

# La digestion des lipides chez le ruminant

La quantité totale et les proportions des différents acides gras présents dans le lait et la viande des ruminants peuvent être modifiées par l'alimentation des animaux. Les bactéries du rumen jouent un rôle majeur dans ces modifications, en transformant les lipides apportés par l'alimentation et en synthétisant de nouveaux acides gras à partir des autres constituants disponibles.

Les animaux ruminants possèdent un système digestif au fonctionnement complexe en raison, notamment, de la diversité des régimes ingérés et des transformations qui se déroulent dans l'ensemble stomacal sous l'action des populations microbiennes. A ce niveau, le métabolisme des lipides présente un rôle déterminant vis-à-vis de la quantité et surtout la proportion des acides gras disponibles pour les synthèses lipidiques corporelles et mammaires. Cet article a pour objet d'analyser les principaux aspects de la digestion des lipides. Des revues sur la question ont déjà été publiées (Viviani 1970, Bauchart 1981, Jenkins 1993 et 1994, Doreau et Chilliard 1997, Harfoot et Hazlewood 1997, Demeyer et Doreau 1999 ...), la présente revue cherche surtout à quantifier et à actualiser les connaissances sur les principaux aspects de cette digestion.

## Résumé

La digestion des lipides chez les ruminants présente un regain d'intérêt en raison de la présence, dans les produits de ces animaux, d'acides gras (AG) ayant une influence technologique ou diététique de mieux en mieux démontrée. Dans le réticulo-rumen, la digestion des AG alimentaires correspond au phénomène d'hydrogénation et d'isomérisation. Les micro-organismes, en particulier les bactéries attachées aux particules, sont plus riches en AG que les rations offertes aux ruminants. La composition en AG de ces microorganismes se caractérise par une grande diversité moléculaire (plus de 50 AG) et la domination de deux d'entre eux : C16:0 et surtout C18:0. Cette composition peut être influencée par les caractéristiques de la ration : richesse en concentré et composition en AG lorsqu'il y a supplémentation en matières grasses. Le flux d'AG au duodénum (Y), exprimés en % de la matière sèche ingérée (MSI), est très corrélé au flux ingéré (X, % MSI) :  $Y = 0,83 X + 0,84$  ( $n = 116$ ,  $R^2 = 0,94$ ,  $etr = 0,54$ ). Il dépend également de l'importance des synthèses microbiennes ruminales. En moyenne, les 2/3 des doubles liaisons des AG ingérés sont hydrogénées dans le réticulo-rumen. L'intensité de l'hydrogénation diminue avec des rations riches en concentrés et celles qui sont ingérées en grande quantité. Des équations proposées permettent de prédire les flux duodénaux des principaux AG en fonction des flux ingérés. La digestibilité intestinale des AG varie entre 65 et 75 % environ. La nature de la matière grasse apportée semble influencer légèrement cette digestibilité. L'ensemble des données traitées permet de prédire les flux absorbés des principaux AG chez les ruminants et de formuler des régimes sur cette base.

## 1 / Principaux aspects qualitatifs de la digestion des lipides dans le rumen

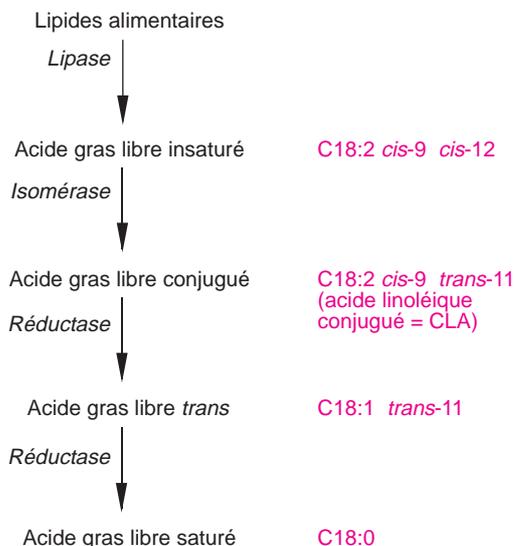
### 1.1 / Hydrolyse

L'hydrolyse des lipides alimentaires est en général considérée comme rapide (moins d'1 h), cependant la cinétique précise de cette phase a été peu étudiée, en particulier dans le cas de lipides alimentaires atypiques (lipides cristallisés, protégés ...). Le glycérol libéré est transformé en acides gras volatils tandis que les acides gras libres ne peuvent être oxydés en raison des conditions d'anaérobiose du rumen.

### 1.2 / Isomérisation et hydrogénation

Il s'agit là d'un phénomène biochimique essentiel et particulier aux écosystèmes microbiens vivants en anaérobiose. Les acides gras (AG) libérés lors de l'hydrolyse subissent l'action d'isomérases et de réductases. Les isomérases ont notamment pour conséquence de transformer des liaisons éthyléniques *cis* en liaisons *trans* tandis que les réductases saturent ces liaisons. Différentes voies métaboliques s'appliquant aux acides gras polyinsaturés, C18:2 et C18:3, ont été décrites. La figure 1 en présente un exemple classique : il s'agit du cas de l'acide linoléique qui présente comme métabolite intermédiaire l'acide linoléique conjugué ou CLA (conjugated linoleic acid), c'est-à-dire l'acide C18:2, *cis*-9, *trans*-11. Les activités de transfert des différentes molécules d'AG entre les différentes voies métaboliques ne présentent pas la même efficacité. Ainsi, certains acides intermédiaires (par exemple C18:1 *trans*) peuvent ne pas être entièrement métabolisés et passer dans l'intestin avec les digesta (Harfoot et Hazlewood 1998).

