

Troisième partie :

DISCUSSION GENERALE

Chapitre 1

Introduction

Parmi les nutriments indispensables à la santé de l'animal, les acides aminés, les minéraux, les vitamines et les acides gras essentiels ont fait l'objet de nombreux travaux (NRC, 1974 et 1985). Leurs besoins journaliers sont de mieux en mieux connus. Bien que les fibres alimentaires ne soient pas essentielles, elles exercent cependant des effets favorables sur le transit intestinal et le fonctionnement du côlon (Hallman *et al.*, 1995). Actuellement, elles sont incorporées à faibles concentrations dans les aliments classiques et à doses plus élevées dans les aliments diététiques destinés à prévenir ou à traiter la constipation, l'obésité, le diabète (Dimski et Buffington, 1991) et certaines diarrhées chroniques (Leib *et al.*, 1991; Debraekeleer et Henroteaux, 1994).

La fibre alimentaire est définie selon des critères botaniques, chimiques, physiques ou nutritionnels. Selon Trowell (1974), elle est le "résidu" de cellules végétales résistant à l'hydrolyse par les enzymes digestives chez l'homme. Pour le chimiste, la caractérisation de la fibre est très complexe. A l'origine, la fibre brute a été définie comme le résidu obtenu après le traitement des aliments aux acides et aux bases (Henneberg et Stohman, 1860). Un siècle plus tard, Van Soest (1963a et b) développait les techniques d'analyse de la fibre-détergent acide (ADF) et de la fibre-détergent neutre (NDF). La méthode de Englyst et Cummings (1984) permet une détermination précise, par chromatographie en phase liquide et par colorimétrie des sucres, des polysaccharides autres que l'amidon et la cellulose. En 1984, Prosky *et al.* introduisaient le concept de fibre alimentaire totale (TDF-Total Dietary Fibre). L'association de ces techniques permet de déterminer les composants chimiques principaux des fibres à savoir cellulose, hémicelluloses, pectines, gommés et lignines. Les fibres sont également classées en fibres solubles (SDF-Soluble Dietary Fibre) ou insolubles (IDF-Insoluble Dietary Fibre).

Dans le présent travail, les fibres entrent dans la composition des rations sous forme d'aliments qui en contiennent une concentration élevée ou comme suppléments.

Un ensemble de 7 expériences compare les effets de l'incorporation de différentes fibres dans des régimes complets et équilibrés chez des chiens sains (6 travaux) ou obèses (1 étude).

Chapitre 2

Récapitulatif des schémas expérimentaux

§2.1. La ration témoin

Les 7 études reprises dans le présent travail ont été conçues selon un schéma identique basé sur les 2 éléments suivants :

- 1) établissement d'une ration témoin composée de matières premières
- 2) addition de fibres à la ration témoin à des taux d'incorporation propres à l'expérience.

Les matières premières étaient des aliments simples, de composition connue, et utilisés en nombre limité en vue de maîtriser au mieux la formulation. La source azotée était de la viande de boeuf. Une quantité suffisante pour l'ensemble d'un essai était stockée dans un congélateur au début de l'expérience. La source d'énergie était un aliment riche en amidon. Il s'agissait soit de riz cuit ou soufflé, de maïs floconné ou d'amidon gélatinisé. L'apport en acides gras essentiels était assuré par de l'huile de maïs. Un mélange minéral et vitaminé, spécialement formulé pour chaque étude, était ajouté de manière à couvrir les besoins journaliers en micro-nutriments. Le tableau 2.1 présente les principaux ingrédients des rations témoins. Les rations expérimentales étaient préparées chaque matin en mélangeant les ingrédients et en y ajoutant une quantité d'eau suffisante pour rendre la ration appétissante. En effet, les ingrédients secs comme le maïs floconné et l'amidon pré-gélatinisé nécessitaient une hydratation préalable pour que les rations soient ingérées. La quantité d'eau ajoutée variait de 400 à 800 ml selon le type de matières premières utilisées. Tous les chiens inclus dans les protocoles expérimentaux, élevés dans le service depuis l'âge de 6 mois, recevaient en un seul repas une quantité fixe de nourriture correspondant à leurs besoins énergétiques calculés sur base de leur poids métabolique (NRC, 1974). Ils étaient habitués à consommer cette ration en 5 minutes.

TABLEAU 2.1.—Principaux ingrédients utilisés dans les rations témoins.

N° Etude	Viande de boeuf	Riz cuit	Riz soufflé	Maïs floconné	Amidon gelatinisé	Huile de maïs	Minéraux Vitamines ¹
1	+	+				+	+
2	+		+			+	+
3	+			+		+	+
4	+			+		+	+
5	+			+		+	+
6	+				+	+	+
7	+				+	+	+

¹ Complexe minéro-vitaminé formulé spécifiquement pour chaque étude

§2.2. Les fibres alimentaires

Dans l'ensemble des 7 études, 8 fibres ont été étudiées, seules ou en association.

La gomme de guar a été utilisée dans 5 études. La fibre de betterave et la cellulose ont été testées 3 fois. Les pectines et l'inuline d'une part et les pulpes de betterave et de chicorée d'autre part ont été utilisées une fois.

Enfin, deux combinaisons de fibres purifiées ont été testées deux fois; il s'agissait de fructooligosaccharides (FOS) en association avec de la fibre de betterave, et de la cellulose en association avec de la gomme de guar.

§2.2.1. Caractérisation chimique

Dans le cadre de la discussion, il est apparu intéressant d'exprimer les apports en fibres sous forme de fibres alimentaires totales, solubles et insolubles ajoutées. Pour chaque régime testé, un supplément de fibres était ajouté aux ingrédients de base utilisés dans les rations témoins. Après détermination par analyse chimique des teneurs en IDF, SDF et TDF dans les suppléments utilisés, les concentrations de ces 3 paramètres ont été calculées et exprimées

dans la matière sèche (MS) des rations testées telles qu'elles ont été ingérées par les chiens. Voici, à titre d'exemple, le mode de calcul utilisé dans l'étude 1 pour la gomme de guar.

Taux d'incorporation : 3.4 % MS de la ration

Composition : fibres totales : 97 % MS

dont - 67 % de fibres solubles

- 33 % de fibres insolubles

TDF apportée par la gomme de guar : $3.4 \times 0.97 = 3.3$ %

dont - $3.3 \times 0.67 = 2.2$ % de fibres solubles

dont - $3.3 \times 0.33 = 1.1$ % de fibres insolubles

Les concentrations en fibres présentées dans le tableau 2.2. sont donc les teneurs en IDF, SDF et TDF provenant des suppléments ajoutés, et non des teneurs totales. Pour l'ensemble des 20 traitements considérés, les teneurs en IDF ajoutée ont varié de 0 (pectines, étude 1) à 12.0 % (pulpes de betterave, étude 5), celles en SDF de 0 (cellulose, études 1, 6 et 7) à 8.5 % (FOS et fibre de betterave, étude 4) et celles en TDF de 1.8 % (inuline, étude 3) à 14.2 % (pulpes de betterave, étude 5).

§2.2.2. Brève description des fibres

La gomme de guar est une poudre blanchâtre qui forme un gel visqueux en solution aqueuse. Elle est composée de galactomannanes et est extraite de la graine de *Cyamopsis tetragonolobus*. La gomme de guar est généralement considérée comme une source de fibre soluble bien qu'elle contienne cependant 30% de fibre insoluble (Bauer et Maskell, 1996).

Les substances pectiques sont des constituants des parois végétales et forment un "ciment" intercellulaire. Le squelette de toutes les substances pectiques est formé par des acides α D-

galacturoniques liés en $\alpha[1\rightarrow4]$; cette chaîne constitue l'acide polygalacturonique ou acide pectique. On ne connaît que quelques types de substances pectiques possédant une structure aussi simple; en général, celle-ci est plus complexe en raison de la substitution de certains groupes sur la chaîne principale. Les pectines sont classées en 3 catégories selon leur degré de méthylation (inférieur à 5%, inférieur à 45-50% ou supérieur à 50%). Les pectines naturelles sont souvent fortement méthylées (environ 80% dans les fruits) et se présentent sous forme d'une poudre blanche. Quelques substances pectiques présentent un autre type d'estérification; il s'agit surtout des pectines extraites des pulpes de betterave dont les fonctions alcools secondaires sont estérifiées par de l'acide acétique (Thibault, 1980).

La cellulose, principal constituant des parois végétales, est la substance la plus abondante dans la nature. Sa forme pure est un homopolysaccharide comprenant jusqu'à 10.000 unités de D-glucose unis par des liaisons de type $\beta[1\rightarrow4]$ inattaquables par les enzymes digestives mais dégradées par des cellulases bactériennes. La fibre de cellulose est insoluble dans l'eau et dans les solvants classiques (Barnoud, 1980). Elle est utilisée sous forme de poudre blanche et insoluble pour apporter des fibres dans les aliments industriels.

L'inuline est la forme de réserve glucidique des végétaux n'accumulant pas d'amidon. On la retrouve en particulier dans le topinambour, la chicorée, l'artichaut, l'oignon; ce type de fructane est aussi présent en faible quantité dans les graines de céréales (1%). C'est un polymère linéaire d'unités fructose liées en $\beta[1\rightarrow2]$ associées à une molécule initiale de glucose. La longueur des chaînes est variable selon le type et l'état de maturité de la plante. Le degré de polymérisation peut être compris entre 2 et 60. L'inuline résiste à l'hydrolyse par les enzymes digestives. L'inuline présente la plupart des caractéristiques des fibres alimentaires et Roberfroid (1993) a proposé de la classer comme telle.

Les fructooligosaccharides sont également des polymères naturels de fructose présents dans de nombreux végétaux comme les bananes, l'ail, l'orge ou l'oignon. Ils se distinguent de l'inuline par des chaînes plus courtes, constituées d'une unité glucose et de 2 à 4 unités fructose. Ces composés peuvent aussi être considérés comme des fibres alimentaires selon la définition de Trowell (1974) bien que le dosage de la fibre totale (Prosky *et al.*, 1984) ne permette pas la mise en évidence de TDF dans les échantillons. Les FOS largement utilisés

par l'industrie agro-alimentaire sont produits par hydrolyse de l'inuline ou synthétisés artificiellement; ils sont commercialisés sous forme d'une poudre blanche.

Les pulpes et fibres de betterave se distinguent des fibres purifiées décrites ci-dessus par une composition plus complexe. Elles contiennent plusieurs types de fibres alimentaires : cellulose, hémicelluloses, pectines et gommés ainsi que quelques pourcents de lignine (Fahey *et al.*, 1990). La teneur en fibre totale est d'environ 75 % et, pour les pulpes, se répartit en 15 % de formes solubles et 85 % d'insolubles. Pour les fibres de betterave, la fraction soluble représente 33 % de la fibre totale. Les pulpes et fibres de betterave sont issues du traitement en sucrerie de la betterave sucrière. Elles se distinguent principalement par leur aspect, grossier pour les pulpes et plus fin pour la fibre, et par leur couleur qui est brunâtre pour les pulpes et beige clair pour la fibre.

Les pulpes sont destinées à l'alimentation du bétail alors que la fibre est utilisée en nutrition humaine .

Les pulpes de chicorée (*Cichorium Intybus*) présentent le même aspect que les pulpes de betterave. Elles constituent le sous-produit du traitement de la chicorée en usine, après extraction de l'inuline. Leur composition chimique est assez proche de celle des pulpes de betterave, avec environ 75 % de fibres totales, se répartissant en 30 % de fibres solubles et 70 % de fibres insolubles.

TABLEAU 2.2.—Description des études et présentation des teneurs en fibres totales, insolubles et solubles ajoutées dans les rations.

