

**Première partie :**

**REVUE DE LA LITTERATURE**



## Chapitre 1

**Fibres alimentaires chez le chien : I. Définition et composition chimique**

M. Diez, L. Istasse

*Ann. Méd. Vét.*, 1996, **140**, 385-391**Résumé**

Cet article constitue la première partie d'une synthèse concernant les fibres alimentaires. Ces dernières, fréquemment utilisées dans l'alimentation de l'homme, sont proposées actuellement dans les aliments pour animaux de compagnie. Les définitions, les types de fibres et les principaux constituants chimiques sont présentés, ainsi que leurs applications potentielles dans les domaines industriels, agro-alimentaires et médicaux.

**Summary**

Dietary fibres in dogs : I. Definition and chemical composition.

The present paper is the first part of a review on dietary fibres. Dietary fibres, frequently used in humans, are at present proposed to be incorporated in feed for pets. Definitions, types of fibres and the principal chemical constituents are described along with the potential applications in the agro-industry and therapy.

## §1.1. Introduction

Depuis deux décennies, les fibres diététiques ou fibres alimentaires ont suscité de nombreuses controverses quant à leur utilisation en nutrition humaine ou animale.

On attribue aux fibres de nombreuses propriétés intéressantes, notamment dans le traitement de certaines maladies chroniques comme le diabète, l'hyperlipémie, l'obésité et même dans la prévention du cancer (Gatti *et al.*, 1984; Di Lorenzo *et al.*, 1988; Arts, 1996). Mais ce nutriment doit aussi être testé sur d'autres plans : efficacité à long terme, digestibilité des autres composants de la ration, transit gastro-intestinal, innocuité, ... de telle sorte que les questions posées sont toujours plus nombreuses (Southgate, 1990). Les fibres alimentaires sont incorporées de façon empirique et à doses variables dans les aliments pour carnivores domestiques, soit sous forme purifiée ou semi-purifiée dans les aliments industriels, soit naturellement présentes dans les ingrédients des rations ménagères tels que les légumes et les céréales.

Un nombre restreint d'études cliniques relatent des expériences utilisant des fibres chez le chien ou le chat. De plus, d'une étude à l'autre, les paramètres mesurés varient ainsi que les types ou les doses de fibres, ce qui rend les comparaisons difficiles. Par conséquent, les effets physiologiques des fibres seront également présentés pour d'autres monogastriques, principalement l'homme et le rat. Cette synthèse en 7 parties se propose de présenter divers aspects des fibres alimentaires et de leur utilisation chez les carnivores domestiques. La structure chimique et les types de fibres feront l'objet d'un premier article. Les sujets traités par la suite seront les effets des fibres sur le temps de transit gastro-intestinal, les ingestions journalières, l'aspect des fèces, la digestibilité des nutriments et leur influence sur le métabolisme des lipides et des hydrates de carbone. Plusieurs applications thérapeutiques seront également présentées.

Le développement de nombreuses techniques analytiques a permis de mieux comprendre la structure physique des fibres alimentaires ainsi que leur composition chimique (Monties, 1980). De même, les techniques développées depuis 20 ans (Southgate, 1976; Englyst *et al.*, 1982; Asp *et al.*, 1983; Prosky *et al.*, 1984 et 1985) ont apporté aux nutritionnistes de nombreuses informations sur le contenu et le type de fibres des aliments. Enfin, de nouvelles sources de fibres sont régulièrement proposées sur le marché et nécessitent donc des recherches en vue d'applications dans l'industrie agro-alimentaire ou d'utilisations à des fins thérapeutiques. C'est ainsi que peu à peu, le concept de la fibre alimentaire s'est développé en nutrition humaine ou animale.

## §1.2. Définitions

La fibre alimentaire peut être définie selon des critères botaniques, chimiques, physiques ou nutritionnels. Le tableau 1.1 résume les principales dénominations ainsi que les constituants chimiques majeurs.

La fibre brute est le résidu de l'analyse des aliments soumis à un traitement à chaud aux acides forts et aux bases. Le terme de fibre brute inclut donc des quantités variables de cellulose, hémicelluloses et lignine. Trowell, en 1974, introduit le concept de "fibre alimentaire" en se basant sur des caractéristiques physiologiques. Selon Trowell, la fibre est le "résidu" des cellules végétales résistant à l'hydrolyse par les enzymes digestives de l'homme. Cette définition couvre un groupe de substances non digérées dans l'intestin grêle mais qui peuvent être partiellement hydrolysées par des bactéries du colon. La définition de Trowell, quoique restrictive, a le mérite de faire la distinction entre la fibre alimentaire et la fibre brute. Selon Spiller (1976), le terme "fibre" est peu approprié, la cellulose étant la seule substance à présenter une structure fibreuse sous forme de microfibrilles ou fibrilles. Il propose alors le terme "plantix", nomenclature peu utilisée. Southgate (1977) définit la fibre de façon analytique comme la somme de la lignine et des polysaccharides autres que l'amidon.

La notion d'"hydrate de carbone non assimilable" est ambiguë puisque certains de ces hydrates de carbone sont fermentés par les microorganismes intestinaux avec production d'acides gras volatils utilisables par l'organisme.

Actuellement, les notions de "fibre soluble ou insoluble" sont largement répandues. La fibre insoluble représente principalement la cellulose et la lignine tandis que la fibre soluble fait référence à des gommes, des mucilages, des pectines et certaines hémicelluloses. Les dosages de fibre insoluble et soluble permettent surtout une distinction des effets biologiques. Les fibres non purifiées, comme la plupart des aliments, sont en général des fibres mixtes, c'est-à-dire contenant des fibres solubles et insolubles en proportions variables. Enfin, le terme de fibre ne doit pas être strictement lié aux structures végétales naturelles (Southgate, 1986). Les différentes substances reprises ci-dessous pourraient aussi être considérées comme des fibres de par leur caractéristique d'indigestibilité dans l'intestin grêle :

- des complexes d'hydrates de carbone et de protéines nés de la réaction de Maillard
- l'amidon résistant
- les fibres animales non digérées par les enzymes digestives comme les aminopolysaccharides (Furda, 1983)
- les polysaccharides synthétiques ou partiellement synthétisés tels que des oligosaccharides ou la méthylcellulose

- des substances végétales autres que des polysaccharides telles des cutines, subérines, cires et certains pigments

En résumé, les fibres alimentaires sont principalement constituées de polysaccharides plus ou moins complexes bien qu'elles puissent aussi inclure d'autres composants mineurs. Au vu des problèmes de définition, il est donc conseillé d'utiliser en pratique le nom précis, soit de l'aliment (son de blé), ou du composant chimique ( $\beta$ -glucane) plutôt que le terme générique de "fibre alimentaire".

TABLEAU 1.1.—Définitions de la fibre alimentaire.

<b>Dénominations</b>	<b>Constituants chimiques</b>	<b>Origine</b>
Fibre brute	Cellulose, hémicelluloses, lignine	végétale
Fibre alimentaire de Trowell	Cellulose, hémicelluloses, lignine, gommes et mucilages	végétale
Plantix	Cellulose, hémicelluloses, lignine, gommes et mucilages	végétale
Fibre de Southgate	Lignine + polysaccharides autres que l'amidon	végétale
Hydrates de carbone non assimilables	Cellulose, hémicelluloses, lignine, gommes et mucilages	végétale
Fibre insoluble	Cellulose, lignine	végétale
Fibre soluble	Pectines, gommes, mucilages, hémicelluloses	végétale
Fibre, au sens large	Tous les constituants cités ci-dessus plus : - Aminopolysaccharides : chitine - Cutines, subérines - Oligosaccharides de synthèse	animale végétale végétale + synth.fongiques

---

### **§1.3. Types de fibres alimentaires et composition chimique**

#### **§1.3.1. La cellulose**

La cellulose est le principal constituant des parois végétales. C'est le composé le plus abondamment représenté dans la nature. La cellulose pure est un homopolysaccharide comprenant jusque 10.000 unités de D-glucose unis par des liaisons de type  $\beta[1-4]$  inattaquables par les enzymes digestives mais dégradées par des cellulases bactériennes ou fongiques. Les fibres de cellulose sont insolubles dans l'eau et dans les solvants classiques; elles sont donc très résistantes aux réactions chimiques (Rinaudo, 1980) et surtout aux bases. La cellulose est le composant majeur d'un grand nombre de matériaux industriels (bois, papiers, textile, films, explosifs). Certains dérivés solubles de la cellulose sont utilisés par les industries agro-alimentaires comme agents épaississants (Barnoud, 1980). La cellulose est utilisée sous forme de poudre insoluble pour apporter des fibres dans certains aliments commerciaux pour animaux de compagnie.

#### **§1.3.2. Les hémicelluloses**

Les hémicelluloses sont présentes dans la matrice polysaccharidique non cellulosique des cellules végétales. Les hémicelluloses ne sont pas des précurseurs de la cellulose mais forment une classe de substances très variables. Il s'agit d'homo ou hétéro-polysaccharides linéaires ou branchés que l'on peut classer suivant la nature des unités osidiques qui constituent les polymères (D-xylanes, D-mannanes, ...). Elles sont généralement solubles dans l'eau et les bases (Joseleau, 1980) et présentent une taille plus petite que la cellulose : moins de 200 unités.