**Figure 1.** Lipolyse et hydrogénation des acides gras dans le rumen.



### 1.3 / Synthèse endogène

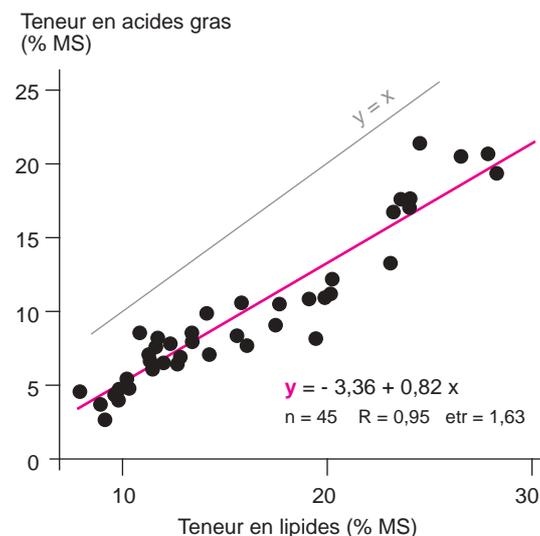
Les microbes du rumen peuvent synthétiser leurs propres lipides. La synthèse endogène d'acides gras par les micro-organismes s'effectue à partir de précurseurs courts : l'acétate, le propionate, le valérate ou des chaînes carbonées ramifiées issues de la dégradation des acides aminés du même type (valine, leucine, isoleucine). Il y a formation d'acides gras particuliers à chaîne carbonée impaire ou ramifiée lorsque le propionate et les chaînes carbonées ramifiées sont les précurseurs (voir plus loin).

## 2 / Les lipides des microbes du rumen

Nous avons rassemblé des données de composition en lipides et en acides gras de bactéries du rumen à partir de 19 publications de la littérature. Cette base a permis de dégager les grands aspects qui suivent.

Les teneurs en lipides des bactéries du rumen sont en moyenne de l'ordre de 10-15 % MS et peuvent atteindre 30 %. Elles sont nettement plus importantes (plus de 2 fois en moyenne, et 4 à 5 fois pour les régimes non supplémentés en lipides) que celles des rations non supplémentées en matières grasses (MG). Pour cette raison le flux de lipides au duodénum provient en majorité des bactéries, à 63,3 % (n = 10) pour les régimes non ou peu supplémentés en lipides. Les lipides bactériens sont constitués aux 2/3 environ d'acides gras. La figure 2 montre la relation étroite associant ces deux paramètres. Qualitativement, les lipides bactériens contiennent des di- et triglycérides. Ils comprennent également des lipides polaires ainsi que des acides gras libres, à des teneurs avoisinant 5 % de la MS pour chaque catégorie (Legay-Carmier et Bauchart 1989). Les AG libres représentent de 2 à 15 % de la MS des microorganismes, soit 35 à 85 % des AG totaux. Les lipides bactériens contiennent également des cires et des stérols.

**Figure 2.** Relations entre les teneurs en acides gras et en lipides des bactéries du rumen.



D'une façon générale, les bactéries fixées aux particules alimentaires, qui représentent environ les trois quart des bactéries du rumen, sont 2 à 3 fois plus riches en acides gras que les bactéries libres (environ 15-20 % vs 6-10 % MS ; Legay-Carmier et Bauchart 1989). Les protozoaires présentent des teneurs en acides gras plus faibles (2-4 % MS).

Au moins 50 acides gras peuvent être distingués dans les lipides bactériens (Harfoot et Hazlewood 1998, Bas *et al* 2001). Le tableau 1 présente les valeurs de composition moyenne en acides gras observées dans le cas de régimes non supplémentés en MG. Deux acides gras représentent près des 2/3 de l'ensemble: C18:0 et C16:0. La teneur en acides gras désaturés est faible (de 10 à 15 %), les AG monoènes à 18 atomes de carbone représentent près de 10 % des AG totaux. On note également la présence de proportions non négligeables d'acides gras impairs (2 à 6 %) et ramifiés (4 à 12 %) en général.