N° Etude	Chien	Ration	N ¹	N° TRT	Incorporation %MS	TDF % MS	IDF % MS	SDF % MS
1	Sains	Témoin	4	-	-	-	-	-
		Pectines	4	1	3.4	2.7	0	2.7
		G. Guar	4	2	3.4	3.3	1.1	2.2
		Cellulose	4	3	3.4	3.1	3.1	0
2	Sains	Témoin	6	-	-	-	-	-
		G. Guar	6	4	3.4	3.3	1.1	2.2
		G. Guar	6	5	6.5	6.3	2.1	4.2
3	Sains	Témoin	8	-	-	-	-	-
		Fibre betterave	8	6	6.5	4.7	3.1	1.6
		G. Guar	8	7	6.5	6.3	2.1	4.2
		Inuline	8	8	6.5	1.8	0	1.8
4	Sains	Témoin	8	-	-	-	-	-
		FOS 4.0/ Fib.Bett.1 ²	8	9	5	4.8	0.6	4.2
		FOS 8.2/ Fib.Bett.2	8	10	10.2	9.7	1.2	8.5
5	Sains	Témoin	8	-	-	-	-	-
		Pulpes betterave	8	11	18.6	14.2	12.0	2.2
		Pulpes chicorée	8	12	14.6	11.1	8.0	3.1
6	Sains	Témoin	5	-	-	-	-	-
		Cellulose	5	13	7.1	6.3	6.3	0
		Fibre betterave	5	14	9.4	6.8	4.5	2.3
		G. Guar	5	15	4.3	4.2	1.4	2.8
		Cellulose/G. Guar	5	16	7.4	6.8	4.5	2.3
7	Obèses	Témoin	5	-	-	-	-	-
		Cellulose	5	17	7.1	6.3	6.3	0
		Fibre betterave	5	18	9.4	6.8	4.5	2.3
		G. Guar	5	19	4.3	4.2	1.4	2.8
		Cellulose/G. Guar	5	20	7.4	6.8	4.5	2.3

¹ Nombre d'observations pour chaque traitement

² Une valeur de 100% de TDF et SDF a été attribuée aux FOS

§2.3. Schémas expérimentaux

Les études ont été réalisées en carré latin ou en bloc aléatoire complet afin de minimiser les différences individuelles et de périodes. Une transition d'une durée minimale d'une semaine était instaurée entre chaque période expérimentale.

Les mesures ont porté sur les paramètres suivants :

1. Consommations d'eau (Etudes 1, 2, 3)
2. Vidange gastrique (Etude 1)

La technique des repas barytés a été utilisée pour évaluer la vidange gastrique (Burns et Fox, 1986). Après une période de jeûne de 24 heures, les animaux ont reçu leur ration expérimentale mélangée à une solution barytée (3 ml/kg de poids vif). Des clichés radiographiques ont été pris à différents intervalles de temps (5, 15, 60, 120, 180, 360, 540 et 720 min) après l'ingestion du repas baryté. Pour chaque radiographie, la surface stomacale correspondant au marqueur a été délimitée sur le cliché et calculée par un système informatique. Les surfaces obtenues pour chaque cliché ont donc permis l'établissement d'une cinétique.

3. Absorption intestinale (Etude 1)

Malgré certaines réserves progressivement démontrées dans la littérature (Nix *et al.*, 1993) quant à son utilité clinique, le test du xylose a été utilisé pour mesurer l'absorption intestinale sur des chiens soumis à un jeûne de 24 heures. Une solution de xylose à 10% a été administrée par un tube intragastrique à raison de 0.5 g de xylose par kg de poids. Les concentrations en xylose ont été déterminées dans le plasma obtenu sur les échantillons sériés.

4. Caractéristiques des matières fécales (Etudes 1 à 7)

Les paramètres suivants ont été déterminés pour caractériser les matières fécales :

- quantité journalière (Etudes 3, 4, 5, 6, 7)
- teneur en MS (Etudes 1 à 7)
- excrétion journalière de MS (Etudes 3, 4, 5, 6,7)
- quantité de matières fécales par g de TDF ingéré (Etude 3)

5. Digestibilité apparente des principaux nutriments (Etudes 1 à 7)

Les coefficients de digestibilité apparente ont été déterminés par analyse des fèces récoltées durant au moins 7 jours. Les chiens étaient placés dans des cages à métabolisme et les matières fécales étaient récoltées chaque jour.

6. Paramètres sanguins (Etudes 1 à 7)

A la fin de la semaine de mesure des digestibilités, et après la dernière récolte de matières fécales, un cathéter était inséré dans une veine céphalique chez les animaux à jeun. Un premier prélèvement de sang était réalisé avant la distribution du repas et ensuite 20, 40, 60, 90, 120, 180, 240, 300 et 360 minutes après le repas. Les échantillons étaient immédiatement centrifugés à 3000 tours/min pendant 15 minutes et le plasma congelé à -20°C. Les concentrations en glucose, insuline, azote α -aminé, urée, triglycérides et cholestérol ont été déterminées pour chaque échantillon.

En outre, dans l'étude 4, un prélèvement sanguin a été réalisé une fois par semaine durant 7 semaines consécutives, avant l'ingestion de la ration.

Chapitre 3

Résultats et discussion

§3.1. Description des résultats des études

Etude 1

Comparaison chez des Beagles sains de 3 fibres purifiées incorporées à un taux de 3.4 % dans la MS. Quatre chiens ont été utilisés dans un modèle de carré latin 4x4.

La vidange gastrique a été quelque peu réduite pendant les 3 premières heures avec les rations enrichies en fibres. Sur l'ensemble de la période d'observation, la vidange a été la plus lente avec la ration enrichie en gomme de guar et la plus rapide avec les pectines. L'absorption intestinale du xylose, déterminée chez les animaux à jeun, a été significativement réduite avec la cellulose. La gomme de guar et les pectines ont significativement réduit la teneur en MS des matières fécales. L'incorporation de fibres alimentaires a diminué la digestibilité des différents nutriments, les différences ayant été significatives pour la MS, la protéine brute et l'extrait étheré.

Les concentrations en insuline ont été semblables lorsque les animaux recevaient la ration témoin et la ration enrichie en gomme de guar. Par contre, l'incorporation de pectines a induit un pic insulinémique précoce et par la suite, des concentrations supérieures. La gomme de guar a réduit significativement les concentrations en cholestérol chez les animaux à jeun ainsi que les concentrations postprandiales en azote α -aminé, en urée et en cholestérol.

Etude 2

Comparaison chez des Beagles sains de deux niveaux d'incorporation de gomme de guar soit 3.4 et 6.5 % dans la MS. Six chiens ont été utilisés dans un modèle de deux carrés latins 3x3.

L'augmentation des concentrations en gomme de guar a diminué la teneur en MS des matières fécales. Un effet de diminution, en rapport avec la dose utilisée, a également été observé sur la digestibilité des nutriments ainsi que sur les concentrations plasmatiques en insuline, azote α -aminé et en urée. L'incorporation de 6.5 % de gomme de guar a diminué les concentrations pré- et postprandiales en cholestérol.

Etude 3

Comparaison chez des Beagles sains de l'incorporation de fibre de betterave, de gomme de guar et d'inuline à un taux de 6.5 % dans la MS. L'expérience a été réalisée avec huit chiens dans un modèle de deux carrés latins 4x4.

Les trois fibres ont augmenté l'excrétion fécale humide; seule la fibre de betterave a augmenté l'excrétion de MS dans les matières fécales. La consommation journalière d'eau a été accrue suite à l'ingestion de fibre de betterave et d'inuline. La fibre de betterave et la gomme de guar ont réduit le coefficient de digestibilité apparente de la MS. Les trois fibres incorporées ont diminué la digestibilité de la protéine brute alors que la digestibilité de l'extrait éthéré a été réduite par l'incorporation de gomme de guar et d'inuline. La gomme de guar a induit des concentrations plasmatiques postprandiales plus faibles en insuline, azote α -aminé et en urée; elle a également diminué la concentration en cholestérol mesurée chez les animaux à jeun. La fibre de betterave et l'inuline n'ont pas induit d'effets systémiques significatifs.

Etude 4

Comparaison chez des Beagles sains d'un mélange de FOS et de fibre de betterave incorporé à deux niveaux, soit 5 et 10% de la MS.

Un test préliminaire réalisé sur 2 chiens a indiqué que le FOS, incorporé à raison de 10%, induisait la production de matières fécales liquides. Pour éviter cet inconvénient, le FOS a été

mélangé à de la fibre de betterave à raison de 4 parts de FOS et d'une part de fibre de betterave. Huit chiens adultes ont été utilisés dans un schéma de bloc aléatoire complet.

L'appétence suscitée par les aliments a été bonne au cours de toute l'étude, les chiens ingérant la totalité de leur ration en un seul repas. L'excrétion de matières fécales fraîches a augmenté de manière linéaire avec l'augmentation des apports en fibres dans la ration. La teneur en MS des matières fécales a par contre diminué. La digestibilité de la MS, de la matière organique, de l'extrait éthéré et des cendres n'a pas été modifiée. Par contre, la digestibilité de la protéine brute a été réduite. Les profils postprandiaux en insuline, azote α -aminé et cholestérol obtenus pendant six heures n'ont pas été affectés par l'incorporation de FOS. A l'opposé, les concentrations postprandiales en glucose, triglycérides et en urée ont été fortement réduites. L'utilisation de FOS n'a pas modifié les teneurs préprandiales en glucose, insuline et en azote α -aminé mesurées au cours d'une période de six semaines alors que des diminutions significatives ont été observées pour l'urée, les triglycérides et le cholestérol.

Etude 5

Comparaison chez des Beagles sains de l'incorporation de pulpes de betterave ou de chicorée avec une ration témoin. Les pulpes ont été incorporées à raison de 7% de fibre ADF dans la MS. Huit chiens ont été utilisés dans un schéma expérimental de bloc aléatoire complet à trois périodes.

Les régimes enrichis en pulpes ont entraîné une augmentation significative de l'excrétion fécale totale, de l'excrétion de MS dans les matières fécales ainsi qu'une diminution de la teneur en MS des fèces. Les coefficients de digestibilité apparente de la MS, de la matière organique, de la protéine brute, des matières grasses et des cendres ont été réduits. Le régime contenant les pulpes de betterave a entraîné une diminution de la glycémie à jeun, de l'insulinémie et des concentrations postprandiales en triglycérides et des concentrations en urée et en cholestérol mesurées avant et après le repas. Le régime contenant les pulpes de chicorée a provoqué une diminution de l'insulinémie postprandiale et des concentrations en urée et en cholestérol mesurées à jeun et après le repas.

Etudes 6 et 7

Comparaison chez des Beagles sains (étude 6) et des Beagles obèses (étude 7) de l'incorporation de gomme de guar, de cellulose, de fibre de betterave et d'un mélange de cellulose et de gomme de guar comme sources de fibres. Les fibres ont été incorporées en quantité suffisante pour atteindre 11% de fibre TDF dans la MS des rations ingérées. Cinq chiens ont été utilisés dans un schéma expérimental de carré latin 5x5. Les schémas expérimentaux, les aliments et les mesures réalisées ont été identiques. La présentation originale de ces 2 études (Partie II, Présentation des Recherches) a fait l'objet d'une autre segmentation : d'une part les effets sur les matières fécales et la digestibilité des nutriments (I), d'autre part, les effets sur les métabolites sanguins (II).

Etude 6 (chiens sains)

L'incorporation des 4 sources de fibre a induit une augmentation de l'excrétion de matières fécales humides et sèches ainsi qu'une diminution des coefficients de digestibilité apparente de la MS, de la matière organique, de la protéine brute et de l'extrait éthéré. Seule l'ingestion de la fibre de betterave a provoqué une diminution de la digestibilité des cendres. Les régimes enrichis en cellulose et en fibre de betterave n'ont pas induit d'effets métaboliques. L'ingestion de gomme de guar a provoqué une diminution des concentrations pré- et postprandiales de cholestérol et une tendance à réduire la glycémie postprandiale. Le mélange de gomme de guar et de cellulose a induit des effets semblables à ceux de la gomme de guar utilisée seule.