#### **§1.3.3. Les substances pectiques**

Les pectines sont des constituants de structure des parois végétales et forment un "ciment" intercellulaire. Un des composants principaux est l'acide D-galacturonique qui est méthylé à un degré variable, ce qui permet de distinguer des pectines faiblement méthylées (<50%) ou des pectines hautement méthylées (>50%). Dans la nature, les substances pectiques sont le plus souvent hautement méthylées et très solubles dans l'eau. Les substances pectiques présentes dans les membranes sont liées à la cellulose et sont insolubles dans l'eau. Cette forme est appelée protopectine. L'hydrolyse de la protopectine dans l'eau chaude à pH acide va libérer des produits solubles (pectines, sucres, ...).

Les propriétés de gélification des substances pectiques en présence d'agents déshydratants sont connues et largement exploitées depuis longtemps par les industries agro-alimentaires pour la fabrication de gelées ou confitures. Dans ces cas, c'est le sucre qui sert d'agent déshydratant. Les principales sources de pectines sont les marcs de pommes, les écorces d'agrumes et les pulpes de betteraves (Berk, 1976). Les pectines ne présentent aucune toxicité, elles ne sont pas digérées mais fermentées dans le colon. Les pectines commerciales sont caractérisées par leur pouvoir de gélification, le degré de méthylation et la vitesse de solidification des gelées.

#### **§1.3.4. Les lignines**

Les lignines ne sont pas des polysaccharides mais des polymères complexes de phénylpropane. Leur association étroite avec la cellulose dans les parois végétales explique leur classification dans les fibres alimentaires (Monties, 1980). Ce sont des composés très inertes qui constituent une couche hydrophobe retardant la pénétration de l'eau dans les tissus. Les lignines sont retrouvées intactes dans les matières fécales.

#### **§1.3.5. Les gommages et mucilages**

Les gommages ne sont pas des constituants des parois végétales mais des sécrétions produites à partir de plaies ou des exsudats naturels. Au sens large, le terme "gommages" désigne un groupe de polysaccharides complexes d'origine végétale, solubles dans l'eau et largement utilisés dans les aliments comme agents épaississants, liants ou stabilisants. Leur haut poids moléculaire et leur affinité pour l'eau sont responsables de la formation de solutions visqueuses et de gels épais, même à basse concentration (Berk, 1976). La viscosité est une propriété extrêmement importante; elle est influencée par la position des chaînes latérales. Il existe des types de fibres de même origine botanique, par exemple la gomme de guar, qui peuvent être classées en produits de viscosité variable. Ces différences de viscosité peuvent se traduire par des effets physiologiques différents. Les substances suivantes : carragheénanes, agar, gomme de caroube, gomme de guar sont utilisées par les industries comme sources de gommages. Les gommages de caroube et de guar sont issues de plantes de la famille des légumineuses et sont formées de galactomannanes. Ces gommages ont la propriété de gonfler en solutions froides. En raison de leur fort caractère hydrophile, elles forment d'excellents additifs pour divers produits alimentaires. Les carragheénanes et l'agar sont extraits de plantes marines. L'agar est utilisé pour solidifier les milieux de culture en bactériologie et peut remplacer la gélatine dans certaines préparations (Berk, 1976).



Les mucilages sont sécrétés dans l'endosperme de certaines graines où ils jouent un rôle de prévention de la déshydratation. Ce sont des polysaccharides complexes présentant une structure semblable aux hémicelluloses et ils sont solubles dans l'eau. Les alginates entrent dans la constitution des mucilages des parois des algues brunes. Les graines de psyllium constituent également de bonnes sources de mucilage ainsi que le tourteau de lin. La gomme de karaya (ou Sterculia) est aussi un mucilage; elle doit être finement moulue pour absorber l'eau. Elle est utilisée comme agent laxatif chez l'homme. Les gommages et les mucilages sont fréquemment incorporés sous forme de gelée dans les aliments industriels humides pour les carnivores domestiques.

### **§1.3.6. Les substances présentant des propriétés de fibre**

Les oligopolysaccharides (ou oligosaccharides) constituent une nouvelle génération de substances à structure similaire mais de composition différente. Il s'agit pour la plupart de tri ou tétra-oses dérivés de produits naturels ou synthétisés à partir de sucres simples (fructooligosaccharide). Ces substances présentent un grand intérêt en nutrition humaine puisqu'elles ont un pouvoir sucrant tout en étant indigestibles dans l'intestin grêle. D'autre part, elles présentent la propriété de stimuler la flore de bifidobactéries chez l'homme. De nouvelles technologies ont permis de modifier la texture de ces produits en vue de leur utilisation chez l'homme et dans diverses espèces animales pour former des succédanés de matières grasses. Actuellement, c'est au Japon que leur développement est le plus important; ces produits sont incorporés dans plus de 500 aliments différents (Spiegel *et al.*, 1994).

Certains lipides complexes tels que les cutines, subérines et cires sont sécrétés sur l'épiderme de nombreux tissus végétaux et sont analysés avec la lignine.

Les aminopolysaccharides comme la chitine, les chitosanes ou les kératines ne sont pas digérés et peuvent donc être considérés comme des fibres. Certaines chitines ont des propriétés de viscosité comparables aux gommages et peuvent être exploitées par les industries.

Les xanthanes sont des polysaccharides issus de biosynthèses bactériennes et présentant des propriétés gélifiantes proches des gommages et des mucilages végétaux.

Certains produits de dégradation formés lors de cuisson des aliments et constitués de complexes protéines-hydrates de carbone sont aussi considérés comme des fibres. Il s'agit des produits de la réaction de Maillard.

Le tableau 1.2 permet un aperçu synthétique de la classification des fibres en relation avec leurs composants chimiques principaux. Le tableau 1.3 présente les sources de fibres les plus fréquemment utilisées dans l'alimentation humaine ou animale.

TABLEAU 1.2.—Classification des fibres (modifié d'après Southgate, 1976).

<b>Sources principales</b>	<b>Description</b>	<b>Nomenclature classique</b>
Matériaux de structure des parois végétales	- Polysaccharides de structure .....- Constituants autres que les hydrates de carbone	- Pectines, hémicelluloses et cellulose ..... - Lignine - Cires
Matériaux d'origine végétale non structurels, naturels ou modifiés	- Polysaccharides de sources variées	- Pectines, gommes et mucilages - Polysaccharides d'algues - Polysaccharides modifiés chimiquement
Produits non digérés d'origine animale	- Aminopolysaccharides : chitines - Pigments - Mucopolysaccharides	

Enfin, il faut signaler que les traitements thermiques (blanchiment, cuisson, stérilisation, extrusion) appliqués aux aliments peuvent modifier les propriétés chimiques des fibres et par conséquent leurs propriétés physiologiques (Nyman *et al.*, 1991). A titre d'exemple, les fibres solubles des carottes sont solubilisées dans l'eau chaude lors de la cuisson (Wisker *et al.*, 1994). Par conséquent, la concentration en fibre totale peut être diminuée ainsi que le rapport des fibres solubles sur les fibres insolubles. Inversement, le traitement par la chaleur peut augmenter la proportion de fibres totales en favorisant la formation d'amidon résistant et de produits de la réaction de Maillard qui seront dosés dans la fraction "fibre" des aliments. Les aliments pour les carnivores domestiques subissent généralement ces types de traitement à chaud lors, par exemple, de l'extrusion des croquettes ou de la stérilisation des aliments humides. Par conséquent, il est utile de vérifier que les effets physiologiques induits par un supplément en fibres sont reproduits lorsque les fibres sont incorporées dans un aliment complet traité thermiquement (Maskell *et al.*, 1994). Les méthodes de cultures, les conditions climatiques et les méthodes de stockage peuvent également influencer la quantité et la qualité des fibres alimentaires. Pour un aliment donné, les variations du contenu en fibres totales ainsi que des différentes fractions polysaccharidiques peuvent donc être extrêmement importantes d'une année à l'autre.



### **§1.4. Analyse des fibres alimentaires**

Les fibres peuvent être définies par leur méthode d'analyse. L'exemple présenté (Figure 1.1), relatif à la composition de la pulpe de betterave (Fahey *et al.*, 1990), permet d'expliquer les différentes dénominations que l'on rencontre dans la littérature.

Les fibres brutes (Henneberg et Stohmann, 1860) forment le résidu obtenu après extraction d'un aliment, successivement par une base et un acide dilués. Cette technique, appliquée à la fibre de betterave, rend compte d'une teneur de 19%.

Les traitements des fibres aux détergents acide et neutre sont des modifications de la technique de la fibre brute (Van Soest, 1963a et b). L'acid-detergent fibre (ADF) représente la fraction "ligno-cellulose". Le résidu neutral detergent fibre (NDF) comprend la fraction ligno-cellulose et les hémicelluloses. La différence entre NDF et ADF représente donc les hémicelluloses. Une hydrolyse acide de l'ADF permet d'estimer la lignine (acid detergent lignine - ADL).

La différence entre ADF et ADL est une estimation de la teneur en cellulose : 25,4% dans ce cas précis, alors que les hémicelluloses représentent 31,4%. L'analyse de la fibre totale (total dietary fiber - TDF) (Prosky *et al.*, 1984 et 1985) est une méthode enzymatique qui permet de retrouver toutes les fractions de la fibre. Pour la fibre de betterave, la teneur en TDF est de 76,8%. La différence entre TDF et NDF représente les fibres solubles qui ont échappé à l'analyse avec les techniques précédentes. Les pectines et les gommes représentent donc 16,7% dans la fibre de betterave.

D'autres méthodes d'analyse, dont celle de Englyst et Cummings (1984) permettent une détermination précise par chromatographie en phase liquide et par colorimétrie des sucres, des polysaccharides autres que l'amidon et la cellulose.