## 3 / Réponses des lipides microbiens aux variations du régime

### 3.1 / Apports énergétiques non lipidiques et azotés

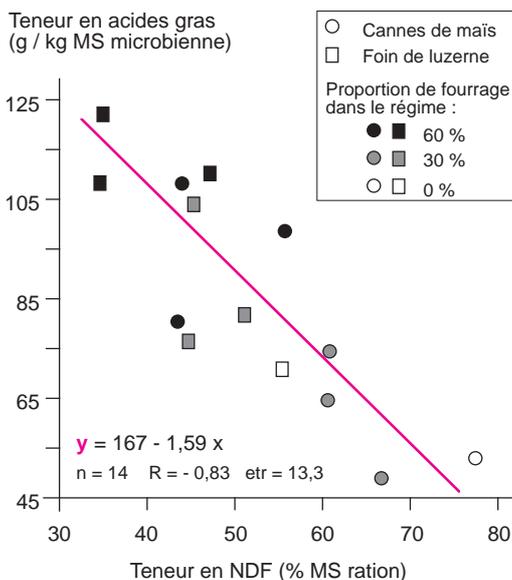
Ces facteurs ont été peu étudiés, cependant les variations de teneurs en énergie des régimes alimentaires non supplémentés en MG sont susceptibles de modifier sensiblement la teneur et la composition en acides gras des bactéries. Bas *et al* (2001) ont ainsi observé qu'un accroissement de la teneur en NDF des rations réduisait les teneurs en acides gras des bactéries du rumen (figure 3). En outre, dans ces conditions, les proportions d'AG ramifiés et impairs augmentent (figure 4) aux dépens de la proportion de C18:0. Enfin, il est intéressant de constater que la teneur en acides gras des bactéries, qui représente vraisemblablement le principal stock

**Tableau 1.** Composition moyenne en acides gras (AG) des bactéries du rumen dans le cas de régimes non supplémentés en lipides.

Acides gras	Nombre <sup>(1)</sup>	% des AG	Ecart type
C12:0	31	1,4	1,1
C14:0	33	3,2	1,4
Iso C15	15	2,0	1,0
Anteiso C15	15	2,9	1,1
C15:0	18	2,9	1,8
Iso C16	15	1,0	0,6
C16:0	35	22,9	4,5
C16:1	15	1,1	0,9
Iso C17	15	0,7	0,2
Anteiso C17	15	1,0	0,04
C17:0	23	1,1	0,6
C18:0	35	39,0	12,0
C18:1 trans	17	2,9	1,4
C18:1 cis	17	2,5	1,4
Total C18:1	35	10,4	5,4
C18:2	35	3,0	1,9
C20:0	16	1,0	0,3
C22:0	15	0,4	0,2

<sup>(1)</sup> Ne sont considérés que les acides gras pour lesquels au moins 15 valeurs ont été documentées.

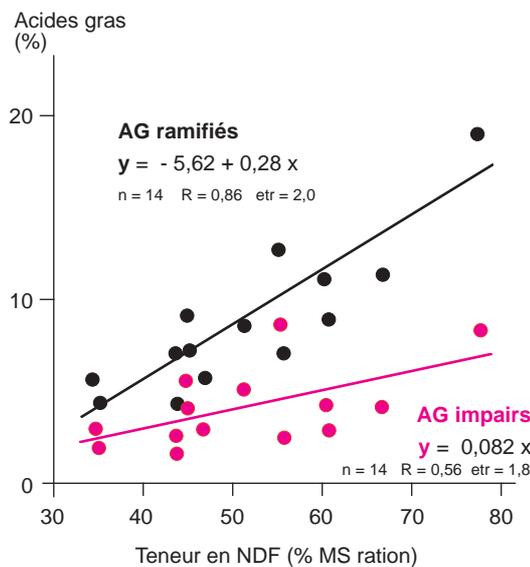
**Figure 3.** Relations entre la teneur en acides gras des micro-organismes du rumen et la teneur en NDF de la ration.



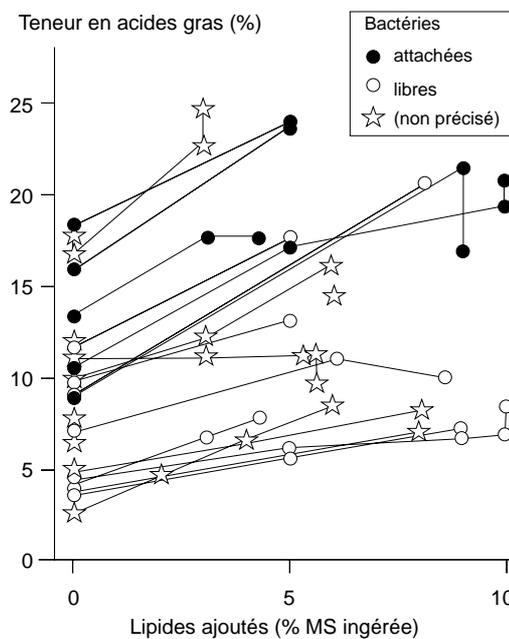
énergétique de ces cellules, suit assez précisément un paramètre tel que le nombre d'atomes de carbone/mole d'AGV dans le jus de rumen. En effet, ce dernier paramètre peut être considéré comme indicateur du surplus d'énergie disponible dans le milieu ruminal pour les micro-organismes.

Les données sur l'influence spécifique du taux azoté de la ration sur les lipides microbiens ne semblent pas exister. Il serait cependant intéressant de savoir par exemple si une protéolyse plus intense dans le rumen, consécutive à l'apport d'une ration riche en protéines, ne serait pas susceptible de fournir plus de substrats carbonés ramifiés, issus des acides aminés du même type, aboutissant à une synthèse accrue d'acides gras microbiens ramifiés.

