an indirect method. *Anim. Prod.*, **13**, 25-36.
- I.N.R.A., 1978. *Alimentation des Ruminants*, Publications I.N.R.A., Versailles, 597 p.
- KOUAME K.G., PATUREAU-MIRAND P., TROCCON J.L., PRUGNAUD J., JOURNET M., PION R., 1984. Nutrition des veaux au cours du sevrage. 2. Quelques aspects de l'utilisation digestive et métabolique des protéines. *Ann. Zootech.*, **33**, 445-465.
- LEAT W.M.F., 1970. Carbohydrate and lipid metabolism in the ruminant during post-natal development. In : PHILLIPSON A.T., *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*, 211-222, Oriel Press, Newcastle.
- LEIBHOLZ J., 1975. The development of ruminant digestion in the calf : the digestion of barley and soya bean meal. *Aust. J. Agric. Res.*, **26**, 1081-1091.
- LITTLE W., KAY R.M., MANSTON R., ROWLANDS G.J., STARK A.J., 1977. The effect of age, live-weight gain and feed intake on the blood composition of young calves. *J. Agric. Sci.*, **89**, 291-296.
- MATHIEU C.M., 1963. Les bases physiologiques de l'élevage et de l'engraissement des veaux. *Revue de l'Élevage*, **34**, 5-21.
- MATHIEU C.M., 1966. Communication personnelle.
- MICHEL M.C., 1971. *Analyse quantitative de quelques substances azotées et glucidiques en milieu biologique. Essai de rationalisation*. Thèse Doctorat d'université, Clermont-Ferrand, 97 p.
- ROY J.H.B., 1980. *The calf*. Vol. 2, p. 3-17. Butterworths-Londres.
- SASAKI Y., TAKESHITA K., WATANABE S., ASAI T., 1969. Development of the utilization of volatile fatty acids in young calves observed by arteriovenous difference. *Jap. J. Zootech. Sci.*, **40**, 139-150.
- SHARKEY M.J., KAT C., JEFFERY R.S., 1974. Some effects of formaldehyde treatment of barley/linseed meal diets on feed intake and growth rate of Friesian calves. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.*, **10**, 82-85.
- STOBO I.J.F., ROY J.H.B., 1973. The protein requirement of the ruminant calf : nitrogen balance studies on rapidly growing calves given diets of different protein content. *Br. J. Nutr.*, **30**, 113-125.
- STOBO I.J.F., ROY J.H.B., GASTON H.J., 1966. Rumen development in the calf. 2. The effect of diets containing different proportions of concentrates to hay on digestive efficiency. *Br. J. Nutr.*, **20**, 189-215.

- STOBO I.J.F., ROY J.H.B., GASTON H.J., 1967. The protein requirement of the ruminating calf. Further studies on the effect of protein content of the concentrate mixture on the performance of calves weaned at an early age. *Anim. Prod.*, **9**, 23-33.
- SUTTON J.D., MAC GILLIARD A.D., RICHARD M., JACOBSON N.L., 1963. Functional development of rumen mucosa : metabolic activity. *J. Dairy Sci.*, **46**, 530-537.
- TOULLEC R., GUILLOTEAU P., COROLLER J.Y., 1979. Influence de la cinétique d'évacuation gastrique de l'aliment sur l'absorption chez le veau préruminant. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, **19**, 729-732.
- TROCCON J.L., JOURNET M., 1979. Influence de l'apport d'aliments tannés de bonne qualité sur les performances des veaux femelles d'élevage, de la naissance à 3 mois. *Bull. Tech. C.R.Z.V., Theix, I.N.R.A.*, **38**, 19-25.
- VERITE R., DEMARQUILLY C., 1978. Qualité des matières azotées des aliments pour ruminants. *In : La vache laitière*, 143-157. IX^e Journées du « Grenier de Theix » de l'I.N.R.A., Versailles.
- WEBB D.W., HEAD H.H., WILCOX C.J., 1969. Effect of age and diet on fasting blood and plasma glucose levels, plasma non-esterified fatty acid levels and glucose tolerance in dairy calves. *J. Dairy Sci.*, **52**, 2007-2013.
- WHEELER E.E., VEIRA D.M., STONE J.B., 1980. Comparison of tower rapeseed meal and soybean meal as sources of protein in pelleted calf starter rations. *Can. J. Anim. Sci.*, **60**, 93-97.
- WILLIAMSON D.H., MELLAMBY J., 1974. D (-) 3 - hydroxybutyrate. *In : BERGMAYER H.V., Methods of enzymatic analysis*, **4**, 1836-1868, Acad. Press, New York.
- ZELTER S.Z., 1970. Quelques aspects nutritionnels de la qualité des tourteaux de colza et de navette. *In : Journées internationales sur le colza*, 411-439. C.E.T.I.O.M., Paris.