L'analyse de la fibre brute sous-estime donc la teneur en fibres de l'échantillon. C'est cependant l'analyse légale qui figure sur les étiquettes des aliments pour animaux de compagnie. Cette analyse entraîne une grande confusion, a peu d'intérêt clinique, et est totalement dépassée pour l'étude de l'alimentation des monogastriques.

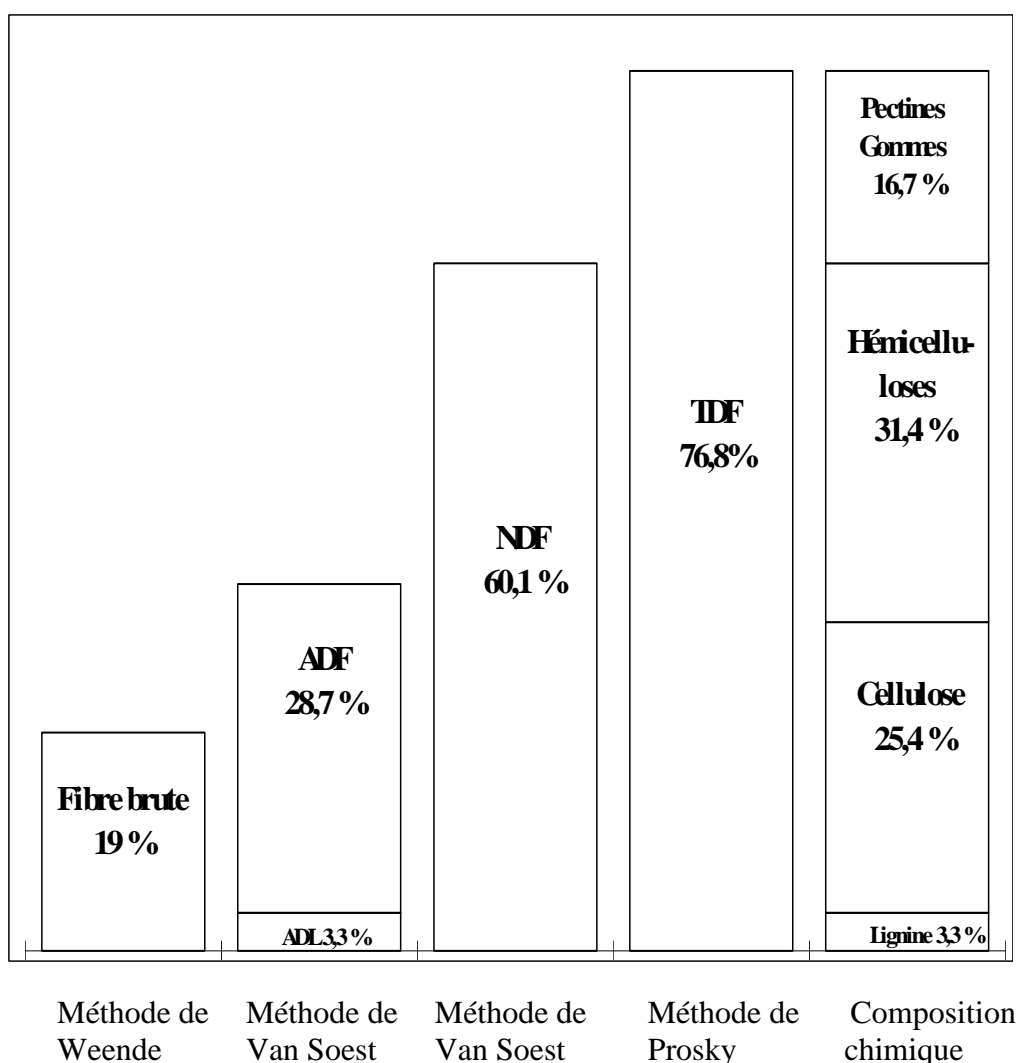


Figure 1.1.—Présentation des différentes méthodes de dosage de la fibre alimentaire en relation avec la composition chimique : application à la fibre de betterave.

### §1.5. Applications des fibres en technologies agro-alimentaires et en médecine

Les diverses propriétés physico-chimiques des fibres alimentaires ont permis de développer des applications nouvelles pour les industries agro-alimentaires ou le domaine médical. Suite aux modifications des habitudes alimentaires et à l'augmentation de la demande en produits prêts à consommer tels que sauces ou produits transformés à base de lait, les industries agro-alimentaires ont développé des techniques d'incorporation des fibres purifiées. Dans ce contexte, en plus de l'utilisation classique en confiserie, il est fréquent d'incorporer des

carrageenanes, des dérivés de cellulose et autres gommes comme agents gélifiants, épaississants ou stabilisants. Ces additifs sont également utilisés dans les produits allégés.

Les aliments pour les carnivores domestiques ont subi une évolution parallèle à l'alimentation humaine. Les matières premières sont devenues de plus en plus raffinées et contiennent donc peu de substances de lest. Les amidons de maïs, les farines de volaille, de viande, utilisés comme bases de certains aliments industriels sont très pauvres en fibres.

Dans le but de prévenir ou de traiter certaines pathologies chroniques comme l'obésité, la constipation, le diabète, il est courant d'ajouter des fibres dans les aliments classiques ou diététiques. Les fibres peuvent être incorporées soit sous forme purifiée : cellulose microcristalline, pectines ou sous forme d'aliments : son de blé, pulpes de betteraves et rafles de maïs. A titre d'exemple, la fibre de betterave est largement utilisée pour favoriser le transit intestinal chez le chien (Fahey *et al.*, 1990; Sunvold *et al.*, 1994) ou l'oligofructose peut être ajouté aux aliments complets pour chats afin de diminuer les odeurs des matières fécales (Ogata, 1986). Le tableau 1.4 propose un aperçu des utilisations actuelles de quelques fibres alimentaires. Il est impossible de décomposer les effets physiologiques des diverses fibres dans un aliment car c'est l'ensemble de la ration qui doit être étudiée pour évaluer les conséquences métaboliques. De plus, bien que de nombreuses fibres soient incorporées dans les aliments pour les carnivores domestiques, les recherches menées à ce jour dans ces espèces ne sont pas très nombreuses. Dans un premier temps, les données expérimentales obtenues chez d'autres monogastriques comme l'homme, le rat ou le porc ont servi de base de travail.

En conclusion, les fibres alimentaires sont des composés chimiques de structures très variées et qui répondent à de multiples définitions. Leur caractéristique commune est d'échapper à la digestion par des enzymes de l'intestin grêle. Actuellement, les fibres alimentaires sont principalement utilisées comme moyens technologiques pour stabiliser les préparations agro-alimentaires ou pour leurs propriétés diététiques dans la prévention ou le traitement de nombreuses maladies.

TABLEAU 1.4.—Différentes applications des fibres alimentaires.

	Fibres	Utilisation		Applications
		technologique	médicale (diététique)	
Fibres purifiées	- Carrageenanes	+		- Gélifiant, épaississant, stabilisant pour produits à base de lait et aliments humides pour chiens et chats
	.....	.....	.....	.....
	- Cellulose et dérivés de cellulose	+	+	- Prévention constipation, régimes hypocaloriques, épaississant, gélifiant
	.....	.....	.....	.....
	- Gomme de guar	+	+	- Epaississant, hypoglycémiant, hypolipémiant.
.....	.....	.....	.....	
- Pectines	+	+	- Gélifiant, hypoglycémiant, hypolipémiant.	
.....	.....	.....	.....	
- Oligofructose	+	+	- Agent sucrant, stimulation flore bactérienne, ...	
Fibres non purifiées	-Pulpes de betteraves, son de blé		+	- Prévention de la constipation. - Amélioration de l'aspect des matières fécales
	.....	.....	.....	.....
	- Son d'avoine, son d'orge ou de seigle	....	+	- Prévention de la constipation, hygiène intestinale. -Diabète: régulation de l'absorption du glucose

## §1.6. Bibliographie

- ARTS CJM. Effects of dietary fibre on hormonal balance and its protective effect on breast cancer risk. Proceedings of the 6th Annual Congress of the European Society of Veterinary Internal Medicine, 12-14 September 1996, Veldhoven, the Netherlands, 96-99.
- ASP N.G., JOHANSSON C.G., HALLMER H. & SILJESTRÖM M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fibre. *J. Agric. Food Chem.*, 1983, **31**, 476-482.
- BARNOUD F. La cellulose. In : Les polymères végétaux. B. Monties.. Ed. Gauthier-Villars, 1980, 66-86.
- BERK Z. Pectic substances, plant gums. In: Braverman's. Introduction to the biochemistry of foods, Ed. Elsevier Scientific Publishing Company, 1976, 131-143.
- DI LORENZO C., WILLIAMS C.M., HAJNAL F., VALENZUELA J.E. Pectin delays gastric emptying and increases satiety in obese subjects. *Gastroenterology*, 1988, **95**, 1211-1215.
- ENGLYST H.N., WIGGINS H.S. & CUMMINGS J.H. Determination of the non starch polysaccharides in plant foods by gas liquid chromatography of constituents sugars as alditol acetates. *Analyst*, 1982, **107**, 307.
- 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.
- FURDA I. Aminopolysaccharides Their potential as dietary fibre. In: Unconventional source of dietary fibre, Ivan Furda Editor, 1983, 105-121.
- 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.
- HENNEBERG W., STOHMANN F. Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer I, Braunschweig, 1860.
- JOSELEAU J.P. Les hémicelluloses. In : Les polymères végétaux. B. Monties. Ed. Gauthier-Villars, 1980, 87-121.
- MASKELL I.E., WINNER L.M., MARKWELL P.J., BOEHLER S. Does the canning process alter the physiological effects of dietary fibre in the dog? *J. Nutr.*, 1994, **124**, 2704S-2706S.