**Figure 4.** Influence de la teneur en NDF de la ration sur les proportions d'acides gras ramifiés (iso + anteiso) et d'acides gras impairs dans les acides gras des bactéries du rumen.



**Figure 5.** Teneurs en acides gras des bactéries du rumen selon la supplémentation lipidique de la ration.



### 3.2 / Supplémentations en matières grasses

La teneur en acides gras des cellules bactériennes varie en fonction de l'ajout de lipides à la ration (figure 5). Il y a un accroissement moyen de 0,70 (± 0,09) point d'AG bactérien par point d'augmentation des lipides ajoutés à la ration. Cette valeur révèle l'importance de la capacité des microbes du rumen à capter et stocker des acides gras alimentaires. Quelques données permettent de constater que le profil en acides gras des bactéries du rumen dépend en partie au moins de la nature de la supplémentation lipidique. Une supplémentation du régime en graines de colza ou de soja accroît les teneurs des bactéries en C18:1 et réduit la teneur en C16:0, tandis qu'un

**Tableau 2.** Variations de la composition en acides gras majeurs des triglycérides des bactéries du rumen en fonction du régime alimentaire (13 à 16 publications prises en compte).

Régimes	En % des acides gras totaux				
	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2
Témoin <sup>(1)</sup>	3,0	24,0	34,3	11,7	3,9
Témoin + Soja <sup>(2)</sup>	1,3	14,3	36,7	24,6	3,2
Témoin + Colza <sup>(2)</sup>	2,6	16,9	34,6	21,2	3,2
Témoin + Suif <sup>(2)</sup>	4,1	26,3	33,9	13,5	1,9
Témoin + Palme <sup>(2)</sup>	2,7	40,0	32,4	9,8	2,5

<sup>(1)</sup> Régimes non supplémentés en lipides.

<sup>(2)</sup> Régimes supplémentés par la source de matière grasse indiquée.

apport en huile de palme cristallisée accroît fortement la teneur en C16:0 (tableau 2). Le profil en AG majeurs des bactéries est assez comparable entre les régimes témoins et ceux qui sont supplémentés en suif (tableau 2).

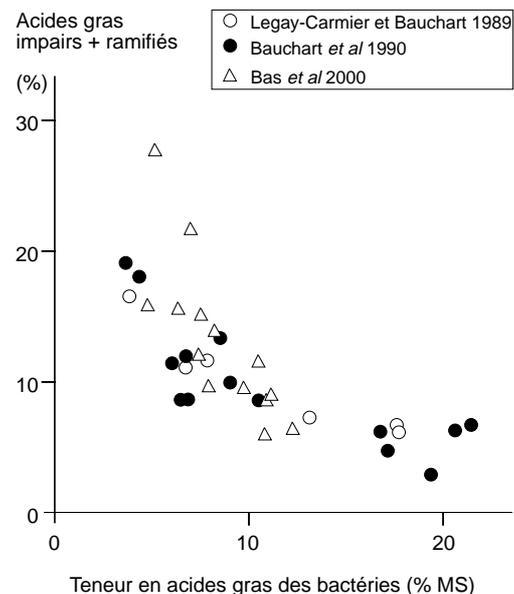
Ces variations d'apports exogènes d'acides gras induisent, par contrecoup, des modifications des proportions des acides gras d'origine endogène et structuraux. Ainsi, les proportions des AG impairs et ramifiés diminuent nettement lorsque les cellules sont globalement plus riches en acides gras d'origine exogène (figure 6).

#### 4 / Interactions digestives induites par les lipides alimentaires

Il est connu que les lipides alimentaires peuvent induire des phénomènes d'interaction digestive négative dans le rumen. Ces phénomènes sont plus marqués lorsqu'il s'agit d'acides gras désaturés (Czerkawski 1973, Broudiscou *et al* 1994). Des effets négatifs ont ainsi été rapportés sur la digestibilité ruminale des parois végétales et de la matière organique et sur le profil fermentaire, en particulier le rapport acétate/propionate se trouve être réduit, surtout lors d'un apport d'acides gras désaturés et non protégés (Ferlay 1992). En outre la production de CH<sub>4</sub> est altérée par l'apport de matières grasses alimentaires, en particulier si celles-ci sont d'origine végétale. Ces résultats indiquent que l'apport d'acides gras désaturés interfère avec le métabolisme de l'hydrogène moléculaire. Enfin, les concentrations bactériennes et, surtout, la densité des protozoaires se trouvent être réduites par l'apport de lipides non saturés et non protégés (huiles végétales, notamment huile de lin, et huile de poisson).

Ces phénomènes ont déjà été bien décrits, ce sont eux qui sont, pour partie, à l'origine des technologies de protection des lipides alimentaires distribués au ruminant. Il convient cependant de remarquer que, sur la base de données considérée, il n'y a pas eu d'effet significatif de la quantité ajoutée ou du degré de désaturation des lipides alimentaires sur le rapport acétate/propionate (30 expériences et

**Figure 6.** Relation entre la proportion d'acides gras ramifiés et impairs et la teneur en acides gras des bactéries du rumen.



87 résultats) et sur l'efficacité de la croissance microbienne dans le rumen (26 expériences et 77 résultats).