Etude 7 (chiens obèses)

Les effets des fibres sur les matières fécales et la digestibilité apparente des nutriments étaient comparables aux observations réalisées chez les chiens sains. L'incorporation de cellulose dans les rations n'a pas induit d'effets métaboliques. Les régimes contenant de la gomme de guar ont diminué les concentrations postprandiales en insuline et les concentrations pré- et postprandiales en cholestérol.

§3.2. Comparaison des résultats

§3.2.1. Consommations d'eau

Les quantités d'eau consommées individuellement ont été mesurées pour les 7 études. Cependant, seules les données des études 1, 2 et 3 ont donné lieu à un traitement statistique. En effet, la formulation des rations des études 4 à 7 et particulièrement l'utilisation d'ingrédients secs comme le maïs floconné ou l'amidon pré-gélatinisé, a nécessité l'ajout de quantités variables d'eau aux matières premières afin de favoriser les ingestions. Les différences entre les quantités ajoutées étaient plus importantes dans l'étude 7, en raison des variations de poids des animaux et par conséquent, du volume d'aliments ingérés. L'eau ajoutée aux aliments ne peut être considérée comme une prise volontaire. Le relevé des consommations volontaires d'eau présente un intérêt; en effet, il est généralement admis que l'ingestion de fibres favorise l'excrétion d'eau fécale, la littérature contenant peu de données sur la consommation d'eau chez les chiens ingérant des rations enrichies en fibres. Les mesures de l'étude 3 montrent que les ingestions de fibre de betterave et d'inuline ont stimulé la consommation d'eau.

§3.2.2. Modifications fécales

Les données relatives aux modifications fécales induites par les ajouts de fibres ont été mesurées dans toutes les études réalisées. Elles sont présentées sous 2 formes :

- Le tableau 3.1 résume les effets observés suite aux différents traitements.
- Des coefficients de corrélation simple ont été calculés entre les paramètres fécaux et les teneurs en fibres ajoutées, exprimées en terme de TDF, de SDF et d'IDF présentées dans le tableau 2.2. Les corrélations sont présentées dans le tableau 3.2.

L'examen du tableau 3.1 montre que :

- la gomme de guar, l'inuline, la fibre et les pulpes de betterave ainsi que les pulpes de chicorée ont systématiquement augmenté l'excrétion de matières fécales fraîches et ont diminué la teneur en MS des fèces.
- le mélange de gomme de guar et de cellulose, la cellulose, la fibre et les pulpes de betterave et les pulpes de chicorée ont augmenté l'excrétion de MS, exprimée en g/jour.

- la cellulose, la fibre et les pulpes de betterave ainsi que les pulpes de chicorée ont induit une plus grande augmentation de l'excrétion journalière de MS que les autres fibres.

- contrairement aux autres fibres, la cellulose ne diminue pas la teneur en MS des fèces.

Les différentes fibres, à l'exception de la cellulose -pour la teneur en MS-, induisent des effets similaires sur les paramètres fécaux : augmentation de l'excrétion journalière totale, diminution de la teneur en MS et augmentation de l'excrétion journalière de MS.

Le tableau 3.2 montre qu'il existe une relation hautement significative ($P < 0.001$) entre les concentrations en fibres totales ou en fibres insolubles ajoutées à la ration et l'excrétion journalière de fèces, exprimée en terme de produit humide ou de MS. Par contre, il ne semble pas exister de relation entre la diminution de la teneur en MS des fèces et les concentrations en fibres totales ou insolubles alors qu'il existe une relation négative et significative avec la teneur en fibres solubles.

La divergence observée au niveau des corrélations entre, d'une part, les fibres totales et insolubles et d'autre part, les fibres solubles, pourrait être expliquée par le fait que seules les fibres ajoutées ont été prises en compte pour le calcul alors qu'il existe dans les régimes distribués un apport en fibre associé aux aliments composant la ration. Par exemple, le maïs floconné est riche en fibres insolubles. De même, il faut signaler que certains composants chimiques de la viande sont dosés comme des fibres totales.

TABLEAU 3.1.—Effets de l'incorporation de différentes fibres sur les caractéristiques des matières fécales¹.

	Concentration dans la MS, %	Quantité en frais		Teneur en MS		Quantité en MS		
GOMME de GUAR								
Etude 1	3.4	-	-	-29	↓	-	-	
Etude 2	3.4	-	-	-26	↓	-	-	
Etude 2	6.5	-	-	-47	↓	-	-	
Etude 3	6.5	+81	↑	-32	↓	+24	NS	
Etude 6	4.3	+71	↑	-33	↓	+17	NS	
Etude 7	4.3	+146	↑	-42	↓	+37	↑	
GOMME de GUAR/CELLULOSE								
Etude 6	3.4/4.0	+63	↑	-8	NS	+60	↑	
Etude 7	3.4/4.0	+116	↑	-20	↓	+63	↑	
CELLULOSE								
Etude 1	3.4	-	-	+7	NS	-	-	
Etude 6	7.1	+68	↑	+27	↑	+116	↑	
Etude 7	7.1	+88	↑	+10	NS	+102	↑	
INULINE								
Etude 3	6.5	+46	↑	-22	↓	+15	NS	
FRUCTOOLIGOSACCHARIDES/FIBRE de BETTERAVE								
Etude 4	4.0/1.0	+29	NS	-19	↓	+12	NS	
Etude 4	8.2/2.0	+60	↑	-24	↓	+19	NS	
FIBRE de BETTERAVE								
Etude 3	6.5	+96	↑	-28	↓	+40	↑	
Etude 6	9.4	+141	↑	-33	↓	+75	↑	
Etude 7	9.4	+183	↑	-34	↓	+76	↑	
PULPES de BETTERAVE								
Etude 5	18.6	+405	↑	-55	↓	+130	↑	
PULPES de CHICOREE								
Etude 5	14.6	+383	↑	-50	↓	+143	↑	
PECTINES								
Etude 1	3.4	-	-	-22	↓	-	-	

¹ modifications exprimées sous forme de différence, en % de la ration témoin

NS, différence non significative; ↑ ou ↓ : augmentation ou réduction significative au seuil P<0.05; - : donnée non disponible

TABLEAU 3.2.—Corrélations simples entre les teneurs en fibres totales, insolubles, et solubles ajoutées à la ration et les caractéristiques des matières fécales.

	Quantité en frais		Teneur en MS		Quantité en MS	
	R	D.S.	R	D.S.	R	D.S.
Fibres totales (1.8 - 14.2 % MS)	0.78	P<0.001	-0.33	NS	0.67	P<0.001
Fibres insolubles (0 -12 % MS)	0.79	P<0.001	-0.05	NS	0.93	P<0.001
Fibres solubles (0 - 8.5 % MS)	-0.08	NS	-0.44	P<0.05	-0.48	P<0.05

R, coefficient de corrélation; D.S., degré de signification; NS, non significatif

§3.2.3. Modifications de la digestibilité des nutriments

Le tableau 3.3 résume les effets de l'incorporation des différentes fibres sur la digestibilité des composants chimiques de la ration.

§3.2.3.1. Matière sèche et matière organique

Les différentes fibres ont induit des diminutions des coefficients de digestibilité apparente de la MS et de la matière organique mais selon des niveaux de signification et des amplitudes variables.

La gomme de guar, les pectines et le mélange de FOS et de fibre de betterave ont peu affecté la digestibilité de la MS et de la matière organique. Ces rations étaient caractérisées par une teneur élevée en fibres solubles.

La cellulose, le mélange contenant la cellulose et la gomme de guar, et la fibre de betterave ont provoqué des diminutions significatives de la digestibilité de la MS et de la matière organique. Ces substances présentent une teneur élevée en fibres insolubles.

Les 2 types de pulpes ont induit des réductions importantes de la digestibilité; ces diminutions peuvent être mises en relation avec les taux d'incorporation élevés de ces fibres dans les rations.

TABLEAU 3.3.—Effets de l'incorporation des différentes fibres sur la digestibilité des nutriments.

	Concentration. dans la MS, %	Modifications de la digestibilité apparente ¹									
		MS		Cendres		Mat. Organ.		Prot.Brute		Extr.Ethéré	
GOMME de GUAR											
Etude 1	3.4	-3.0	NS	+2.6	NS	-0.8	NS	-5.7	↓	-2.1	↓
Etude 2	3.4	-1.2	NS	+12.68	↑	-0.5	NS	-2.7	↓	-1.2	NS
Etude 2	6.5	-1.7	NS	+36.9	↑	-2.7	NS	-5.0	↓	-5.2	↓
Etude 3	6.5	-2.5	↓	-2.6	NS	-2.5	↓	-5.8	↓	-5.1	↓
Etude 6	4.3	-0.9	NS	+14.5	NS	-1.2	NS	-3.2	↓	-3.6	↓
Etude 7	4.3	-2.5	↓	+0.8	NS	-2.5	↓	-6.4	↓	-5.9	↓
GOMME de GUAR/CELLULOSE											
Etude 6	3.4/4.0	-4.3	↓	+2.0	NS	-4.5	↓	-1.9	NS	-4.1	↓
Etude 7	3.4/4.0	-4.7	↓	-14.0	NS	-4.8	↓	-4.4	↓	-4.0	↓
CELLULOSE											
Etude 1	3.4	-3.3	↓	+0.7	NS	-3.4	NS	-2.3	NS	-0.3	NS
Etude 6	7.1	-7.2	↓	-5.9	NS	-7.3	↓	=	NS	-0.6	NS
Etude 7	7.1	-6.7	↓	-14.0	NS	-6.7	↓	-1.2	NS	-1.6	NS
INULINE											
Etude 3	6.5	-1.5	NS	+3.3	NS	-1.6	↓	-2.9	↓	-1.7	↓
FRUCTOOLIGOSACCHARIDES/FIBRE de BETTERAVE											
Etude 4	4.0/1.0	-0.6	NS	+2.1	NS	-0.7	NS	-1.7	NS	-0.7	NS
Etude 4	8.2/2.0	-2.0	NS	=	NS	-2.2	NS	-4.6	↓	-2.5	NS
FIBRE de BETTERAVE											
Etude 3	6.5	-3.9	↓	-15.6	↓	-3.7	↓	-3.0	↓	-0.1	NS
Etude 6	9.4	-5.9	↓	-31.9	↓	-5.8	↓	-5.8	↓	-3.0	NS
Etude 7	9.4	-4.5	↓	-17.4	↓	-4.4	↓	-4.0	↓	-0.4	NS
PULPES de BETTERAVE											
Etude 5	18.6	-12.3	↓	-42.2	↓	-10.9	↓	-12.2	↓	-2.2	↓
PULPES de CHICOREE											
Etude 5	14.6	-15.7	↓	-40.3	↓	-14.1	↓	-15.4	↓	-2.5	↓
PECTINES											
Etude 1	3.4	-2.3	NS	-10.6	NS	-2.3	NS	-5.1	↓	-0.8	NS

¹ modifications exprimées sous forme de différence, en % de la ration témoin

NS, différence non significative; ↑ ou ↓ : augmentation ou réduction significative au seuil P<0.05

Des corrélations étroites et significatives ont été observées entre les concentrations en fibres insolubles ou en fibres totales ajoutées et les modifications de la digestibilité de la matière sèche (R de -0.89, $P < 0.001$ et de -0.78, $P < 0.001$) ou de la matière organique (R de -0.9, $P < 0.001$ et de -0.8, $P < 0.001$) (Tableau 3.4). Par contre, il n'existe pas de corrélation entre les modifications de la digestibilité de la MS et de la matière organique et les concentrations en fibres solubles ajoutées. Les figures 3.1 et 3.2 illustrent sous forme graphique les relations linéaires respectives pour les modifications de la digestibilité de la MS et celles de la matière organique. Le coefficient de régression b est de -1.12 pour la MS et de -1.03 pour la matière organique, indiquant que par unité de fibre insoluble ajoutée, on observe une réduction des coefficients de digestibilité de la MS et de la matière organique de 1.12 et 1.03 % respectivement.