- MONTIES B. Les polymères végétaux. Ed. Gauthier-Villars, 1980, 121-155.
- NYMAN M., SCHWEIZER T.F., PALSSON K.E. Effects of processing on fermentation of dietary fibre in vegetables by rats. *Food Sci. Tech.*, 1991, **24** 433-441.
- OGATA M., Use of neosugar in pets. Proceedings of the 3rd Neosugar Conference, edited by Norimasa Asoya, Tokio, 1986.
- 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.
- PROSKY L., ASP N.G., FURDA I., DEVRIES J.W., SCHWEIZER T.F., HARLAND B.F. Determination of total dietary fibre in foods and food products : collaborative study. *J. AOAC Int.*, 1985, **68**, 677-679.
- RINAUDO M. Structure et caractérisation des principaux constituants des fibres alimentaires. *Ann. Nutr. Aliment.*, 1980, **34**, 57-76.
- SOUTHGATE D.A.T. Determination of food carbohydrates. London Applied Science Publishers, 1976, 171.
- SOUTHGATE D.A.T. The definition and analysis of dietary fibre. *Nutr. Rev.*, 1977, **35**, 31-37.
- SOUTHGATE D.A.T. Food components that behave as dietary fibre. In : Handbook of dietary fibre in human nutrition. Ed. G.A. Spiller, *C.R.C. Press*, 1986, 21-22.
- SOUTHGATE D.A.T. Dietary fibre and health. In : Dietary fibre : chemical and biological aspects. Edited by D.A.T. Southgate, K. Waldron, I.T. Johnson and G.R. Fenwick. 1990, AFRC Institute of Food Research, Norwich, pp 10-19.
- SPIEGEL J.E., ROSE R., KARABELL P., FRANKOS V.H. & SCHMITT D.F. Safety and benefits of fructooligosaccharides as food ingredients. *Food Technol.*, 1994, **1**, 85-94.
- SPILLER G.A., FASSETT-CORNELIUS G. & BRIGGS G.M. A new term for plant fibres in nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1976, **29**, 934-935.
- SUNVOLD G.D., FAHEY G.C., MERCHEN N.R. & REINHART G.A. Fermentability of selected fibrous substrates by dog fecal microflora as influenced by diet. *J. Nutr.*, 1994, **124**, 2719S-2720S.
- 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.

WISKER E, SCHWEIZER T.F., DANIEL M., FELDHEIM W. Fibre mediated physiological effects of raw and processed carrots in humans. *Br. J. Nutr.*, 1994, **72**, 579-599.

## Chapitre 2

**Fibres alimentaires chez le chien : II. Effets sur la vidange gastrique et le transit gastro-intestinal**

M. Diez, L. Istasse

*Ann. Méd. Vét.*, 1997, **141**, 25-35**Résumé**

Le but de cet article est de présenter les temps de vidange gastrique et de transit gastro-intestinal chez le chien sain. Les différentes techniques d'investigation sont également résumées. L'incorporation de fibres alimentaires dans les rations peut influencer les mécanismes de vidange des compartiments digestifs. L'influence des fibres alimentaires est également discutée chez d'autres espèces monogastriques.

**Summary**

Dietary fibres in dogs : II. Effects on gastric emptying and transit time in gastrointestinal tract.

The aim of this second review is to summarize data on the duration of gastric emptying and on the transit time in the gastrointestinal tract of healthy dogs. An overview of the investigation techniques is also given. The incorporation of fibres in the diet is one of many other factors which influence the mechanisms of emptying in the gastrointestinal tract. The effect of dietary fibres is also discussed in other monogastric species.

## **§2.1. Introduction**

Les durées de la vidange gastrique et du transit gastro-intestinal ont été peu étudiées chez le chien. Des variations des temps de transit sont cependant observées dans plusieurs pathologies telles que les diarrhées, les sub-obstructions ou les colites. Il est donc intéressant pour le clinicien de connaître les temps de transit dans les divers compartiments digestifs ainsi que les facteurs de variations. De plus, le traitement diététique de certaines pathologies digestives caractérisées par des modifications de cinétique gastro-intestinale peut s'appuyer sur l'ajout de fibres alimentaires. Or, il est généralement admis que dans plusieurs espèces, certaines sources de fibres accélèrent le transit intestinal, ce qui diminuerait le temps nécessaire à la digestion et à l'absorption des nutriments. A l'heure actuelle, les fabricants proposent un choix très large d'aliments diététiques enrichis en fibres et destinés aux carnivores. L'utilisation de tels aliments requiert de connaître les effets physiologiques des fibres sur l'organisme et notamment sur le transit gastro-intestinal.

## **§2.2. Vidange gastrique et transit gastro-intestinal chez le chien**

### **§2.2.1. Techniques d'investigation**

Plusieurs techniques sont utilisées pour étudier la vidange gastrique et le transit gastro-intestinal chez le chien : radiographie à blanc, radiographie après ingestion d'un repas baryté ou d'autres marqueurs radio-opaques, marqueurs radioactifs, administration par sonde orogastrique d'une solution liquide de rouge de phénol, mesure de l'hydrogène expiré et dosage de la sulfapyridine. Ces techniques sont basées sur des principes différents.

#### **§2.2.1.1. Radiographie à blanc**

Le repas est ingéré de façon volontaire après un jeûne de 24 heures. La région stomacale est ensuite radiographiée toutes les heures, le chien n'étant pas tranquilisé. Le choix d'un intervalle d'une heure et le fait que le début de la vidange gastrique ne soit pas exactement déterminé rendent cependant cette méthode imprécise. De plus, l'état d'énervement de l'animal pendant les mesures a une grande importance. En effet, chez des

---

chiens anxieux, la vidange gastrique peut être retardée de plusieurs heures (Arnbjerg, 1992).

### **§2.2.1.2. Radiographie après ingestion d'un repas baryté ou de marqueurs radio-opaques**

Une suspension de sulfate de baryum (60% Pds/Vol) est administrée à l'animal à raison de 5 à 7 ml par kg de poids vif après avoir été préalablement mélangée de façon homogène au repas. Les chiens reçoivent leur repas après un jeûne de 24 heures. Les radiographies sont ensuite réalisées sans tranquillisation après 15 minutes, 1, 3, 6, et 9 heures. Les différentes formes de présentation du repas permettent d'évaluer d'une part la vidange de l'estomac proximal (repas non moulu) et d'autre part, le début de la vidange gastrique, principalement visible avec le repas finement moulu (Miyabayashi et Morgan, 1984; Burns et Fox, 1986). Deux types de problèmes peuvent se présenter lors de la mise en oeuvre de cette technique : le manque d'appétabilité du repas et l'état d'énerverment de l'animal. De plus, de larges différences individuelles sont observées entre les chiens. Cette technique est néanmoins conseillée parce qu'elle respecte les mécanismes physiologiques de la vidange gastrique. En effet, un repas de taille normal est proposé et les animaux ne sont ni tranquilisés ni immobilisés entre les clichés. Selon Miyabayashi et Morgan (1984), il est déconseillé d'administrer un repas de faible volume parce que celui-ci pourrait ne pas initier le rythme normal de la vidange.

Borg *et al.*, (1979), ainsi que Miyabayashi *et al.* (1986) ont également utilisé le sulfate de baryum administré seul chez des chiens à jeun afin de déterminer le temps de vidange de l'intestin grêle. Les chiens recevaient environ 10 ml par kg de poids vif d'une solution de sulfate de baryum (60% Pds/Vol.) administrée à l'aide d'une sonde orogastrique. Les radiographies étaient ensuite réalisées sans tranquillisation toutes les 30 minutes. De fortes différences soit individuelles, soit dues à la qualité ou à la dose de sulfate de baryum, ne permettent cependant pas d'établir avec exactitude les temps de vidange gastrique et de transit intestinal chez le chien sain à jeun. Pour le clinicien, cette technique devrait être réservée à l'exploration des pathologies du tractus digestif telles que des obstructions, sténoses,...

Une autre technique expérimentale consiste à mélanger des marqueurs radio-opaques et indigestibles au repas. Des examens radiographiques réguliers permettent donc de visualiser la progression des marqueurs dans les différents compartiments digestifs (Banta *et al.*, 1979). Des marqueurs indigestibles ont également été utilisés pour évaluer le temps de transit total chez le chien (Cherbut et Ruckebusch, 1985; Guilford et Lawoko, 1996).

#### **§2.2.1.3. Marqueurs radioactifs**

A l'heure actuelle, l'utilisation des marqueurs radioactifs n'est possible que dans le cadre d'études expérimentales. Hinder et Kelly (1977) ont injecté un marqueur radioactif : la <sup>57</sup>Co-cyanocobalamine, à des veaux avant de les sacrifier 24 heures plus tard. Les foies des veaux ont été enlevés, découpés et distribués à des chiens sains. Des canules jéjunales ont permis la prise régulière d'échantillons du contenu duodéal à des temps déterminés. La mesure de la concentration en marqueur des échantillons a permis d'établir la cinétique de la vidange gastrique. Williams *et al.* (1984) ont utilisé la même technique pour marquer des foies de poulet et étudier la durée du transit intestinal chez le chien.