### 5 / Bilan lipidique ruminal

#### 5.1 / Aspects quantitatifs globaux

##### a / Flux des acides gras

Pour préciser ces aspects quantitatifs, nous avons constitué une base de données à partir des essais dans lesquels les flux d'acides gras au duodénum avaient été mesurés chez des bovins. Cette base, non exhaustive, comprend 120 résultats de régimes contenus dans 25 publications. La figure 7 confirme les figures analogues établies auparavant par Doreau et Chilliard (1997), montrant l'étroitesse de la relation entre la teneur en AG alimentaires rapportés à la MSI ( $AG_{msi} = 5,12 \pm 2,27 \%$ ;  $n = 120$ ;  $min = 1,24$ ;  $max = 9,93$ ) et le flux d'AG dans le duodénum, également rapportés à la MSI ( $AGD_{msi} = 5,08 \pm 2,02 \%$ ;  $n = 116$ ;  $min = 3,23$ ;  $max = 6,61$ ). La régression globale est :

$$AGD_{msi} = 0,795 AG_{msi} + 0,994 \quad [1]$$

( $n = 116$ ,  $R = 0,90$ ,  $etr = 0,86$ )

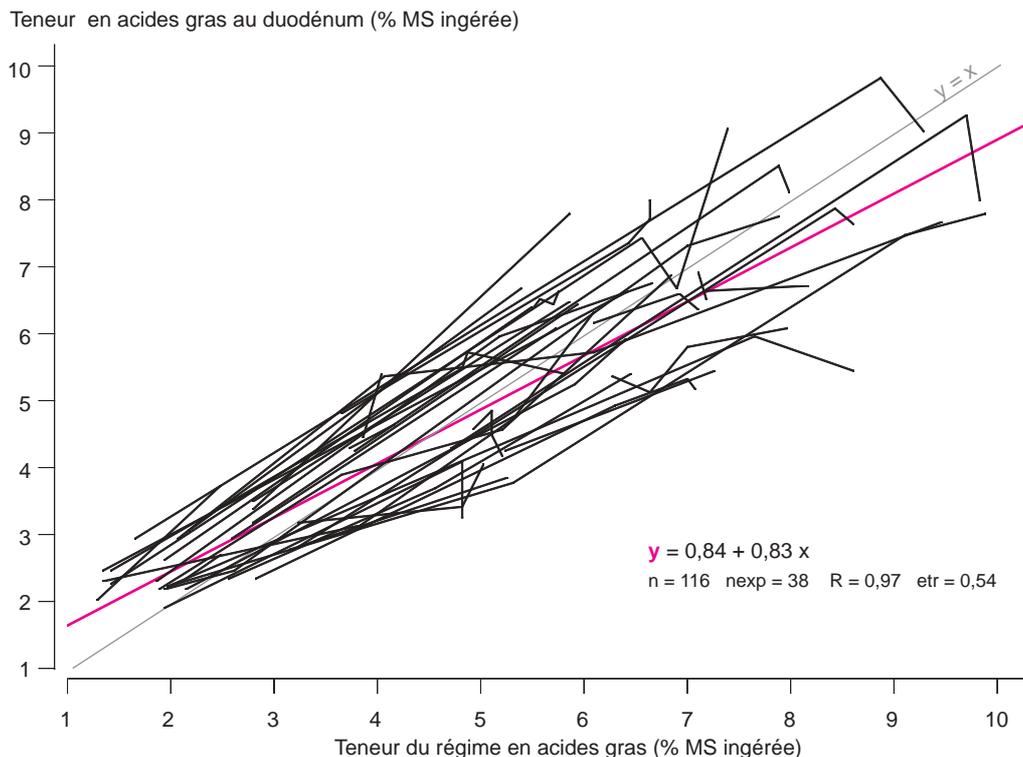
L'équation intra essai est plus précise, comme le laisse apparaître la figure 7 :

$$AGD_{msi} = 0,829 AG_{msi} + 0,843 \quad [2]$$

( $n = 116$ ,  $n_{exp} = 38$ ,  $R = 0,97$ ,  $etr = 0,54$ )

Les coefficients de régression de l'équation [2] ne sont pas significativement différents de ceux de l'équation [1]. Pour les deux équations, la pente est significativement inférieure à 1 et l'ordonnée à l'origine est significativement supérieure à 0, si bien que la régression coupe la première bissectrice dans le champ des données. Ces résultats révèlent donc un bilan lipidique ruminal positif pour les régimes les plus pauvres en lipides pour lesquels les synthèses lipidiques microbiennes permettent d'accroître le flux d'acides gras

Figure 7. Relations entre les teneurs en acides gras du régime et au duodénum chez les bovins.