TABLEAU 3.4.—Corrélations simples entre les teneurs en fibres totales, solubles et insolubles ajoutées et les modifications des coefficients de digestibilité des nutriments.

	MS		Mat. Organ.		Cendres		Prot. Brute		Extr. Éthéré	
	R	D.S.	R	D.S.	R	D.S.	R	D.S.	R	D.S.
Fibres totales (1.8 - 14.2 % MS)	-0.78	***	-0.80	***	-0.60	***	-0.66	***	-0.17	NS
Fibres insolubles (0 - 12 % MS)	-0.89	***	-0.90	***	-0.69	***	-0.48	*	0.05	NS
Fibres solubles (0 - 8.5 % MS)	0.23	NS	0.23	NS	0.19	NS	-0.27	NS	-0.40	NS

R, coefficient de corrélation; *, $P < 0.05$; ***, $P < 0.001$; D.S., degré de signification.

§3.2.3.2. Cendres

La digestibilité des cendres a été affectée de manière variable par les différentes fibres. En effet, le tableau 3.3 indique que la fibre et les pulpes de betterave ainsi que les pulpes de chicorée ont réduit de manière importante et significative la digestibilité des cendres. Une tendance identique a été observée pour la cellulose incorporée à forte dose. Par contre, la gomme de guar et l'inuline tendaient à augmenter la digestibilité.

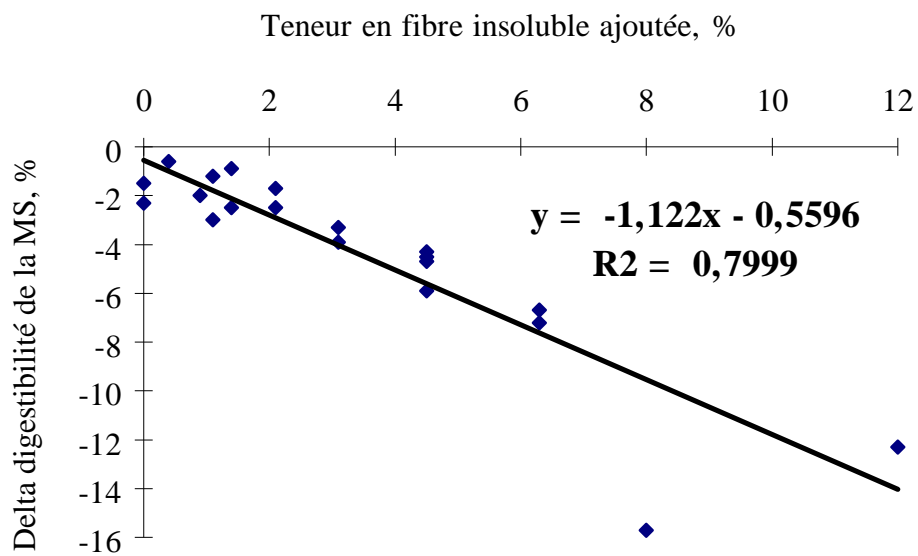


Figure 3.1.—Relation entre la teneur en fibre insoluble ajoutée et les modifications de la digestibilité apparente de la MS.

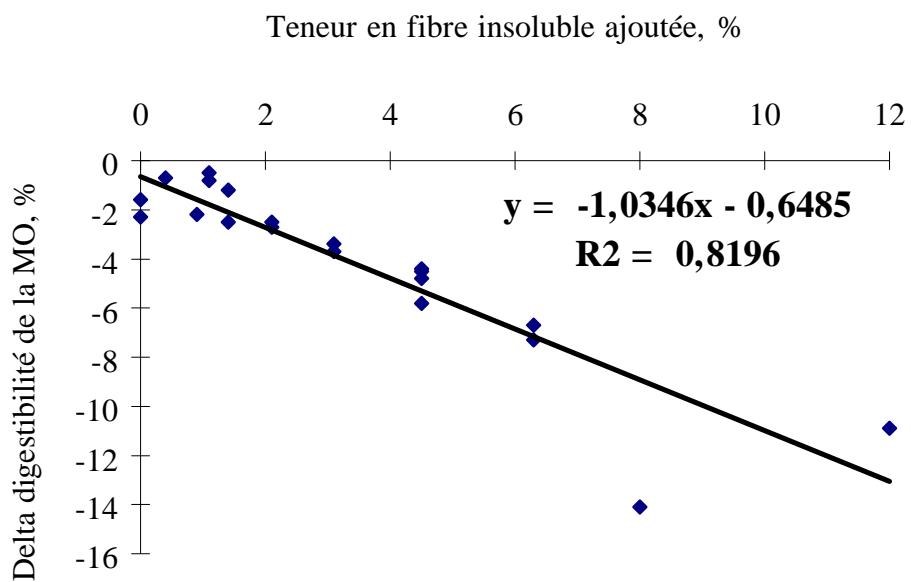


Figure 3.2.—Relation entre la teneur en fibre insoluble ajoutée et les modifications de la digestibilité apparente de la matière organique (MO).

§3.2.3.3. Protéine brute

L'examen du tableau 3.3 indique une diminution systématique de la digestibilité apparente de la matière azotée pour l'ensemble des fibres utilisées. Cet effet a été significatif et relativement important pour la gomme de guar, le mélange de gomme de guar et de cellulose (uniquement chez les chiens obèses), l'inuline, le mélange de FOS et de fibre de betterave à forte dose, la fibre de betterave, les pulpes de betterave, les pulpes de chicorée et les pectines.

§3.2.3.4. Extrait étheré

Les effets sur la digestibilité de l'extrait étheré ont été semblables à ceux observés pour les protéines, c'est-à-dire une réduction qui était significative pour la gomme de guar, le mélange gomme de guar-cellulose, l'inuline, les pulpes de betterave et de chicorée. Par contre, seules des tendances vers une réduction ont été observées pour la fibre de betterave et les pectines.

§3.2.3.5. Fibres totales, solubles et insolubles

Les données provenant des études 6 et 7 sont présentées dans le tableau 3.5. Il faut souligner que les coefficients de digestibilité apparente de la fibre totale et de la fibre insoluble ont varié fortement selon le type de fibre, à savoir de 25 à 78 % pour la fibre totale et de 5 à 44 % pour la fibre insoluble. Par contre, la digestibilité apparente de la fibre soluble était supérieure à 85 % dans les différents essais. Les plus larges diminutions de digestibilité de la fibre totale ont été induites par les rations contenant la cellulose, pure ou en mélange, ainsi qu'avec la fibre de betterave, riche en fibre insoluble. A l'exception de la gomme de guar dans l'étude 6, les différentes fibres n'ont pas induit d'effet significatif sur la digestibilité de la fibre insoluble alors que la cellulose et la fibre de betterave ont réduit la digestibilité de la fibre soluble.

TABLEAU 3.5.—Effets de l'incorporation des différentes fibres sur les modifications de la digestibilité de la fraction fibre de la ration.

	Conc. dans la MS, %	Modifications de la digestibilité apparente ¹					
		TDF		SDF		IDF	
GOMME de GUAR							
Etude 6	4.3	+21	↑	+1	NS	+127	↑
Etude 7	4.3	+11	NS	-1	NS	+77	NS
GOMME DE GUAR/CELLULOSE							
Etude 6	3.4/4.0	-18	↓	-5	NS	+49	NS
Etude 7	3.4/4.0	-25	↓	-6	NS	-2	NS
CELLULOSE							
Etude 6	7.1	-62	↓	-3	NS	-72	NS
Etude 7	7.1	-58	↓	-8	↓	-69	NS
FIBRE DE BETTERAVE							
Etude 6	9.4	-15	↓	-12	↓	+61	NS
Etude 7	9.4	-19	↓	-10	↓	+38	NS

¹ modifications exprimées sous forme de différence, en % de la ration témoin
NS, différence non significative; ↑ ou ↓ : augmentation ou réduction significative au seuil P<0.05

§3.2.4. Paramètres sanguins

En vue d'étudier les effets des fibres sur les concentrations en métabolites sanguins et en insuline, des prises de sang ont été réalisées chez les animaux à jeun (temps 0) et puis à 10 reprises au cours d'une période de 6 heures suivant le repas. Les 2 types de données sont présentées séparément ci-dessous. D'une part, pour l'évaluation des effets sur les métabolites chez les animaux à jeun, les moyennes des observations au temps 0 ont été comparées au témoin (tableau 3.6). D'autre part, la détermination de la surface sous la courbe a permis de caractériser de manière simple la dynamique postprandiale en vue de réaliser des comparaisons également exprimées en % par rapport au témoin (tableau 3.7).

§3.2.4.1. Résultats à jeun

L'incorporation des fibres a influencé de manière variable et peu importante la glycémie à jeun et ce, quelle que soit la fibre ajoutée (tableau 3.6). Les pulpes de betterave, ont provoqué une diminution significative de la concentration en glucose.

Bien que les modifications apparaissent assez importantes, l'incorporation des fibres n'a pas eu d'effet significatif sur les concentrations en insuline à l'exception de 2 études sur 5 lorsque la gomme de guar était utilisée. En outre, aucun parallélisme n'a été observé entre les modifications induites sur la glycémie et l'insulinémie.

Les concentrations en azote α -aminé n'ont été affectées significativement par aucune des fibres alimentaires alors que la concentration en urée a été diminuée de façon significative par les 2 types de pulpes.

Par contre, les effets sur le métabolisme lipidique ont été plus importants. La gomme de guar, utilisée seule ou en mélange, a diminué significativement la concentration plasmatique en cholestérol, mesurée après 4 semaines de traitement, lors de 7 mesures sur 8. Le mélange de FOS et de fibre de betterave, utilisé à la concentration de 10.2 % de la MS, a induit des effets identiques de même que les pulpes de betterave et de chicorée. En ce qui concerne les triglycérides, seul le mélange de FOS et de fibre de betterave a induit une réduction significative des concentrations, et ce aux 2 niveaux d'incorporation, soit 5 et 10.2 %. Les effets de l'incorporation de la gomme de guar et de la cellulose ont été inconstants puisque l'on a observé soit des augmentations ou des diminutions de la teneur en triglycérides. Les autres fibres étudiées, y compris la fibre de betterave, utilisée à des taux d'incorporation supérieurs à 6.5 % de la MS, n'ont pas produit d'effets significatifs sur le métabolisme lipidique. La diminution de la concentration préprandiale en triglycérides observée avec le mélange de FOS et de fibre de betterave serait donc attribuée aux seuls FOS.

Des corrélations simples ont été calculées entre les modifications des concentrations préprandiales des différents métabolites sanguins et les apports supplémentaires en fibres exprimés en terme de TDF, SDF ou IDF. Aucune des corrélations calculées n'a été significative, ce qui semble indiquer qu'il n'existerait aucune relation directe entre les effets sur les concentrations des métabolites mesurés à jeun et les quantités de fibres ajoutées.

TABLEAU 3.6.—Effets de l'incorporation de différentes fibres sur les métabolites sanguins mesurés à jeun¹.