Dans d'autres expériences (Théodorakis, 1980; Burrows *et al.*, 1985; Van den Brom et Happé, 1986), le marqueur <sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub> a servi à marquer des billes de résine de polystyrène triéthylènetétramine. Ces billes, d'un diamètre inférieur à 0,5 mm ont ensuite été mélangées au repas. La lecture de la radioactivité a été réalisée en continu grâce à une scintigraphie. Cette technique non invasive permet la détermination précise du t<sub>1/2</sub> de la vidange gastrique. Cependant, l'immobilisation du chien sous la caméra peut générer un stress chez l'animal et donc fausser les résultats.

#### **§2.2.1.4. Administration d'une solution de rouge de phénol**

Cette méthode a été expérimentée par Leib *et al.* (1985). Après un jeûne de 12 heures et une tranquillisation (2 à 3 mg d'acépromazine), une solution liquide de rouge de phénol à 3% distribuée à raison de 11 ml par kg de poids vif est administrée aux animaux à l'aide d'une sonde orogastrique. L'établissement de la cinétique nécessite l'utilisation de plusieurs animaux : après un laps de temps différent de chien à chien, une sonde orogastrique est introduite pour aspirer le contenu stomacal qui est ensuite mesuré. Cette méthode

d'apparence simple est cependant peu pratique. Elle présente plusieurs désavantages : tranquillisation des animaux, passage répété d'une sonde orogastrique et imprécision relative dans la mesure du contenu stomacal. De plus, la technique d'intubation présente un inconvénient majeur : l'obligation d'utiliser des aliments liquides. D'autre part, l'utilisation de plusieurs animaux pour l'établissement d'une cinétique semble peu indiquée car les différences individuelles sont larges (Miyabayashi et Morgan, 1984; Van den Brom et Happé, 1986; Burns et Fox, 1986). L'administration intragastrique d'un colorant et l'observation de son apparition dans les fèces permet également d'évaluer le temps de transit intestinal total (Lewis *et al.*, 1994). Cette technique a également été utilisée chez le rat (Vahouny *et al.*, 1980).

#### **§2.2.1.5. Mesure de l'hydrogène expiré et méthode de dosage de la sulfapyridine**

Ces 2 méthodes permettent une détermination indirecte des temps de transit oro-caecal. En effet, elles sont basées sur les capacités de fermentation de la flore intestinale. Les hydrates de carbone non digérés sont métabolisés dans le gros intestin et l'hydrogène produit est ensuite en partie absorbé. L'air expiré par l'animal sera récolté pendant une période de 6 heures après le repas à l'aide de masques reliés à un réservoir. La teneur en hydrogène de l'air expiré est ensuite déterminée et permet d'estimer le temps de transit oro-caecal (Papasouliotis *et al.*, 1995). Cette méthode était à l'origine utilisée pour étudier les malabsorptions des hydrates de carbone (Washabau *et al.*, 1986) ou les fermentations suite à l'ingestion de repas enrichis en fibres.

Dans la seconde technique, une suspension orale de sulfasalazine (Salazopirine®) est mélangée au repas des chiens. La sulfasalazine n'est pas absorbée dans l'intestin grêle mais scindée en deux métabolites -dont la sulfapyridine- sous l'action des bactéries du côlon. La sulfapyridine est absorbée et sa concentration plasmatique peut être déterminée dans des échantillons de sang prélevés à intervalles réguliers pendant 6 heures après le repas. Ces données permettent donc d'estimer le temps de transit oro-caecal (Hirakawa *et al.*, 1988; Papasouliotis *et al.*, 1995).

Le recours à ces deux techniques est contre-indiqué chez les animaux recevant des antibiotiques.

### **§2.2.2. Aliments humides et vidange gastrique**

Les temps de vidange gastrique des aliments humides cités dans la littérature (tableau 2.1) varient de 3 à 11 heures selon différents facteurs : composition et nature de l'aliment, quantité ingérée et association éventuelle avec un liquide. La mouture a une influence significative sur le temps de vidange gastrique (Hinder et Kelly, 1977; Meyer *et al.*, 1977, 1985; Williams *et al.*, 1984). En effet, plus l'aliment est homogène et donc présenté sous forme de fines particules, plus la vidange gastrique est rapide. La phase liquide de l'aliment est évacuée avant les solides; ceux-ci étant retenus dans l'estomac afin d'être préalablement réduits en fines particules. Hinder et Kelly (1977) ont également démontré que la vitesse de vidange de la phase solide du repas dépendait directement de la vitesse de vidange de la phase liquide. En effet, une même phase solide est évacuée plus lentement lorsque la phase liquide est une solution de dextrose à 10% plutôt qu'une solution de dextrose à 1%. La solution de dextrose à 10% s'évacue plus lentement en raison d'une pression osmotique plus élevée que la solution de dextrose à 1%. La viscosité du repas est un important facteur de variation de la vitesse de vidange gastrique (Ehrlein et Pröve, 1982).

### **§2.2.3. Aliments secs et vidange gastrique**

Les temps de vidange gastrique totale des aliments secs (tableau 2.1) varient en moyenne de 4 à 16 heures. La présentation de la ration semble avoir moins d'importance que pour les aliments humides. On remarque seulement un temps de vidange gastrique légèrement plus court quand l'aliment est finement moulu. Lorsque la ration est réduite de moitié, le temps de vidange gastrique est proportionnellement plus long que le temps de vidange réduit de moitié de la ration totale. Il semblerait donc qu'il faut un certain volume dans l'estomac afin d'initier la vidange gastrique (Miyabayashi et Morgan, 1984).





#### **§2.2.4. Influence de la teneur en lipides alimentaires**

Les différences entre les temps de vidange gastrique des aliments humides et secs sont moindres lorsque des quantités semblables d'énergie -et non d'aliments- sont distribuées (Burrows *et al.*, 1985). Un autres facteur à considérer est la teneur en lipides des aliments. L'ajout de lipides dans les rations des chiens a pour effet de ralentir la vidange gastrique et de diminuer la motricité gastro-intestinale (De Wever *et al.*, 1978; Keinke et Ehrlein, 1983). Wasteneys *et al.* (1941) ont étudié de façon précise l'influence de différentes concentrations en lipides sur la vitesse de la vidange gastrique. L'addition de 22 g de graisse animale double le temps de vidange gastrique d'une portion de 100 g de poisson. Le type de matière grasse peut également avoir une influence : la graisse d'agneau entraîne un ralentissement plus important que la graisse de porc ou de boeuf. Selon Banta *et al.* (1979), les temps de vidange gastrique et de transit total sont plus longs pour une ration humide à base de viande que pour un régime sec à base de céréales. Ces différences peuvent également être attribuées à une teneur en lipides supérieure dans le régime à base de viande. Chez l'homme, de nombreux auteurs ont également démontré que l'infusion iléale de lipides ralentissait la vidange gastrique et prolongeait le temps de séjour du digestat dans l'intestin grêle (Spiller *et al.*, 1983; Read *et al.*, 1984; Holgate et Read, 1985).

#### **§2.2.5. Influence de la tranquillisation et de l'âge des animaux**

L'acépromazine ( $\pm 0,15$  mg/kg) ne semble pas avoir d'influence significative sur la vidange gastrique des liquides (Leib *et al.*, 1985). Le tableau 2.2 présente les effets des tranquillisants sur les temps de vidange gastrique et de transit gastro-intestinal chez le chien. Fass *et al.* (1995) ont démontré que la kétamine n'avait aucune influence sur le temps de transit gastro-intestinal du chien ni sur la motricité du tube digestif, même à des doses très élevées (30 mg/kg/heure). Par contre, les  $\alpha_2$ -adrénergiques tels que la xylozine (1 mg/kg IV) prolongent significativement le temps de vidange gastrique du sulfate de baryum, les fortes contractions de l'estomac étant inhibées pendant au moins 1h30 après injection (Hsu et Mc Neel, 1983; Mc Neel et Hsu, 1984). La xylozine agit sur les récepteurs  $\alpha_2$ -adrénergiques au niveau du système nerveux central, ainsi que sur le nerf parasymphatique innervant le tractus gastro-intestinal. Les radiographies barytées du tube digestif réalisées sur un animal

---

tranquillisé par de la xylazine ou un autre  $\alpha_2$ -adrénergique devraient donc être interprétées avec prudence. Il est préférable de ne pas tranquilliser l'animal ou, si nécessaire d'utiliser de l'acépromazine ou de la kétamine.

Un autre facteur à prendre en considération lors de l'étude de la vidange gastrique est l'âge des animaux. En effet, la vidange gastrique des chiots est significativement plus rapide que celle des adultes (Miyabayashi et Morgan, 1991).

### **§2.2.6. Durée du transit gastro-intestinal chez le chien**

Différents temps de transit sont cités dans la littérature (tableau 2.3). Banta *et al.* (1979) ont rapporté un  $t_{1/2}$  de transit total de 24,6 h chez des animaux recevant des rations à base de viande. Ce  $t_{1/2}$  correspond au temps nécessaire pour récolter dans les fèces 50 % d'un marqueur administré *per os*. Les temps de transit des aliments humides sont généralement plus courts que ceux des aliments secs (Faulkner et Anderson, 1991; Lewis *et al.*, 1994). Le temps de transit d'une solution de baryum administrée seule *per os* chez des animaux à jeun est de 1 à 3 heures dans l'intestin grêle et le côlon est habituellement rempli après 6 heures. Le baryum peut être présent pendant 2 à 3 jours dans le côlon (Rendano, 1981). La diversité des techniques exploratoires mises en oeuvre rend les comparaisons difficiles; un marqueur liquide présente un temps de passage beaucoup plus rapide qu'un marqueur solide. Une durée de transit variant de 20 à 35 heures peut être considérée comme normale chez le chien.