mis à disposition des tissus. Concrètement, pour les 31 régimes témoins non supplémentés, le bilan ruminal des AG est de + 0,48 g/kg MSI alors qu'il est de - 0,15 g/kg MSI pour les régimes supplémentés en lipides. Il est apparu opportun de chercher à identifier et préciser les paramètres qui pourraient expliquer la variation résiduelle de la relation globale de la figure 7 ou du bilan ruminal des AG puisque ces deux paramètres sont très liés ( $R = 0,91$  ;  $n = 116$ ). En confrontant cette variation aux autres critères mesurés, il apparaît que le flux duodénal d'AG s'accroît significativement, pour une même teneur du régime en acides gras, lorsque la synthèse microbienne est plus importante et efficace ( $R = 0,73$  ;  $n = 77$ ). Cette information originale, qui traduit essentiellement des variations entre expériences, révèle l'impact de la prolifération microbienne sur la fourniture d'AG au ruminant. Pour 77 traitements disponibles, l'accroissement du flux duodénal d'AG a été de  $1,01 \pm 0,16$  g AG/g d'azote microbien. Ce résultat est cohérent avec le fait que les teneurs en azote et en AG des microbes sont du même ordre de grandeur. D'autres critères sont aussi significativement liés, mais de façon moindre, aux variations du bilan ruminal des AG, il s'agit en particulier des digestibilités de la MO et du NDF dans l'ensemble du tube digestif (dMO :  $n = 88$ ,  $R = -0,33$ , dNDF :  $n = 72$ ,  $R = -0,42$ ).

#### **b / Saturation en hydrogène des acides gras**

Les résultats des flux d'AG au duodénum permettent également d'évaluer globalement la capacité saturante en hydrogène du rumen. Pour cela, nous avons calculé, à partir des acides à 18 atomes de carbone, le nombre des doubles liaisons, en mmol/j, des AG ingérés et

des AG arrivant au duodénum. L'efficacité de la saturation en hydrogène, calculée en proportion du nombre des doubles liaisons dans les AG ingérés, a été en moyenne d'un peu plus des 2/3 ( $69,1 \pm 14,9$  % ; min = 20,3 ; max = 92,0). Cette efficacité d'hydrogénation varie largement mais n'a pas pu être précisément expliquée par les autres paramètres mesurés. Elle est significativement et positivement liée au degré de désaturation de la matière grasse ingérée ( $n = 104$ ,  $R = 0,31$ ) et au rapport acétate/propionate des AGV du rumen ( $n = 79$ ,  $R = 0,26$ ). Elle est d'autre part négativement liée à l'efficacité de la croissance microbienne ( $n = 69$ ,  $R = -0,46$ ) et à la proportion de concentré dans le régime ( $n = 96$ ,  $R = -0,34$ ). L'hydrogénation des AG alimentaires apparaît donc moins efficace avec des régimes plus riches en concentrés, induisant une croissance microbienne plus intense et des fermentations ruminales plus favorables à l'acide propionique. Il est possible que la fermentation propionique, qui est utilisatrice d'hydrogène, concurrence l'hydrogénation des lipides dans le rumen et explique l'effet observé.

#### **5.2 / Bilan par acide gras**

Des relations significatives existent entre les flux duodénaux des différents acides gras et leurs quantités ingérées. Le tableau 3 indique les équations obtenues pour prédire les flux duodénaux des acides C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 et C18:3 en g/kg MSI. Il apparaît en particulier que les flux de C18:0 et C18:1 sont significativement expliqués par les flux d'entrée des acides plus désaturés. Ce résultat est logique compte tenu du phénomène d'hydrogénation dans le rumen évoqué ci-dessus. Pour C18:0 les coefficients de régression

semblent indiquer que de plus grandes proportions de C18:3 que de C18:2 et que de C18:1 sont transformées en C18:0. Ces relations globales peuvent être utilisées en formulation des régimes. Cependant des variations inexpliquées demeurent en fonction de l'expérience, de la méthode d'analyses, et de la nature de la matière grasse ajoutée.

Lorsqu'ils ont été mesurés, les acides C18:1 *trans* ont représenté  $42,0 \pm 13,4\%$  ( $n = 36$ ) des acides gras C18:1 au duodénum. Par rapport à l'ensemble des acides, la proportion a été de  $6,2 \pm 4,6\%$ . Cette proportion en AG *trans* est accrue par l'apport alimentaire de matières grasses riches en C18:1 *trans* ou en C18:2 (tableau 3). En outre, à apports identiques de C18:1 *trans* et C18:2, la proportion de C18:1 *trans* au duodénum est significativement plus élevée lorsque la synthèse microbienne est plus efficace.

## 6 / Digestion intestinale des acides gras

Lorsqu'ils sont mesurés simultanément, les flux en AG/kg MSI à l'iléon ou au niveau fécal (ces deux flux sont très liés et statistiquement égaux :  $n = 42$ ,  $R = 0,93$ ) sont significativement reliés à ceux mesurés dans le duodénum ou ceux ingérés. En outre les flux d'AG digérés dans l'ensemble intestinal est très dépendant du flux entrant au duodénum et donc de la quantité ingérée (figure 8). La figure 8 et l'équation associée indiquent des valeurs d'AG absorbés supérieures à l'ingéré lorsque les flux lipidiques du régime sont faibles (régimes non supplémentés en matière grasse). Ce phénomène traduit vraisemblablement l'importance des synthèses endogènes d'acides gras dans le rumen. La variation résiduelle de l'équation de la figure 8 n'est pas expliquée par la nature de la matière grasse apportée. Mais, comme pour le flux duodécal, une meilleure croissance microbienne améliore significativement la quantité d'AG digérés.