Concentration dans la MS, %		Glucose		Insuline		Azote α -aminé		Urée	
GOMME de GUAR									
Etude 1	3.4	-6.6	NS	-13.6	NS	-0.6	NS	-22.2	NS
Etude 2	3.4	-2.9	NS	-38.7	↓	+5.6	NS	+7.0	NS
Etude 2	6.5	+3.7	NS	-34.7	↓	+1.9	NS	+13.0	NS
Etude 3	6.5	+13.0	↑	-4.3	NS	-5.2	NS	-9.3	NS
Etude 6	4.3	-1.6	NS	+110	NS	-1.7	NS	-1.6	NS
Etude 7	4.3	+5.5	NS	-19.7	NS	-5.1	NS	-5.7	NS
GOMME de GUAR/CELLULOSE									
Etude 6	3.4/4.0	-1.6	NS	+143	NS	-1.7	NS	+4.1	NS
Etude 7	3.4/4.0	+3.2	NS	-5.9	NS	-1.7	NS	+8.2	NS
CELLULOSE									
Etude 1	3.4	-4.3	NS	-8.3	NS	-1.2	NS	-21.5	NS
Etude 6	7.1	-3.8	NS	+119	NS	-3.3	NS	+3.2	NS
Etude 7	7.1	+3.6	NS	+1.9	NS	+3.4	NS	-13.1	NS
INULINE									
Etude 3	6.5	+5.0	NS	+22.3	NS	-3.6	NS	-11.5	NS
FRUCTOOLIGOSACCHARIDES/FIBRE de BETTERAVE									
Etude 4	4.0/1.0	-1.2	NS	+13.8	NS	+1.5	NS	-5.4	NS
Etude 4	8.2/2.0	-0.4	NS	-21	NS	-2.2	NS	-9.5	NS
FIBRE de BETTERAVE									
Etude 3	6.5	+4.8	NS	+5.5	NS	-2.8	NS	-4.4	NS
Etude 6	9.4	-4.6	NS	+86	NS	-6.7	NS	+3.2	NS
Etude 7	9.4	+0.2	NS	-3.9	NS	-1.7	NS	+9.8	NS
PULPES de BETTERAVE									
Etude 5	18.6	-7.3	↓	+11.9	NS	-5.9	NS	-26.7	↓
PULPES de CHICOREE									
Etude 5	14.6	-2.7	NS	+5.9	NS	=	NS	-18.5	↓
PECTIN									
Etude 1	3.4	-4.0	NS	-12.9	NS	-4.4	NS	-19.4	NS

¹ modifications exprimées sous forme de différence, en % de la ration témoin

NS, différence non significative; ↑ ou ↓ : augmentation ou réduction significative au seuil P<0.05

TABLEAU 3.6. Suite— Effets de l'incorporation de différentes fibres sur les métabolites sanguins mesurés à jeun¹.

	Taux d'incorp dans la MS, %	Cholestérol		Triglycérides	
GOMME de GUAR					
Etude 1	3.4	-12.5	↓	+1.4	NS
Etude 2	3.4	0	NS	+34.6	NS
Etude 2	6.5	-14.0	↓	+46.2	NS
Etude 3	6.5	-28.2	↓	-26.7	NS
Etude 6	4.3	-24.9	↓	-21.6	NS
Etude 7	4.3	-22.2	↓	-14.8	NS
GOMME de GUAR/CELLULOSE					
Etude 6	3.4/4.0	-20.5	↓	+2.4	NS
Etude 7	3.4/4.0	-17.2	↓	-20.8	NS
CELLULOSE					
Etude 1	3.4	-7.0	NS	+3.6	NS
Etude 6	7.1	-1.5	NS	+2.8	NS
Etude 7	7.1	+4.1	NS	-7.5	NS
INULINE					
Etude 3	6.5	-5.7	NS	-31.0	NS
FRUCTOOLIGOSACCHARIDES/FIBRE de BETTERAVE					
Etude 4	4.0/1.0	-5.0	NS	-7.9	↓
Etude 4	8.2/2.0	-8.1	↓	-12.6	↓
FIBRE de BETTERAVE					
Etude 3	6.5	-19.4	NS	-30.0	NS
Etude 6	9.4	-9.3	NS	-1.2	NS
Etude 7	9.4	-6.9	NS	-7.9	NS
PULPES de BETTERAVE					
Etude 5	18.6	-22.5	↓	-20.6	NS
PULPES de CHICOREE					
Etude 5	14.6	-18.8	↓	-20.3	NS
PECTINES					
Etude 1	3.4	-6.1	NS	-2.1	NS

¹ modifications exprimées sous forme de différence, en % de la ration témoin

NS, différence non significative; ↑ ou ↓ : augmentation ou réduction significative au seuil P<0.05

§3.2.4.2. Résultats postprandiaux

Les effets de l'incorporation de différentes fibres sur les métabolites sanguins en phase postprandiale sont présentés dans le tableau 3.7. Les effets sur la glycémie ont été principalement non significatifs et relativement inconstants car caractérisés pour une même fibre par de légères augmentations ou de légères diminutions. Seule, la fibre de betterave a induit systématiquement les mêmes types d'effets, c'est-à-dire des augmentations de la glycémie.

Des réductions significatives de l'insulinémie ont été observées pour la gomme de guar utilisée seule (4 études sur 6), pour le mélange gomme de guar-cellulose (1 étude sur 2) et pour les pulpes de betterave et de chicorée. Il faut noter en outre que l'ampleur des modifications était grande pour les concentrations en insuline, les effets étant significatifs ou non.

La concentration en azote α -aminé a été systématiquement réduite lorsque la gomme de guar a été incorporée seule ou en mélange avec de la cellulose, les effets étant significatifs dans 4 études sur 8. Par contre, l'incorporation des autres fibres alimentaires n'a pas induit d'effet significatif sur la teneur en azote α -aminé, de légères augmentations ou de légères réductions ayant été observées. Par contre, en ce qui concerne la concentration en urée, la tendance générale consistait en réductions qui ont été significatives pour la gomme de guar (5 études sur 6), la gomme de guar utilisée en mélange avec la cellulose (1 étude sur 2), le mélange FOS-fibre de betterave (2 études sur 2) et les pulpes de betterave ou de chicorée.

La cholestérolémie a été réduite significativement par l'utilisation de la gomme de guar seule ou en mélange avec de la cellulose (7 études sur 8) ainsi qu'avec l'incorporation de pulpes de betterave ou de chicorée. Les effets ont été variables lors de l'incorporation de cellulose, de FOS en mélange à la fibre de betterave et de fibre de betterave utilisée seule.

Des corrélations ont été calculées en vue de rechercher des éventuels effets-dose entre les modifications des paramètres plasmatiques postprandiaux et les teneurs en fibres ajoutées à la ration et exprimées en termes de TDF, IDF et SDF. Aucune corrélation significative n'a été enregistrée et ce, pour l'ensemble des paramètres observés.

TABLEAU 3.7.—Effets de l'incorporation de différentes fibres sur les métabolites sanguins mesurés durant 6 heures après le repas¹.

	Concentration dans la MS, %	Glucose		Insuline		Azote α - aminé		Urée	
GOMME de GUAR									
Etude 1	3.4	-1.5	NS	+3.1	NS	-10.3	↓	-17.0	↓
Etude 2	3.4	-1.6	NS	-34.4	↓	-8.3	↓	-10.8	↓
Etude 2	6.5	+1.4	NS	-49.2	↓	-13.6	↓	-13.6	↓
Etude 3	6.5	+0.2	NS	-34.0	↓	-7.7	↓	-17.3	↓
Etude 6	4.3	-2.8	NS	-21.1	NS	-5.8	NS	+1.9	NS
Etude 7	4.3	-1.2	NS	-37.5	↓	-2.2	NS	-15.2	↓
GOMME de GUAR/CELLULOSE									
Etude 6	3.4/4.0	-4.1	↓	-9.6	NS	-1.1	NS	+8.5	NS
Etude 7	3.4/4.0	+3.4	NS	-44.5	↓	-6.7	NS	-14.3	↓
CELLULOSE									
Etude 1	3.4	-1.0	NS	+20.1	NS	-4.4	NS	-9.3	NS
Etude 6	7.1	+2.5	NS	+15.4	NS	+2.3	NS	+11.8	NS
Etude 7	7.1	+3.2	NS	-15.0	NS	-1.1	NS	-6.7	NS
INULINE									
Etude 3	6.5	+4.6	NS	+25.5	NS	+2.8	NS	-1.5	NS
FRUCTOOLIGOSACCHARIDES/FIBRE de BETTERAVE									
Etude 4	4.0/1.0	+0.9	NS	-7.6	NS	+3.4	NS	-9.4	↓
Etude 4	8.2/2.0	-4.7	↓	-11.1	NS	-9.1	NS	-11.1	↓
FIBRE de BETTERAVE									
Etude 3	6.5	+4.2	NS	+31.6	NS	+2.9	NS	+0.9	NS
Etude 6	9.4	+0.7	NS	-6.2	NS	=	NS	+3.3	NS
Etude 7	9.4	+11.5	↑	-3.7	NS	+1.1	NS	-7.1	NS
PULPES de BETTERAVE									
Etude 5	18.6	-4.6	NS	-40.8	↓	-6.7	NS	-26.8	↓
PULPES de CHICOREE									
Etude 5	14.6	-1.1	NS	-37.3	↓	+1.0	NS	-13.1	↓
PECTINES									
Etude 1	3.4	+2.0	NS	+53	↑	-3.3	NS	-7.5	NS

¹ modifications exprimées sous forme de différence, en % de la ration témoin

NS, différence non significative; ↑ ou ↓ : augmentation ou réduction significative au seuil P<0.05

TABLEAU 3.7. Suite— Effets de l'incorporation de différentes fibres sur les métabolites sanguins mesurés durant 6 heures après le repas¹

	Concentration. dans la MS, %	Cholestérol		Triglycérides	
GOMME de GUAR					
Etude 1	3.4	-8.7	↓	-9.3	NS
Etude 2	3.4	-2.7	↓	+2.3	NS
Etude 2	6.5	-15.1	↓	-8.3	NS
Etude 3	6.5	-18.2	NS	-18.5	NS
Etude 6	4.3	-22.4	↓	-13.8	NS
Etude 7	4.3	-22.4	↓	-11.5	NS
GOMME de GUAR/CELLULOSE					
Etude 6b-N.Ob	3.4/4.0	-14.7	↓	+0.8	NS
Etude 6b-Ob	3.4/4.0	-15.3	↓	-16.6	NS
CELLULOSE					
Etude 1	3.4	-4.8	NS	-10.1	NS
Etude 6	7.1	+1.0	NS	+3.3	NS
Etude 7	7.1	-1.6	NS	-0.3	NS
INULINE					
Etude 3	6.5	+2.2	NS	-7.3	NS
FRUCTOOLIGOSACCHARIDES/FIBRE de BETTERAVE					
Etude 4	4.0/1.0	+1.2	NS	+6.9	NS
Etude 4	8.2/2.0	-7.1	NS	-14.2	↓
FIBRE de BETTERAVE					
Etude 3	6.5	-1.6	NS	-6.3	NS
Etude 6	9.4	-5.1	NS	+0.7	NS
Etude 7	9.4	+6.1	NS	+2.3	NS
PULPES de BETTERAVE					
Etude 5	18.6	-17.3	↓	-30.7	↓
PULPES de CHICOREE					
Etude 5	14.6	-16.8	↓	-20.4	NS
PECTINES					
Etude 1	3.4	-4.3	NS	+0.6	NS

¹ modifications exprimées sous forme de différence, en % de la ration témoin

NS, différence non significative; ↑ ou ↓ : augmentation ou réduction significative au seuil P<0.05

§3.3. Effets spécifiques des fibres étudiées

Les fibres alimentaires étudiées dans le présent travail, quelles que soient leurs sources, ont été ingérées facilement par les animaux. Les effets induits par les fibres ont été néanmoins variables et appellent des applications différentes. C'est pourquoi le présent chapitre regroupe les observations obtenues dans les 7 études, fibre par fibre, afin de les confronter aux données de la littérature et de pouvoir tirer des conclusions en vue de leur utilisation en diététique.

La cellulose ne modifie pas la vitesse de vidange gastrique. Elle est la seule fibre étudiée qui n'ait pas induit de diminution de la teneur en MS des fèces, tout en augmentant le lest, ainsi que précédemment rapporté par Lewis *et al.* (1994) et Sunvold *et al.* (1995). Elle est en réalité peu digérée; les rations contenant de la cellulose présentent des coefficients de digestibilité apparente de la fibre insoluble inférieurs à 7 %, la fibre totale de la ration présentant des coefficients de digestibilité de 25 et 30 % pour les 2 études. Ces chiffres sont supérieurs à ceux cités par Sunvold *et al.* (1995), les auteurs rapportant une digestibilité de 11 % pour la fibre totale dans une ration enrichie en cellulose. La différence peut provenir d'une source différente de cellulose mais également de la fraction fibre soluble hautement digestible présente dans d'autres composants de la ration, et qui induit une augmentation de la digestibilité de la fibre totale. Les autres chiffres cités dans la littérature ne permettent pas de comparaison, en raison de l'utilisation de techniques d'analyse différentes des fibres alimentaires : dosage de la cellulose ou de la fibre brute (Moore *et al.*, 1980; Burrows *et al.*, 1982; Lewis *et al.*, 1994).