TABLEAU 2.3.—Temps de transit gastro-intestinal chez le chien.

<b>Référence</b>	<b>Technique</b>	<b>Aliments</b>	<b>Temps de transit gastro-intestinal</b>
<b>Banta &amp; al., 1979</b>	Marqueurs radio-opaques	industriel - à base de viande - à base de céréales	24,6 h 21,8 h
<b>Burrows &amp; al., 1982</b>	Marqueurs radio-opaques	industriel humide	37,4 h
<b>Fahey &amp; al., 1990a</b>	Oxyde de chrome	industriel sec	19,1 h
<b>Fahey &amp; al., 1990b</b>	Oxyde de chrome	industriel sec	32,7 h
<b>Faulkner &amp; Anderson, 1991</b>	Oxyde de chrome	ration ménagère à base de viande	11,3 h
<b>Fahey &amp; al., 1992</b>	Oxyde de chrome	industriel sec	24,6 h
<b>Lewis &amp; al., 1994</b>	Colorant	industriel humide	8,4 h

### §2.2.7. Conclusions

Les facteurs modifiant le transit sont nombreux et les comparaisons difficiles à réaliser car les protocoles diffèrent d'une étude à l'autre. Néanmoins, des tendances se dessinent et les points suivants peuvent être retenus :

- les temps de vidange gastrique des aliments secs semblent plus longs que ceux des aliments humides.
- les comparaisons devraient porter sur des rations apportant la même quantité d'énergie.
- les lipides ralentissent la vidange gastrique.
- la taille des particules alimentaires, la viscosité, le volume de la ration, la présence d'une phase liquide et les variations individuelles ont une influence non négligeable.

A l'heure actuelle, il est plus approprié de parler des temps de vidange gastro-intestinale plutôt que d'un hypothétique temps de transit. Ces notions sont importantes à considérer pour l'interprétation des clichés barytés habituellement réalisés par les cliniciens. D'après Arnbjerg (1992), il est conseillé d'instaurer un jeûne de 16 à 20 h avant d'entreprendre un examen du transit gastro-intestinal chez le chien.

### **§2.3. Influence des fibres alimentaires sur la durée de la vidange gastrique et du transit gastro-intestinal chez le chien**

#### **§2.3.1. Effets des fibres sur la vidange gastrique chez le chien**

L'influence des fibres sur la vidange gastrique du chien a été peu étudiée. Russel et Bass (1985) ont cependant mis en évidence un ralentissement de la vidange gastrique chez des animaux recevant des solutions de gomme de guar ou de psyllium. Les solutions étaient composées de 300 ml d'eau physiologique auxquels les auteurs ajoutaient de la gomme de guar (solution à 0,3, 1,0 et 1,5%) ou du psyllium (solution à 1,0 et 3,0%). L'utilisation d'un marqueur radioactif et de canules duodénales a permis d'estimer les temps de vidange gastrique. Les auteurs ont remarqué que la vidange gastrique était ralentie lorsque les solutions les plus concentrées en fibres étaient administrées aux animaux ( $t_{1/2} = 40$  min avec les solutions de viscosité élevée vs  $t_{1/2} = 10$  min pour les solutions de viscosité faible). D'autre part, au cours de la même étude, les auteurs ont mesuré la motricité antro-duodénale et n'ont remarqué aucune modification par rapport aux animaux témoins. Par conséquent, le ralentissement de la vidange gastrique constaté avec les solutions de viscosité élevée n'était pas lié à un effet sur la motricité antro-duodénale postprandiale. De Haan *et al.* (1990) ont étudié 3 fibres incorporées dans des rations ménagères à une concentration de 3,5% de la matière sèche (MS). La technique des repas barytés a permis l'étude des temps de vidange gastrique de rations enrichies en cellulose, pectines et gomme de guar. Aucune modification significative n'a été observée. La concentration en fibres, relativement peu importante dans cette expérience, était proche de celle des aliments industriels : entre 1 et 5% de la MS.

#### **§2.3.2. Effets des fibres sur la vidange gastrique : comparaison avec les autres espèces**

**Chez le porc**, la gomme de guar incorporée à raison de 60 g/kg d'aliment ralentit significativement la vidange gastrique (Rainbird et Low, 1986a, 1986c; Rainbird, 1986b). D'autres fibres telles que le son de blé, la cellulose et les pectines ne semblent pas présenter d'effet significatif (Rainbird et Low., 1986c). Selon d'autres sources, la cellulose utilisée à une dose de 15% dans l'aliment peut ralentir la vidange gastrique des phases liquide et solide

(Johansen et Bach Knudsen, 1994). Tout récemment, Johansen *et al.* (1996) ont remarqué une tendance générale à un ralentissement de la vidange gastrique lors de la première heure lorsque les porcs recevaient des repas riches en fibres solubles sous forme de  $\beta$ -glucanes (farine de blé et d'avoine).

**Chez le rat**, le son de blé (Brown *et al.*, 1994) retarderait la vidange gastrique dans les premières heures après le repas alors que les pectines n'auraient aucun effet (Jonhson *et al.*, 1984; Brown *et al.*, 1994). Selon Tinker et Schneeman (1989) la gomme de guar et le son de blé ne modifient pas la durée de la vidange gastrique.

**Chez l'homme**, les pectines et la gomme de guar ralentissent la vidange gastrique (Holt *et al.*, 1979; Blackburn *et al.*, 1984; Tadesse, 1986; Sandhu *et al.*, 1987 ; Di Lorenzo *et al.*, 1988; Torsdottir *et al.*, 1989). Un mélange de gomme de caroube et de xanthanes induit les mêmes effets (Edwards *et al.*, 1987). Selon Grimes et Goddard (1977), la phase solide quitte l'estomac à la même vitesse mais la phase liquide est vidée plus rapidement lors de l'ingestion de pain blanc en comparaison au pain gris.

En conclusion, il semble que seules les fibres solubles et particulièrement la gomme de guar puissent ralentir la vidange gastrique dans les différentes espèces citées à l'exception du rat. Il manque actuellement de données chez le chien pour tirer des conclusions.

### **§2.3.3. Effets sur le temps de vidange intestinal**

La durée du transit jéjunal a été mesurée chez des chiens recevant du son de blé, de la cellulose ou de la gomme de guar (Bueno *et al.*, 1981). Ces 3 fibres ralentissent la vidange jéjunale, et ces effets sont significatifs pour la cellulose et la gomme de guar. Cherbut *et al.* (1986) ont tiré les mêmes conclusions après avoir étudié des rations enrichies en son de blé et en gousses de haricots.

Par contre, **chez le rat**, le son de blé et les pectines semblent accélérer le mouvement du bol intestinal (Brown *et al.*, 1994). Selon Vahouny *et al.* (1980), le son de blé et la cellulose accélèrent le transit intestinal alors que les pectines n'ont aucun effet. Chez le rat, les fibres semblent produire une accélération du transit intestinal plutôt qu'un ralentissement.

### **§2.3.4. Effets sur le temps de transit total chez le chien**

Le tableau 2.4 présente un résumé des données disponibles dans la littérature. Il apparaît que les fibres n'induisent jamais de ralentissement du transit gastro-intestinal chez le chien sain. En général, soit elles n'ont pas d'effet, soit elles accélèrent le transit et ceci, de manière significative en ce qui concerne les pectines (Faulkner et Anderson, 1991, Lewis *et al.*, 1994), la cellulose (Burrows *et al.*, 1982) et les pulpes de betterave (concentration supérieure à 10 % MS, Fahey *et al.*, 1990b).

### **§2.2.3.5. Effets sur le temps de transit total: comparaison avec les autres espèces**

**Chez l'homme**, Mc Cance *et al.* (1953) ont observé une accélération du transit induite par l'ingestion de pain gris en comparaison au pain blanc. Cummings *et al.* (1976) rapportent que l'augmentation de l'apport en fibres de 17 à 45 g/jour accélère le transit intestinal. Le psyllium et le son de blé (Hanson et Winterfelt, 1985) utilisés seuls ou en mélange, ont également provoqué une accélération du transit intestinal (Stevens *et al.*, 1987). Il semble que les fibres partiellement solubles comme le son d'avoine ou la pulpe de citron sont moins susceptibles d'accélérer le transit intestinal que les fibres insolubles. (Holt *et al.*, 1979; Hanson et Winterfelt, 1985).

**Chez le rat**, le son de blé (Vahouny *et al.*, 1980; Takahashi *et al.*, 1992; Brown *et al.*, 1994) et la fibre de pois accélèrent le transit intestinal (Hansen *et al.*, 1992). La fibre de soja présente le même effet (Ward et Reichert, 1986; Takahashi *et al.*, 1992) ainsi que la cellulose (Vahouny *et al.*, 1980). Par contre, le son d'avoine et les pectines (Vahouny *et al.*, 1980) semblent inopérants. Selon Brown *et al.* (1994), les pectines accélèrent cependant la vidange de l'intestin grêle.

**Chez le porc**, l'addition de pectines provoque une augmentation significative du temps de transit de 18,1 et 38,1%, respectivement pour les formes faiblement ou fortement méthylées, par rapport à un régime standard (Fioramonti *et al.*, 1983). Selon Latymer *et al.* (1990), l'administration de diverses fibres à prédominance insoluble dans l'alimentation du porc n'a pas d'influence sur le temps de transit.