Pour les essais dans lesquels les digestibilités iléale et fécale des AG ont été mesurées, les valeurs obtenues sont très comparables, de ce fait les digestibilités iléales ont été prédites par régression à partir des digestibilités fécales lorsque seules ces dernières étaient disponibles. La digestibilité iléale (dI %) des

AG varie selon la référence et la source de lipides utilisée. En tenant compte de l'influence de la teneur en AG du régime en covariable et des effets référence (Ai) et type de matière grasse (Bj), on obtient l'équation :

$$dI \% = 71,3 + Ai + Bj - 0,42 \text{ AG\%MSI} \quad [3]$$

( $n = 93$ ,  $n_{\text{exp}} = 30$ ,  $R = 0,85$ ,  $\text{etr} = 8,2$ )

Une étude des valeurs Bj indique que des effets significatifs discriminent la digestibilité des AG des régimes témoins non supplémentés ( $n = 23$ ,  $dI = 80,2\%$ ), supplémentés en MG végétales ( $n = 23$ ,  $dI = 70,6\%$ ), en MG animales ( $n = 33$ ,  $dI = 72,1\%$ ) et en MG de palme ( $n = 9$ ,  $dI = 78,6$ ). Les données concernant les digestibilités des principaux acides gras ont également été traitées. Les valeurs moyennes figurent au tableau 4, elles sont relativement proches les unes des autres. Ces valeurs sont positivement et significativement liées entre elles. Pour C16:0 et C18:3, il n'y a pas d'influence du type de matière grasse alors que des effets significatifs sont observés pour C18:0, C18:1 et C18:2. Cependant, compte tenu du nombre limité des données, ces différences ne sont pas indiquées et les valeurs du tableau 4 peuvent être utilisées pour calculer les quantités digérées des principaux acides gras.

## Conclusions

L'ensemble de ces données indique que la quantité et la composition des acides gras arrivant au duodénum et disponibles pour les métabolismes des ruminants peuvent être sensiblement modifiés par des apports alimentaires de matières grasses. Les équations proposées dans ce travail permettent de prédire les quantités d'acides gras absorbées dans l'intestin des bovins. Elles peuvent être utilisées pour formuler des régimes en tenant compte du flux total des AG absorbés ou bien même des flux des principaux AG. L'aspect le plus original des informations présentées concerne l'importance de l'activité des bactéries ruminales vis-à-vis de la digestion qualitative et quantitative des acides gras alimentaires. Pour gagner en précision, d'autres données devront être obtenues pour préciser d'autres aspects clefs, il s'agit en particulier du rôle de la croissance microbienne, de l'efficacité de l'hydrogénation dans le rumen et la digestibilité intestinale des acides gras issus du rumen.

**Tableau 3.** Equations de prévision des flux duodénaux des principaux acides gras (g/kg MSI).

Flux duodécal	Cste <sup>(1)</sup>	Coefficients de régression						N <sup>(2)</sup>	R	etr
		C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3			
C14:0	0,43	0,39					69	0,60	0,27	
C16:0	1,82		0,83				115	0,96	1,71	
C18:0	5,96			1,02	0,31	0,47	95	0,89	4,90	
C18:1	-				0,37	0,18	107	0,78	4,28	
C18:2	-1,03					0,31	107	0,71	2,89	
C18:3	0,29						95	0,48	0,52	
C18:1 trans	-3,02				0,96 <sup>(3)</sup>	0,42	30	2,6	0,79	

<sup>(1)</sup> Constante de la régression.

<sup>(2)</sup> Nombre de résultats pris en compte.

<sup>(3)</sup> Coefficient de régression de l'intrant de 18:1 trans.

Figure 8. Relations entre les teneurs en acides gras du régime et les acides gras digestibles dans l'intestin.