La diminution de la digestibilité apparente de la MS ou de la matière organique de la ration est donc principalement due à la présence de cellulose non digérée dans les matières fécales. Par contre, la cellulose présente l'avantage de ne pas influencer la digestibilité de la protéine brute, de l'extrait étheré ou des cendres, ce qui fait de cette fibre un bon candidat pour l'incorporation dans les aliments, à une dose inférieure ou égale à 7 % de la MS selon nos expériences ou les données de la littérature (Fahey *et al.*, 1990). L'utilisation de cellulose de granulométrie fine (fibres de 20 μm de long) est cependant conseillée; la cellulose moulue grossièrement provoquant une diminution de la digestibilité du phosphore et du fer (Lewis *et al.*, 1994).

Cette étude a également permis de conclure que la cellulose n'induit pas d'effets sur les paramètres systémiques étudiés lorsqu'elle est incorporée à des taux inférieurs à 7 % de la MS.

La cellulose a cependant fait l'objet de nombreuses critiques, notamment en raison des modifications de la structure histologique du côlon observées chez des Beagles recevant 10 % TDF de cellulose dans leur ration (Hallman *et al.*, 1995). La cellulose provoquerait notamment une augmentation de la production de mucus. Ces observations ont été contestées par divers auteurs (Debraekeleer et Henroteaux, 1994; Guilbaud *et al.*, 1996). Selon Guilbaud *et al.* (1996), la consommation de fibres alimentaires insolubles provenant de rafles de maïs, incorporées à raison de 6.5 ou 26.5 % de TDF dans la MS, n'induit ni inflammation, ni fibrose de la muqueuse du côlon, après une période d'ingestion de 4 semaines. Ces études réalisées chez le chien ne permettent pas de tirer des conclusions en raison de l'obtention de résultats contradictoires. D'autre part, il faut préciser qu'à notre connaissance, il n'existe aucune donnée concernant les effets sur l'intestin grêle chez le chien.

Les fibres de betterave se distinguent des autres fibres étudiées par une très forte capacité de rétention d'eau provoquant une augmentation importante des excréctions fécales, en terme de poids frais ou sous forme de MS. Bien que les teneurs en MS des fèces aient été diminuées, il ne s'agit pas d'un inconvénient puisque les fèces n'ont jamais été diarrhéiques. L'augmentation des excréctions fécales semble d'ailleurs stimuler la consommation journalière d'eau, comme nous l'avons observé dans l'étude 3. La fibre de betterave améliore l'aspect des matières fécales et c'est pour cette raison qu'elle a été utilisée, en association avec les FOS dans l'étude 4 pour éviter l'émission de fèces diarrhéiques. Ces propriétés peuvent être exploitées à des fins thérapeutiques, notamment pour la prévention de la constipation chez les carnivores.

La fibre de betterave présente néanmoins un inconvénient majeur: elle diminue les coefficients de digestibilité des cendres et des protéines, ce qui nécessite des adaptations lors de la formulation des aliments commerciaux. Il faut également signaler que, par rapport à une ration témoin, l'incorporation de fibre de betterave diminue les coefficients de digestibilité de la fibre totale et de la fibre soluble, mais pas de la fraction insoluble.

Utilisée à des teneurs comprises entre 6.5 et 9.4 % de la MS, elle n'affecte pas les concentrations pré- et postprandiales des métabolites mesurés.

Les pulpes de betterave et de chicorée, incorporées à des taux supérieurs à 14 % de la MS, ont induit les mêmes types d'effets que la fibre de betterave sur les paramètres fécaux et les coefficients de digestibilité des principaux nutriments. Néanmoins, en raison des diminutions importantes de la digestibilité des nutriments, l'utilisation de concentrations élevées ne peut convenir pour la formulation d'aliments classiques, ainsi que précédemment rapporté (Fahey

et al., 1990). L'utilisation de concentrations supérieures à 7 % de la MS sera réservée aux aliments diététiques, par exemple pour le traitement de l'obésité ou du diabète. Les modifications systémiques observées dans le présent travail, notamment les diminutions de la glycémie chez les animaux à jeun et des concentrations plasmatiques postprandiales en insuline, suggèrent par ailleurs que leur utilisation puisse être recommandée pour le traitement diététique de ces maladies. Enfin, sur l'ensemble des études réalisées, la ration contenant 18.6 % de pulpes de betterave dans la MS a induit une diminution significative des concentrations plasmatiques postprandiales en triglycérides.

L'inuline et les FOS présentent une structure chimique assez proche. A notre connaissance, il n'existe pas de données publiées concernant, chez le chien, les effets des FOS sur les paramètres étudiés dans ce travail. L'inuline et les FOS ont induit des effets de même nature sur les paramètres fécaux : augmentation des excréments en terme de poids humide et diminution des teneurs en MS. Selon diverses études réalisées chez l'homme (Shimoyama *et al.*, 1984) ou chez le rat (Tokunaga *et al.*, 1986), l'augmentation de la masse fécale serait due aux fermentations bactériennes et à l'excrétion de corps bactériens dans les matières fécales. Ces données ne sont pas entièrement corroborées dans notre étude, l'augmentation de l'excrétion de fèces sous forme de MS n'étant pas significative. Par contre, ces substances ont provoqué une augmentation de l'excrétion d'eau dans les fèces. Dans une étude préliminaire, il a été montré que l'ingestion de rations contenant 10 % de FOS dans la MS entraînait l'émission de selles diarrhéiques. L'incorporation de fibre de betterave dans l'aliment a permis de supprimer cet inconvénient. L'utilisation de l'inuline n'a pas induit l'émission de matières fécales liquides, probablement en raison de la présence dans la ration de la fibre insoluble de maïs utilisé comme ingrédient de base. L'ingestion d'inuline a par ailleurs induit une augmentation des consommations journalières d'eau.

L'administration d'inuline a diminué la digestibilité apparente de la matière organique, de l'extrait éthéré, de la protéine brute, ainsi que précédemment rapporté chez le rat (Levrat *et al.*, 1993). Par contre, aucune modification des paramètres systémiques n'a été observée à la dose utilisée. Des diminutions des concentrations plasmatiques en glucose, urée et triglycérides ont cependant été rapportées chez l'homme (Rumessen *et al.*, 1990) et chez le rat (Hata, 1982; Rémésy *et al.*, 1995) avec des taux d'incorporation supérieurs à ceux utilisés dans le présent travail. En comparaison aux observations réalisées chez le rat et chez l'homme, nous

constatons donc un parallélisme pour les effets sur les paramètres fécaux et la digestibilité apparente des nutriments mais aucune similitude pour les paramètres sanguins.

L'utilisation dans l'étude 4 d'un niveau d'incorporation de 4 % de la MS de FOS n'a pas induit d'effets sur la digestibilité des nutriments, contrairement à la concentration de 8.2 % qui a diminué la digestibilité de la protéine brute. Chez le rat (Rémésy *et al.*, 1995), il a été montré que les FOS induisaient des proliférations microbiennes qui se traduisaient, entre autres effets, par une augmentation de l'excrétion d'azote fécal, et donc par une diminution de la digestibilité de la protéine brute.

L'incorporation de 8.2 % de FOS dans la MS a réduit les concentrations postprandiales en glucose ($P < 0.05$) et en insuline ($P > 0.05$). Cette propriété peut être exploitée pour la formulation d'aliments diététiques pour les animaux diabétiques. Les diminutions des concentrations plasmatiques postprandiales en urée observées dans le présent travail ont également été rapportées chez le rat (Rémésy *et al.*, 1995). Selon les auteurs, l'addition de FOS, associée à des réductions des taux protéiques de la ration, a induit une diminution de 20 à 30 % des concentrations plasmatiques en urée, suite au transfert de ce métabolite vers le caecum. Ces observations indiquent un intérêt potentiel pour l'utilisation de ces substances dans le traitement des maladies rénales et hépatiques chroniques.

Les effets sur le métabolisme lipidique sont également comparables à ceux observés chez le rat ou chez l'homme (Hata, 1982; Delzenne *et al.*, 1993; Fiordaliso *et al.*, 1995). Les diminutions des concentrations plasmatiques pré- et postprandiales en triglycérides ne peuvent être expliquées par une diminution de la digestibilité des lipides alimentaires. Une hypothèse proposée pour expliquer ces effets systémiques est basée sur la fermentation des fibres alimentaires au niveau du gros intestin et la production d'acides gras volatils qui pourrait influencer la synthèse des lipides au niveau hépatique après leur absorption et transfert via le système porte (Chen *et al.*, 1984). Des études récentes semblent confirmer cette hypothèse (Gupta *et al.*, 1993; Berggren *et al.*, 1996).

Sur l'ensemble des études, les FOS, incorporés à des taux inférieurs à 10 % de la MS, ont été les seules fibres qui ont réduit les concentrations plasmatiques préprandiales en triglycérides. Ces effets hypolipémiants peuvent être exploités pour le traitement diététique des troubles lipidiques primaires ou secondaires, qui sont observés de façon significative dans la population canine (Barrie *et al.*, 1993).

Les résultats rapportés dans le présent travail ont également permis de montrer que dans l'espèce canine, les effets de l'inuline et des FOS ne sont pas comparables sur les différents paramètres étudiés.

Les effets de **la gomme de guar** ont été particulièrement bien étudiés chez l'homme et chez d'autres monogastriques. Avant de développer les effets de cette substance, il paraît opportun de rappeler que la gomme de guar est une fibre soluble, formant une solution visqueuse lorsqu'elle est mélangée avec de l'eau. Cependant, les analyses de TDF ont montré qu'elle contenait environ 30 % de fibre insoluble, ainsi que précédemment rapporté (Bauer et Maskell, 1996).

Chez le chien, à notre connaissance, il n'existe qu'une seule étude rapportant les effets d'une solution de gomme de guar sur la vitesse de vidange gastrique (Russell et Bass, 1985). Dans d'autres études, elle n'a pas été incorporée seule, mais en association avec des fibres insolubles (Graham *et al.*, 1994). Une explication plausible de ce désintérêt pour la gomme de guar est l'effet négatif de ce produit sur la qualité des matières fécales. En effet, utilisée à des concentrations supérieures à 5 % de la MS, la gomme de guar favorise l'émission de fèces liquides et malodorantes. Cependant, ce problème n'a pas été rencontré dans le présent travail, sans doute en raison de la présence de matières premières apportant des fibres insolubles, dans les études 2 et 3, et des concentrations limitées à moins de 5 % de la MS dans les études 6 et 7.

Les études menées chez l'homme (Torsdottir *et al.*, 1989) et chez le porc (Rainbird et Low, 1986), ont montré que la gomme de guar ralentissait la vidange gastrique; cette propriété provenant essentiellement de la viscosité de la fibre. Dans l'étude 1, l'incorporation de 3.4 % de gomme de guar dans la MS de la ration tendait à ralentir la vidange gastrique. Chez le chien, un effet-dose a été observé lors de l'administration de solutions composées de 300 ml de sérum physiologique et de gomme de guar à des concentrations de 0.3, 1.0 et 1.5 % (Russell et Bass, 1985). Au cours de la même étude, les auteurs n'ont remarqué aucune modification de la motricité antro-duodénale. Bien que les résultats de l'étude 1 n'aient pas été significatifs, ils vont cependant dans le même sens alors que la concentration en gomme de guar était assez faible.