La comparaison des effets des fibres dans les compartiments digestifs des monogastriques démontre une grande diversité des réponses biologiques. Chez le chien, on peut toutefois affirmer que dans l'ensemble, l'ajout de fibres à la ration accélère le transit total. Lorsque les fibres sont classées en fibres solubles et insolubles, il paraît que les fibres insolubles telles que la cellulose (fibre purifiée) ou des fibres insolubles naturellement présentes dans les aliments (cellulose du son de blé ou du son d'avoine) ont tendance à accélérer le transit total. Cette accélération est nettement plus marquée dans le cas des fibres solubles telles que les gommages, mucilages ou les pectines. L'interprétation de la diminution du temps de transit total observée par plusieurs auteurs repris au tableau 3.4 doit tenir compte du temps de transit dans les trois compartiments que sont l'estomac, l'intestin grêle et le gros intestin. Sur base de l'augmentation du temps de vidange de l'intestin grêle rapporté par Bueno *et al.* (1981) et Cherbut *et al.* (1986) et sur l'observation générale de l'accélération du transit, il faut en déduire que le temps de vidange gastrique et/ou le temps de vidange du gros intestin doivent être diminués.

## **§2.4. Perspectives**

Actuellement, les recherches sur les fibres alimentaires s'orientent vers des études fines des mécanismes physiologiques. L'enregistrement de l'activité myoélectrique des divers compartiments digestifs -et particulièrement le côlon- en réponse à des rations enrichies en fibres est un sujet d'étude important (Guédon *et al.*, 1996 ). Ces recherches s'inscrivent dans le contexte d'une approche globale de l'étude des mécanismes d'action des fibres alimentaires, en relation avec l'étude de paramètres systémiques et plus particulièrement l'absorption du glucose. D'autre part, les effets des fibres alimentaires pourront également être exploités dans le traitement des troubles de la motricité gastro-intestinale.



---

**§2.5. Bibliographie**

- ARNBJERG J. Gastric emptying time in the dog and cat. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.*, 1992, **28**, 77-81.
- BANTA C.A., CLEMENS E.T., KRINSKY M.A., SHEFFY B.E. Sites of organic acid production and patterns of digesta movement in the gastrointestinal tract of dogs. *J. Nutr.*, 1979, **109**, 1592-1600.
- BLACKBURN N.A., REDFERN J.S., JARJIS H., HOLGATE A.M., HANNING I., SCARPELLO J.H.B., JONHSON T., READ N.M. The mechanism of action of guar gum in improving glucose tolerance in man. *Clin. Sci.*, 1984, **66**: 329-336.
- BORG M.L., SANDH G., HEDHAMMAR A. Transit time of contrast media through the digestive tract of the dog. *Svensk Veterinärtidning*, 1979, **31**, 45-50.
- BROWN N.J., GREENBURGH A., TOMLIN J. The effects of pectin and wheat bran on the distribution of a meal in the gastrointestinal tract of the rat. *Br. J. Nutr.*, 1994, **72**, 289-297.
- BUENO L., PRADDAUBE F., FIORAMONTI J., RUCKEBUSH Y. Effect of dietary fiber on gastrointestinal motility and jejunal transit time in dogs. *Gastroenterology*, 1981, **80**, 701-707.
- 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 M.A. Effects of fiber on digestibility and transit time in dogs. *J. Nutr.*, 1982, **112**, 1726-1732.
- BURROWS C.F., BRIGHT M.R., SPENCER P.C. Influence of dietary composition on gastric emptying and motility in dogs : potential involvement in acute gastric dilatation. *Am. J. Vet. Res.*, 1985, **46**, 2609-2612.
- CHERBUT C., RUCKEBUSCH Y. The effect of indigestible particles on digestive transit time and colonic motility in dogs and pigs. *Br. J. Nutr.*, 1985, **53**, 549-557.
- CHERBUT C., MEIRIEU O., RUCKEBUSCH Y. Effect of diet on intestinal xylose absorption in dogs. *Dig. Dis. Sci.*, 1986, **31**, 385-391.
- CUMMINGS J.H., HILL M.J., JENKINS D.J.A., PEARSON J.R., WIGGINS H.S. Changes in fecal composition and colonic function due to cereal fiber. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1976, **29**, 1468-1473.
- DE HAAN V., ISTASSE L., JAKOVLJEVIC S., DUFRASNE I., BIENFAIT J.M. Effects of cellulose, pectin and guar gum on gastric emptying, digestibility and absorption in resting dogs. *Proc. Nutr. Soc.* 1990, **49**, 146A.

- DE WEVER I., EECKHOUT C., VANTRAPPEN G., HELLEMANS J. Disruptive effect of test meals on interdigestive motor complex in dogs. *Am. J. Physiol.*, 1978, E661-E665.
- DI LORENZO C., WILLIAMS M.C., HAJNAL F., VALENZUELA E.J. Pectin delays gastric emptying and increases satiety in obese subjects. *Gastroenterology*, 1988, **95**, 1211-1215.
- EDWARDS C.A., BLACKBURN N.A., CRAIGEN L., DAVISON P., TOMLIN J., SUGDEN K., JOHNSON I.T., READ N.W. Viscosity of food gums determined in vitro related to their hypoglycemic actions. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1987, **46**, 72.
- EHRLEIN H.J., PRÖVE J. Effect of viscosity of test meals on gastric emptying in dogs. *Q. J. Exp. Physiol.*, 1982, **67**, 419-425.
- 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.*, 1990a, **68**, 4221-4228.
- FAHEY G.C., MERCHEN N.R., CORBIN J.E., HAMILTON A.K., SERBE K.A. Dietary fiber for dogs : II. Iso-total dietary fiber (TDF) additions of divergent fiber sources to dog diets and their effects on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. *J. Anim. Sci.*, 1990b, **68**, 4229-4235.
- FAHEY G.C., MERCHEN N.R., CORBIN J.E., HAMILTON A.K., BAUER L.L., TITGEMEYER E.C., HIRAKAWA D.A. Dietary fiber for dogs : III. Effects of beet pulp and oat fiber additions to dog diets on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. *J. Anim. Sci.*, 1992, **70**, 1169-1174.
- FASS J., BARES R., HERMSDORF V., SCHUMPELICK V. Effects of intravenous ketamine on gastrointestinal motility in the dog. *Intensive Care Med.*, 1995, **21**, 584-589.
- FAULKNER W.L., ANDERSON D.M. The effects of fiber supplementation on diet digestibility by silver foxes. *Can. J. Anim. Sci.*, 1991, **71**, 943-947.
- FIORAMONTI J., BUENO L., BARDON T. Effets comparés du son et des pectines sur le temps de transit et la motricité colique chez le porc. *Cah. Nutr. Diét.*, 1983, **18**, 95-96.
- GRIMES D.S., GODDARD J. Gastric emptying of whole meal and white bread. *Gut.*, 1977, **18**, 725-729.
- GUEDON C., DUCROTTE P., ANTOINE J.M., DENIS P., COLLIN R., LEREBOURS E. Does chronic supplementation of the diet with dietary fibre extracted from pea or carrot affect motility in man. ? *Br. J. Nutr.*, 1996, **76**, 51-61.
- GUILFORD W.G., LAWOKO C. Validation of radiopaque markers for assessment of gastric emptying rates of food in dogs. 14th Annual ACVIM Forum, San Antonio, Texas, 1996, 88 (Abstract).

- HANSEN I., BACH KNUDSEN K.E., EGGUM B.O. Gastrointestinal implications in the rat of wheat bran oat bran and pea fibre. *Br. J. Nutr.*, 1992, **68**, 451-462.
- HANSON C.F., WINTERFELT E.A. Dietary fibre effects on passage rate and breath hydrogen. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1985, **42**, 44-48.
- HINDER R.A., KELLY K.A. Canine gastric emptying of solids and liquids. *Am. J. Physiol.*, 1977, **233**, 335-340.
- HIRAKAWA M., IIDA M, KOHROGI N., FUJISHIMA M. Hydrogen breath test assessment of orocecal transit time : comparison with barium meal study. *Am. J. Gastroenterology.*, 1988, **12**, 1361-1363.
- HOLGATE A.M., READ N.W. Effect of ileal infusion of intralipid on gastrointestinal transit, ileal flow rate, and carbohydrate absorption in humans after ingestion of a liquid meal. *Gastroenterology*; 1985; **88**, 1005-1011.
- HOLT S., HEADING R.C., CAETER D.C., PRESCOTT L.F., TOTHILL P. Effect of gel fiber on gastric emptying and absorption of glucose and paracetamol. *Lancet*, 1979, **24**, 636-639.
- HSU H.W., MC NEEL V.S. Effects of yohimbine on xylasine-induced prolongation of gastrointestinal transit in dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1983, **183**, 297-300.
- JOHANSEN N.H., BACH KNUDSEN B K. E. Effects of reducing the starch content in oat based diets with cellulose on jejunal flow and absorption of glucose over an isolated loop of jejunum in pigs. *Br. J. Nutr.*, 1994, **72**, 717-729.
- JOHANSEN H., BACH KNUDSEN B.K.E., SANDSTRÖM B.M., SKJOTH F. Effects of varying content of soluble dietary fibre from wheat flour and oat milling fractions on gastric emptying in pigs. *Br. J. Nutr.*, 1996, **75**, 339-351.
- JOHNSON I.T., GEE J.M., MAHONEY R.R. Effect of dietary supplements of guar gum and cellulose on intestinal cell proliferation, enzyme levels and sugar transport in the rat. *Br. J. Nutr.* 1984, **52**, 477-487
- KEINKE O., EHRLEIN H.J. Effect of oleic acid on canine gastroduodenal motility, pyloric diameter and gastric emptying. *Q. J. Exp. Physiol.*, 1983, **68**, 675-686.
- LATYMER E.A., LOW A.G., FADDEN K., SAMBROOK I.E., WOODLEY S.C., KEAL H.D. Measurement of transit time of digesta through sections of gastrointestinal tract of pigs fed with diets containing various sources of dietary fibre (non-starch polysaccharides). *Arch. Anim. Nutr.*, 1990, **8**, 667-680.
- LEIB S.M., WINGFIELD E.W., TWEDT C.D., WILLIAMS R.A. Gastric emptying of liquids in the dog : Serial test meal and modified emptying time techniques. *Am. J. Vet. Res.*, 1985, **46**, 1876-1880.