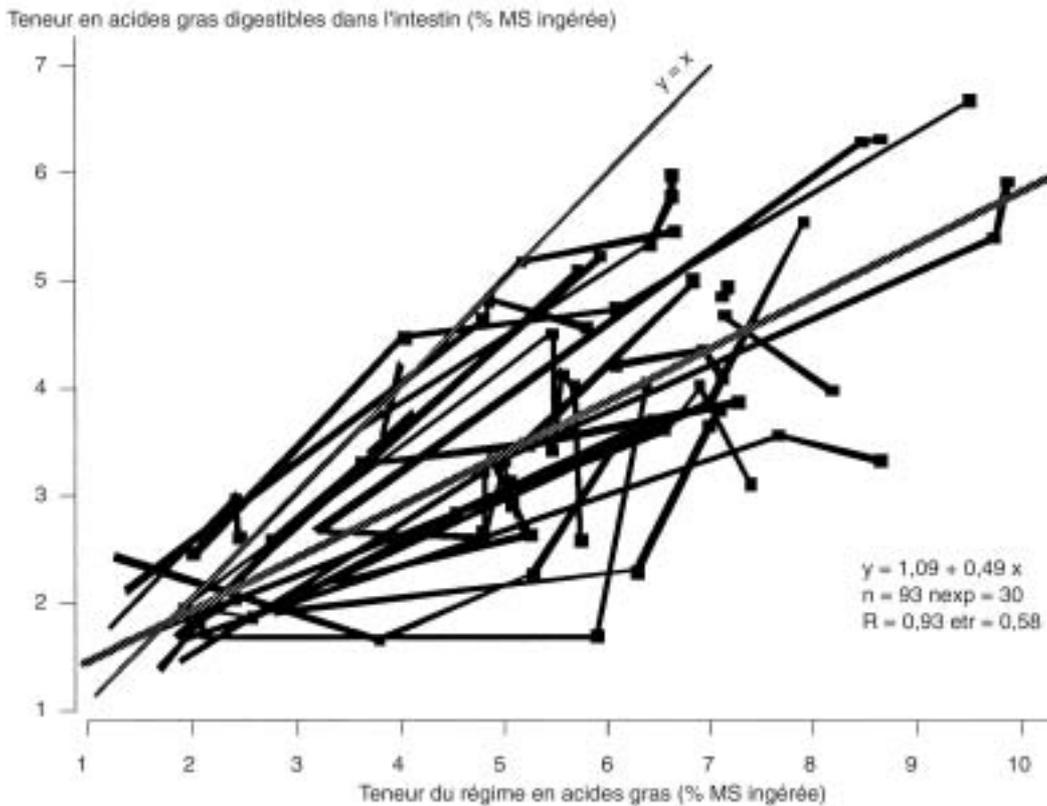


Tableau 4. Valeurs de digestibilité intestinale des principaux acides gras.

Acides gras	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Nombre	79	83	79	79	62
Moyenne	74,9	70,4	77,4	74,3	73,1
Ecart type	10,9	14,7	16,1	23,5	12,9

## Références

Bas P., Archimède A., Rouzeau A., Sauvant D., 2001. Influence of level and type of forage and type of concentrate on fatty acid composition of mixed rumen bacteria (soumis à Journal of Animal Science).

Bauchart D., 1981. Digestion comparée des lipides chez les ruminants et les monogastriques, Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 46, 45-55.

Broudiscou L., Pochet S., Poncet C., 1994. Effect of linseed oil supplementation on feed degradation and microbial synthesis in the rumen of ciliate free and defaunated sheep. Anim. Feed Sci. Technol., 49, 189-202.

Czerkawski J.W., 1973. Effect of linseed oil fatty acids and linseed oil on rumen fermentation in sheep. J. Agric. Sci. Camb., 81, 517-531.

Demeyer D., Doreau M., 1999. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. Proc. Nutr. Soc., 58, 593-607.

Doreau M., Chilliard Y., 1997. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. Br. J. Nutr., 78, 515-535.

Ferlay A., 1992. Effet de la supplémentation lipidique des rations sur la digestion des glucides et des matières azotées chez la vache laitière. Conséquence sur l'hydrogénation ruminale et l'absorption intestinale des acides gras. Thèse ENSA Rennes.

Harfoot C.G., Hazlewood, 1997. Lipid metabolism in the rumen. In : Hobson PN et Stewart CS (eds), The rumen microbial ecosystem, 382-426. Blackie Academic.

Jenkins T.C., 1993. Lipid metabolism in the rumen. J. Dairy Sci., 76, 3851-3863.

Jenkins T.C., 1994. Regulation of lipid metabolism in the rumen. J. Nutr., 124, 1372-1376.

Legay-Carmier A., Bauchart D., 1989. Distribution of bacteria in the rumen content of dairy cows given a diet supplemented with soyabean oil. Br. J. Nutr., 61, 725-732.

Viviani R., 1993. Lipid metabolism in the rumen. J. Dairy Sci., 76, 3851-3863.

---

**Abstract**

---

***Lipid digestion in ruminants.***

Lipid digestion in ruminants presents a renewed interest because of the presence of fatty acids (FA) having an influence on the technological and nutritional properties of their products. These aspects are mainly the outcome of the hydrogenation and isomerisation of the FA in the reticulo-rumen. Micro-organisms of the rumen, particularly the attached bacteria, are richer in FA than the offered diets. The FA composition of microbes is characterised by molecular diversity (more than 50 FA) and a high content in C16:0 and particularly C18:0. The FA composition can be influenced by dietary effects: concentrate contents of the diet and FA composition when the diet is supplemented with lipids. The duodenal flow of FA (Y), expressed in % of dry matter intake (DMI) is highly correlated with the ingested flow of FA (X, % DMI) :

$$Y = 0.83 X + 0.84$$

$$(n = 116, R^2 = 0.94, \text{rsd} = 0.54)$$

Lipid digestion also depends on the level of the microbial synthesis in the rumen. About 2/3 of the double bonds of the ingested FA are hydrogenated in the reticulo-rumen. The intensity of this hydrogenation decreases with diets rich in concentrate and having a high level of intake. The intestinal digestibility of FA ranges between 65 and 75 % approximately. The type of fat supplementation can influence this digestibility. The data and equations provided in this paper allow to predict the absorbed flows of the major FA in ruminants and to formulate diets on this basis.

SAUVANT D., BAS P., 2001. La digestion des lipides chez le ruminant. INRA Prod. Anim., 14, 303-310.