Les effets sur les paramètres fécaux ont été assez similaires et apparemment, peu dépendants des doses utilisées, comprises dans une fourchette de 3.4 à 6.5 % de la MS. De même, lors

d'utilisation du mélange de cellulose et de gomme de guar, les effets sur les paramètres fécaux ont été semblables à ceux de la gomme de guar utilisée seule.

Les coefficients de digestibilité apparente de la protéine brute et de l'extrait éthéré ont été systématiquement diminués lors de l'ingestion de rations enrichies en gomme de guar. Plusieurs hypothèses ont été proposées pour expliquer ces modifications des coefficients de digestibilité. L'augmentation de la viscosité peut réduire le contact enzyme-substrat ainsi que la diffusion des nutriments vers les enzymes et les sites d'absorption (Jenkins *et al.*, 1978). Certaines fibres peuvent exercer un effet inhibiteur sur les synthèses enzymatiques, mais ce mécanisme n'a pas été mis en évidence lors de l'utilisation de la gomme de guar. Ensuite, de nombreux auteurs attribuent les effets biologiques de la gomme de guar à ses caractéristiques physico-chimiques. Enfin, la gomme de guar est une fibre hautement fermentée dans le gros intestin, ainsi qu'en témoignent les coefficients de digestibilité apparente de la fibre soluble des rations, obtenus dans les études 6 et 7. Ces fermentations libèrent des acides gras volatils, susceptibles d'exercer des effets directs, par exemple sur les colonocytes, mais expliquent aussi la transformation d'une partie de l'azote non digéré sous forme de protéines microbiennes qui peuvent être éliminées dans les matières fécales.

En ce qui concerne la digestibilité de la fraction "fibre" des aliments, l'ingestion de rations enrichies en gomme de guar n'a pas modifié les coefficients de digestibilité de la fibre soluble mais bien ceux de la fibre insoluble, lors d'une étude sur deux. Par contre, les effets du mélange de cellulose et de gomme de guar ont été semblables à ceux de la cellulose utilisée seule; l'effet de la cellulose a donc été prépondérant sur les variations de ces paramètres.

Chez l'homme, l'effet hypoglycémiant de la gomme de guar a été mis en évidence par de nombreux auteurs, chez l'individu sain (Jenkins *et al.*, 1977; Fairchild *et al.*, 1996), chez le patient diabétique (Gatti *et al.*, 1984) et chez l'individu obèse (Krotkiewski, 1984). Dans le présent travail, la gomme de guar utilisée seule n'a pas induit de modifications des concentrations pré- et postprandiales en glucose chez les chiens sains ou obèses. Par contre, l'ingestion du mélange de gomme de guar-cellulose a diminué légèrement, mais néanmoins significativement, la concentration postprandiale en glucose chez les individus sains. Sans doute, faut-il relier ces résultats aux caractéristiques physiologiques du chien. Le chien présente une glycémie à jeun située dans une fourchette assez étroite de 0.8 à 1.2 g/l (Feldman et Nelson, 1987) et de façon générale, par comparaison à l'homme, une augmentation importante de la glycémie postprandiale ne peut être mise en évidence chez les

animaux sains (Holste *et al.*, 1989). Nos propres résultats ont toujours été compris dans les limites citées plus haut. Des concentrations élevées de gomme de guar, de l'ordre de 15 à 20 % de la MS, semblent nécessaires pour diminuer les concentrations postprandiales en glucose chez le chien sain (Blaxter *et al.*, 1990), alors qu'un mélange de gomme de guar (5 % de TDF dans la MS) et de fibres de pois (10 % dans la MS) n'a induit aucun effet sur ces paramètres (Maskell *et al.*, 1994). Contrairement aux concentrations en glucose, les concentrations pré- et postprandiales en insuline ont été modifiées par l'ingestion de gomme de guar. Les résultats des mesures préprandiales ne permettent pas de tirer des conclusions définitives : diminution dans 2 études sur 6 lorsque la gomme de guar est utilisée seule, et absence d'effet du mélange de gomme de guar et de cellulose. Par comparaison, les études menées chez l'homme sain montrent que la gomme de guar n'influence pas les taux d'insuline mesurés à jeun (Landin *et al.*, 1992). Cependant, à l'exception de la 1^{ère} étude, l'incorporation de gomme de guar a diminué toutes les concentrations postprandiales en insuline lorsqu'elle était utilisée seule ou en mélange. Ces observations ont aussi été réalisées chez l'homme (Morgan *et al.*; 1979; Landin *et al.*, 1992). Il est également intéressant de constater que les effets de la gomme de guar, utilisée seule ou en mélange, sur les concentrations plasmatiques en insuline postprandiale étaient plus importants chez les chiens obèses que chez les chiens sains. Il faut noter que les chiens obèses utilisés dans le présent travail présentaient des concentrations plasmatiques individuelles en glucose et en insuline supérieures à celles des chiens sains, bien que comprises dans les valeurs de référence. Suite à une étude clinique, Mattheeuws *et al.* (1984) rapportent que 61 % des chiens obèses présentent soit une intolérance au glucose, soit une hyperinsulinémie, ou les 2; les chiens obèses utilisés dans le présent travail ne présentent aucune de ces caractéristiques. En outre, ils se distinguent par leur plus jeune âge et par un état d'obésité qui durait depuis moins longtemps. Les résultats obtenus suggèrent que les effets de la gomme de guar sur les concentrations postprandiales en insuline chez le chien sont d'autant plus importants que les concentrations initiales sont élevées. Bien que les effets des fibres alimentaires chez les chiens diabétiques aient été rapportés dans différentes études (Blaxter *et al.*, 1990; Graham *et al.*, 1994), les concentrations en insuline n'ont pas été mesurées et le petit nombre de cas étudiés ne permet pas de tirer des conclusions. D'autre part, sur le plan du traitement, il est généralement admis qu'un régime contenant une concentration élevée d'hydrates de carbone complexes sous forme d'amidon et de fibres alimentaires peut améliorer le contrôle du diabète chez le chien (Blaxter *et al.*, 1990; Nelson *et al.*, 1991; Graham *et al.*, 1994; Holme, 1997). Par conséquent, de nouvelles études

cliniques sont nécessaires, y compris chez les chiens non insulino-dépendants présentant un diabète secondaire, pour évaluer la possibilité de différer ou de limiter l'administration d'insuline exogène par un régime approprié. A ce titre, la gomme de guar, utilisée seule ou en mélange, devrait faire l'objet d'études approfondies.

Les concentrations plasmatiques postprandiales en azote α -aminé et en urée ont été diminuées suite à l'ingestion de rations enrichies en gomme de guar. Ces données peuvent être mises en relation avec la diminution de la digestibilité de la protéine brute mais elles indiquent également un intérêt potentiel de ces fibres dans le traitement des maladies rénales chroniques (Rémésy *et al.*, 1995). Pour mieux comprendre les mécanismes d'action des fibres alimentaires sur ces métabolites sanguins, la détermination des coefficients de digestibilité devrait idéalement être associée à des mesures des flux sanguins de l'urée et de l'azote α -aminé.

Enfin, une des observations les plus intéressantes est que la gomme de guar induit une diminution des concentrations en cholestérol, mesurées avant ou après le repas, à la fois chez les chiens sains et les chiens obèses. Cet effet hypocholestérolémiant, précédemment rapporté chez l'homme (Morgan *et al.*, 1988; Landin *et al.*, 1992) est donc également présent chez le chien, même à des concentrations de gomme de guar aussi faibles que 3.4 % de la MS de la ration. La diminution systématique de la digestibilité de l'extrait éthéré de la ration peut expliquer l'effet hypocholestérolémiant et certaines réductions des concentrations postprandiales en triglycérides. Actuellement, les mécanismes d'action sont toujours inexplicables chez l'homme. L'étude du métabolisme des acides biliaires chez l'homme et le rat fournit cependant quelques pistes, sans apporter de réponse définitive (Langkilde *et al.*, 1993; Morgan *et al.*, 1993; Overton *et al.*, 1994). Ensuite, l'hypothèse selon laquelle des produits de fermentation libérés dans le gros intestin pourraient agir directement sur la synthèse hépatique de cholestérol ne peut être écartée. Cette hypothèse avait été émise dans le cadre de l'utilisation des FOS.

Durant de nombreuses années, les troubles du métabolisme lipidique n'ont pas été considérés comme un sujet d'étude majeur chez les carnivores domestiques. Cependant, les hyperlipémies ne sont pas rares chez les animaux à jeun : une étude réalisée à Glasgow a montré que 14.3 % des chiens présentaient ce problème. Dans 81 % des cas, les anomalies étaient secondaires à d'autres troubles métaboliques comme l'hypothyroïdie, le diabète, l'hyperadrénocorticisme, les maladies rénales et les maladies hépatiques. Les hyperlipémies

primaires idiopathiques seront traitées par un régime à teneur réduite en lipides et élevée en fibres (Jones et Manella, 1990; Watson et Barrie, 1993).

Il apparaît donc que l'ingestion de gomme de guar, à doses inférieures à 5 % de la MS, pourrait être une aide diététique d'importance dans le traitement de plusieurs maladies métaboliques chroniques. Plusieurs modalités de présentation ou d'incorporation (poudre de granulométries différentes, incorporation dans des céréales, des pâtes, des boissons, ...) peuvent être utilisées, les traitements thermiques n'affectant pas l'activité physiologique de la gomme de guar (Graham *et al.*, 1994; Fairchild *et al.*, 1996).

La formulation **du mélange de gomme de guar et de cellulose** en proportion SDF/IDF similaire à la fibre de betterave a permis de mettre en évidence des effets physiologiques très différents pour ces 2 produits, principalement sur les métabolites sanguins. Il nous faut conclure que les facteurs déterminant les principaux effets biologiques sont la composition et les propriétés physico-chimiques de la fibre, et non simplement sa solubilité.

Les fibres ont également été étudiées chez **des chiens sains et chez des chiens obèses**. Les fibres alimentaires testées dans les études 6 et 7 ont induit des effets similaires sur les caractéristiques fécales et la digestibilité des nutriments chez les chiens sains et chez les chiens obèses; ces derniers présentent des coefficients de digestibilité apparente semblables aux chiens sains.

Les effets sur les métabolites sanguins mesurés chez les animaux à jeun ont été exactement les mêmes dans les 2 études. Par contre, en ce qui concerne les modifications postprandiales, la gomme de guar utilisée seule ou en mélange avec la cellulose a induit des réductions significatives des concentrations en insuline et en urée chez les animaux obèses, mais pas chez les animaux sains. Ces résultats suggèrent que les animaux obèses sont plus susceptibles que les animaux sains de bénéficier de l'ajout de cette fibre dans leur ration.

Références bibliographiques

- BARNOUD F. La cellulose. In : Les polymères végétaux. Bernard Monties, Ed. Gauthier-Villars, 1980, 66-86.
- BARRIE J., WATSON T.G.D., STEAR M.J., NASH A.S. Plasma cholesterol and lipoprotein concentrations in the dog : the effects of age, breed, gender and endocrine disease. *J. Small Anim. Pract.*, 1993, **34**, 507-512.
- BAUER, J.E., MASKELL, I.E. Fibres alimentaires : perspectives cliniques. In : Le livre Waltham de la Nutrition clinique du chien et du chat. Eds J.W. Wills & K.W. Simpson. Edn Point Vétérinaire, Paris, 1996, 77-89.
- BERGGREN A.M., NYMAN E.M.G.L., LUNDQUIST I., BJORCK I.M.E. Influence of orally and rectally administered propionate on cholesterol and glucose metabolism in obese rats. *Br. J. Nutr.*, 1996, **76**, 287-294.
- BLAXTER A.C. CRIPPS P.J., GRUFFYDD-JONES T.J. Dietary fibre and post prandial hyperglycaemia in normal and diabetic dogs. *J. Small Anim. Pract.*, 1990, **31**, 229-233.
- BURNS J., FOX S. M. The use of a barium meal to evaluate total gastric emptying time in the dog. *Vet.Radiol.*, 1986, **27**, 169-172.
- BURROWS C.F., KRONFELD D.S., BANTA C.A., MERRITT A.M. Effects of fibre on digestibility and transit time in dogs. *J. Nutr.*, 1982, **112**, 1726-1732.
- CHEN W.J., ANDERSON J.W., JENNINGS D. Propionate may mediate the hypocholesterolemic effects of certain soluble plant fibers in cholesterol-fed rats. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 1984, **175**, 215-218.
- DEBRAEKELEER J., HENROTEAUX M. Dietary management of colitis. Proceedings of the 4th ESVIM Annual Congress, Brussels 1994, 15-16.
- DELZENNE N.M., KOK N., FIORDALISO M.F., DEBOYSER D.M., GOETHALS F.M., ROBERFROID M.B. Dietary fructooligosaccharides modify lipid metabolism in rats. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1993, **57**, 820s.
- DIMSKI D.S., BUFFINGTON C.A. Dietary fibre in small animal therapeutics. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1991, **199**, 1142-1146.
- ENGLYST H.N. & CUMMINGS J.H. Simplified method for the measurement of total non-starch polysaccharides by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. *Analyst*, 1984, **109**, 938-942.
- FAHEY G.C., MERCHEN N.R., CORBIN J.E., HAMILTON A.K., SERBE K.A., LEWIS S.M. & HIRAKAWA D.A. Dietary fiber for dogs : I. Effects of graded levels of dietary beet pulp on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. *J. Anim. Sci.* 1990, **68**, 4221-4228.
- FAIRCHILD R.M., ELLIS P.R., BYRNE A.J., LUZIO S.D., MIR M.A. A new breakfast cereal containing guar gum reduces postprandial plasma glucose and insulin concentrations in normal weight human subjects. *Br. J. Nutr.*, 1996, **76**, 63-73.
- FELDMAN E.C., NELSON R.W. Canine and feline endocrinology and reproduction, WB Saunders Company, 1987, 229-273.

- FIORDALISO M., KOK N., DESAGER J., GOETHALS F., DEBOYSER D., ROBERFROID M., DELZENNE N. Dietary oligofructose lowers triglycerides, phospholipids and cholesterol in serum and very low density lipoproteins of rats. *Lipids*, 1995, **30**, 163-167.
- GATTI E., CATENAZZO G., CAMISASCA E., TORRI A., DENEGRI E., SIRTORI C.R. Effects of guar enriched pasta in the treatment of diabetes and hyperlipidemia. *Ann. Nutr. Metab.*, 1984, **28**, 1-10.
- GRAHAM P.A., MASKELL I.E., NASH A.S. Canned high fiber diet and postprandial glycemia in dogs with naturally occurring diabetes mellitus. *J. Nutr.*, 1994, **124**, 2712S-2715S.
- GUILBAUD L., EGRON G., TABBI S., CHEVALLIER M., CADORE JL Influence du taux et de la nature des fibres alimentaires dans l'alimentation du chien. 2. Modifications endoscopiques et histologiques du côlon. *Rev. Méd. Vét.*, 1996, **147**, 319-326.
- GUPTA A.K., KAUR N., KAUR M., SINGH R. Potential medicinal and nutritional uses of chicory roots and inulin. *Stud. Plant Sci.*, 1993, **3**, 359-365.
- HALLMAN J.E., MOXLEY R.A., REINHART G.A., WALLACE E.A., CLEMENS E.T. Cellulose, beet pulp and pectin/gum arabic effects on canine caloric microstructure and histopathology. *Vet. Clin. Nutr.*, 1995, **2**, 137-142.
- HATA A. The influence of Neosugar on the lipid metabolism of experimental animals. Topic 6 in Proc. 1st Neosugar Research Conference, 1982, Tokyo.
- HENNEBERG W., STOHMANN F. Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer I, Braunschweig. 1860.
- HOLME B. Treatment of diabetes mellitus in the dog (Part II). *Europ. J. Comp. Anim. Pract.*, 1997, **2**, 68-77.
- HOLSTE L.C., NELSON R.W., FELDMAN E.C., BOTTOMS G.D.. Effect of dry, soft moist, and canned dog foods on postprandial blood glucose and insulin concentrations in healthy dogs. *Am. J. Vet. Res.*, 1989, **50**, 984-989.
- JENKINS D.J.A., LEEDS A.R., GASSULL M.A., COCHET B., ALBERTI G.M.M. Decrease in postprandial insulin and glucose concentrations by guar and pectin. *Ann. Int. Med.*, 1977, **86**, 20-23.
- JENKINS, D. J. A., WOLEVER, T.M.S., LEEDS, A.R., GASSULL, M.A., HAISMAN, P., DILAWARI, J., GOFF, D.V., METZ, L.M., ALBERTI, K.G.M.M. Dietary fibres, fibres analogues, and glucose tolerance : importance of viscosity. *Br. Med. J.*, 1978, **1**, 1392-1394.
- JONES B.R., MANELLA C. Some aspects of hyperlipidemia in the dog and cat. *Aust. Vet. Practit.*, 1990, **20**, 136-142.
- KROTKIEWSKI M. Effect of guar gum on body-weight, hunger ratings and metabolism in obese subjects. *Br.J.Nutr.*, 1984, **52**, 97-105.
- LANDIN K., HOLM G., TENGBORN L., SMITH U. Guar gum improves insulin sensibility, blood lipids, blood pressure and fibrinolysis in healthy men. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1992, **56**, 1061-1065.

- LANGKILDE A.M., ANDERSSON H., BOSAEUS I. Sugar-beet fibre increases cholesterol and reduces bile acid excretion from the small bowel. *Br. J. Nutr.*, 1993, **70**, 757-766.
- LEIB M.S., MONROE W.E., CODNER E.C. Management of chronic large bowel diarrhoea in dogs. *Vet. Med.*, 1991, 922-929.
- LEVRAT M-A., REMESY C., DEMIGNE C. Influence of inulin and ammonia nitrogen fluxes in the rat caecum : consequences on nitrogen excretion. *J. Nutr. Biochem.*, 1993, **4**, 1-6.
- LEWIS L.D., MAGERKURTH J.H., ROUDEBUSH P., MORRIS M.L., MITCHELL E.E, TETTER S.M. Stool characteristics, gastrointestinal transit time and nutrient digestibility in dogs fed different fibre sources. *J. Nutr.*, 1994, **124**, 2716S-2718S.
- MASKELL I.E., WINNER L.M., MARKWELL P.J., BOEHLER S. Does the canning process alter the physiological effects of dietary fiber in the dog ? *J. Nutr.*, 1994, **124**, 2704S-2706S.
- MATTHEEUWS D., ROTTIERS R., BAYENS D., VERMEULEN A. Glucose tolerance and insulin response in obese dogs. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.*, 1984, **20**, 287-293.
- MOORE M.L., FOTTLER H.J., FAHEY G.C., CORBIN J.E. Utilization of corn-soybean meal-substituted diets by dogs. *J. Anim. Sci.*, 1980, **50**, 892-896.
- MORGAN L.M., GOULDER T.J., TSIOLAKIS D., MARKS V., ALBERTI K.G.M.M. The effect of unabsorbable carbohydrate on gut hormones. *Diabetologia*, 1979, **17**, 85-89.
- MORGAN L.M., TREDGER J.A., WILLIAMS C.A., MARKS V. Effects of sugar beet fibre on glucose tolerance and circulating cholesterol levels. *Proc. Nutr. Soc.*, 1988, **47**, 185A (Abstract).
- MORGAN L.M., TREDGER J.A., SHAVILA Y., TRAVIS J.S., WRIGHT J. The effect of non-starch polysaccharide supplementation on circulating bile acids, hormone and metabolite levels following fat meal in human subjects. *Br. J. Nutr.*, 1993, **70**, 491-501.
- NELSON R.W., IHLE F.L., LEWIS L.D., SALISBURY S.K., MILLER T., BERGDALL V., BOTTOMS G.D. Effects of dietary fiber supplementation on glycemic control in dogs with alloxan-induced diabetes mellitus. *Am. J. Vet. Res.*, 1991, **52**, 2060-2066.
- NIX B.E., LEIB M.S., ZAJAC A., ZARAKAS K. The effect of dose and concentration on D-xylose absorption in healthy, immature dogs. *Vet. Clin. Pathology*, 1993, **22**, 10-16.
- NRC, 1974: Nutrient Requirements of Dogs. National Academy Press, Washington DC.
- NRC, 1985: Nutrient Requirements of Dogs. National Academy Press, Washington DC.
- OVERTON P.D., FURLONGER N., BEETY J.M., CHAKKABORTY J., TREDGER J.A., MORGAN L.M. The effects of dietary sugar beet fibre and guar gum on lipid metabolism in wistar rats. *Br. J. Nutr.*, 1994, **72**, 385-395.
- PROSKY L., ASP N.G., FURDA I., DEVRIES J.W., SCHWEIZER T.F., HARLAND B.F. Determination of total dietary fibre in foods, food products and total diets : Interlaboratory study. *J. AOAC Int.*, 1984, **67**, 1044-1052.
- RAINBIRD A.L., LOW A.G. Effect of guar gum on gastric emptying in growing pigs. *Br. J. Nutr.*, 1986, **55**, 87-98.

- REMESY C., YOUNES H, LEVRAT M., DEMIGNE C. Fermentable carbohydrates reduced the urinary nitrogen excretion by increasing urea disposal in the digestive tract. Proceedings of the 1st ORAFIT research Conference, 1995, 145-181.
- ROBERFROID, M. Dietary fibre, inulin, and oligofructose : a review comparing their physiological effects. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 1993, **33**, 103-148.
- RUMESSEN J.J., BODE S., HAMBERG O., GUDMAND-HOYER E. Fructans of Jerusalem artichokes : intestinal transport, absorption, fermentation, and influence on blood glucose, insulin, and C-peptide responses in healthy subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1990, **52**, 675-681.
- RUSSELL J., BASS P. Canine gastric emptying of fibre meals : influence of meal viscosity and antroduodenal motility. *Am. J. Physiol.*, 1985, **249**, G662-G667.
- SHIMOYAMA T., HORI N., KAWAURA A., SHIOMI N., SHOYA T., HIRAKAWA H., YAMAZAKI K. Relationship between Neosugar P and chronic constipation Topic 3-2 in Proc. 2nd Neosugar Research Conference, 1984, Tokyo.
- SUNVOLD G.D., FAHEY G.C., MERCHEN N.R., TITGEMEYER E.C., BOURQUIN L.D., BAUER L.L., REINHART L.A. Dietary fiber for dogs : IV. *In vitro* fermentation of selected fiber sources by dog fecal inoculum and *in vivo* digestion and metabolism of fiber supplemented diets. *J. Anim. Sci.*, 1995, **73**, 1099-1109.
- THIBAULT J.F. Les substances pectiques. In : Les polymères végétaux. Ed. Bernard Monties. Gauthier-Villars, 1980, 232-251.
- TOKUNAGA T., OKU T., HOSOYA N. Influence of chronic intake of new sweetener fructo-oligosaccharide (Neosugar) on growth and gastro-intestinal function of the rat. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 1986, **32**, 111-121.
- TORSODOTTIR I., ALPSTEN M., ANDERSSON H., EINARSSON S. Dietary guar gum effects on postprandial blood glucose, insulin and hydroxyproline in humans. *J. Nutr.*, 1989, **119**, 1925-1931.
- TROWELL H. Definition of fibre. *Lancet*, 1974, 503.
- VAN SOEST P.J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fibre residues of low nitrogen content. *J. AOAC Int.*, 1963a, **46**, 825-829.
- VAN SOEST P.J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. A rapid method for the determination of fibre and lignin. *J. AOAC Int.*, 1963b, **46**, 829-835.
- WATSON T.D.G., BARRIE J. Lipoprotein metabolism and hyperlipidaemia in the dog and cat : A review. *J. Small Anim. Pract.*, 1993, **34**, 479-487.