- LEWIS D.L., MAGERKURTH H.J., ROUDEBUSH P., MORRIS L.M., MITCHELL E.E. & TEETER M.S. Stool characteristics, gastrointestinal transit time and nutrient digestibility in dogs fed different fiber sources. *J. Nutr.*, 1994, **124**, 27165-27185.
- MC CANCE R.A., PRIOR K.M., WIDOWSON E. A radiological study of the rate of passage of brown and white bread through the digestive tract of man. *Br. J. Nutr.* 1953, **7**, 98-104.
- MC NEEL V.S., HSU H.W. Xylasine induced prolongation of gastrointestinal transit in dogs : reversal by yohimbine and potentiation by doxapram. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1984, **185**, 878-881.
- MEYER J.H., MANDIOLA S., SHADCHEHR A, COHEN M. Dispersion of solid food by the canine stomach. *Gastroenterology*, 1977, **72**, 1102 (Abstract).
- MEYER J.H., DRESSMAN J., FINK A., AMIDON G. Effect of size and density on canine gastric emptying of nondigestible solids. *Gastroenterology*, 1985, **89**, 805-813.
- MEYER J.H., DOTY J.E. GI transit and absorption of solid food : multiple effects of guar. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1988, **48**, 267-273.
- MIYABAYASHI T., MORGAN P.J. Gastric emptying in the normal dog. A contrast radiographic technique. *Vet. Radiol.*, 1984, **25**, 187-191.
- MIYABAYASHI T., MORGAN P.J., ATILOLA A.O.M., MUHUMUZA L. Small intestinal emptying time in normal Beagle dogs. A contrast radiographic study. *Vet. Radiol.*, 1986, **27**, 164-168.
- MIYABAYASHI T., MORGAN P.J. Uper gastrointestinal examinations : radiographic study of clinically normal beagle puppies. *J. Small Anim. Pract.*, 1991, **32**, 83-88.
- PAPASOULIOTIS K., MUIR P., GRUFFYDD-JONES T.J., CRIPPS P.J., BLAXTER A.C. The effect of short-term dietary fiber administration on oro-caecal transit time in dogs. *Diabetologia*, 1993, **36**, 207-211.
- PAPASOULIOTIS K., GRUFFYDD-JONES T.J., SPAKES A.H., CRIPPS P.J. A comparison of oro-caecal transit times assessed by the breath hydrogen test and the sulphasalazine/sulphapyridine method in healthy beagle dogs. *Res. Vet. Sci.*, 1995, **58**, 263-267.
- RAINBIRD A.L., LOW A.G. Effect of guar gum on gastric emptying in growing pigs. *Br. J. Nutr.*, 1986a, **55**, 87-98.
- RAINBIRD A.L. Effect of guar gum on gastric emptying of test meals of varying energy content in growing pigs. *Br. J. Nutr.*, 1986b, **55**, 99-109.
- RAINBIRD A.L., LOW A.G. Effect of various types of dietary fiber on gastric emptying in growing pigs. *Br. J. Nutr.*, 1986c, **55**, 111-121.

- READ N.W., MC FARLANE A., KINSMAN R.I., BATES T.E., BLACKHALL N.W., FARRAR G.B.J., HALL J.C., MOSS G., MORRIS A.P., O'NEILL B., WELCH I., LEE Y., BLOOM S.R. The effect of infusion of nutrient solutions into the ileum on gastrointestinal transit and plasma levels of neurotensin and enteroglucagon. *Gastroenterology*, 1984, **86**, 274-280.
- RENDANO J.R. Radiology of the gastrointestinal tract of small animals. *Can. Vet. J.*, 1981, **22**, 331-334.
- RUSSELL J., BASS P. Canine gastric emptying of fibre meals : influence of meal viscosity and antroduodenal motility. *Am. J. Physiol.*, 1985, **249**, G662-G667.
- SANDHU K.S., EL SAMAHY M.M., MENA I., DOOLEY C.P., VALENZUELA J.E. Effect of pectin on gastric emptying and gastroduodenal motility in normal subjects. *Gastroenterology*, 1987, **92** : 486-492.
- SPILLER R.C., TROTMAN I.F., HIGGINS B.E., GHATEI M.A., LEES Y.C., BLOOM S.R., MISIEWICZ J.J., SILK D.B. Inhibition of jejunal motility by ileal fat infusion in man. *Gut*, 1983, **24** : A472.
- STEVENS J., VAN SOEST J.P., ROBERTSON B.J., LEVITSKY A.D. Mean transit time measurement by analysis of a single stool after ingestion of multicolored plastic pellets. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1987, **46**, 1048-1054.
- TADESSE K. The effect of dietary fiber isolates on gastric secretion, acidity and emptying. *Br. J. Nutr.*, 1986, **55**, 507-513.
- TAKAHASHI T., EGASHIRA Y., SANADA H., AYANO Y., MAEDA H., TERASHIMA M. Effects of soy bean dietary fibre on growth rate digestibility and gastrointestinal transit time in rats. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*, 1992, **45**, 277-284.
- THEODORAKIS C.M. External scintigraphy in measuring rate of gastric emptying in beagles. *Am. J. Physiol.*, 1980, **239**, 439-443.
- TINKER L.F., SCHNEEMAN B.O. The effects of guar gum or wheat bran on the disappearance of <sup>14</sup>C-labeled starch from the rat gastrointestinal tract. *J. Nutr.*, 1989, **119**, 403-408.
- 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.
- VAHOUNY G.V., ROY T., GALLO L.L., STORY J.A., KRITCHEVSKY D., CASSIDY M.M. Dietary Fibres : III. Effects of chronic intake on cholesterol absorption and metabolism in the rat. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1980, **33**, 2182-2191.
- VAN DEN BROM W.E., HAPPE R.P. Gastric emptying of a radionucleotide-labeled test meal in healthy dogs : a new mathematical analysis and reference values. *Am. J. Vet. Res.*, 1986, **47**, 2170-2174.

WARD A.T., REICHERT R.D. Comparison of the effect of cell wall and hull fibre from colona soybean on the bioavailability for rats of minerals, protein and lipid. *J. Nutr.*, 1986, **116**, 233-241.

WASHABAU R.J., STROMBECK D.R., BUFFINGTON C.A., HARROLD D. Use of pulmonary hydrogen gas to detect carbohydrate malabsorption in dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1986, **6**, 674-679.

WASTENEYS H., CROCKER F.B., HAMILTON P. Studies of digestion in the dog. *Am. J. Physiol.*, 1941, **135**, 6-19.

WILLIAMS N.S., MEYER J.H., JEHN D., MILLER J., FINK A.S. Canine intestinal transit and digestion of radiolabeled liver particles. *Gastroenterology*, 1984, **86**, 1451-1459.



## Chapitre 3

**Fibres alimentaires chez le chien : III. Effets sur les structures intestinales et les fermentations. Applications dans le traitement de certains dysfonctionnements intestinaux**

M. Diez, L. Istasse

*Ann. Méd. Vét., 1997, 141; 129-135***Résumé**

L'ingestion de fibres alimentaires peut modifier les structures de l'intestin chez le chien et dans d'autres espèces animales. Il s'agit principalement de changements morphologiques facilement objectivables ou de changements des structures cellulaires. D'autre part, les fibres solubles ou partiellement solubles sont fermentées au niveau du gros intestin et les produits de fermentation libérés peuvent exercer diverses actions métaboliques. Enfin, les propriétés physico-chimiques des fibres alimentaires peuvent être exploitées pour le traitement diététique de plusieurs pathologies intestinales.

## Summary

Dietary fibres in dogs : III. Effects on the bowel morphology and fermentations. Use in the treatment of some intestinal pathologies.

Dietary fibres can modify the intestinal structure in dogs and other animal species. The main changes concern not only the morphology of the gastrointestinal tract but also the ultrastructures. Furthermore, soluble and partly-soluble fibres are fermented in the large bowel; the fermentation products have different metabolic effects. The physical and chemical properties of fibres can be used for the dietary therapy of some intestinal pathologies.

### §3.1. Introduction

Les fibres alimentaires exercent une influence favorable sur l'état de santé et le bon fonctionnement de l'intestin. C'est une des raisons pour lesquelles l'ingestion quotidienne de 30 g de fibres est recommandée chez l'homme (Ashwell, 1990). Chez le chien, l'influence des fibres sur les structures de l'intestin grêle est peu connue. Au niveau du côlon, elles peuvent exercer deux types d'action : des effets mécaniques sur la muqueuse, associés à leur structure physique, et des effets métaboliques dépendants de leur composition chimique et des produits libérés par leur dégradation microbienne. Les produits de fermentation tels que les acides gras volatils (AGV) exercent un effet *in situ* en modifiant certains paramètres au niveau du côlon comme le pH, la pression osmotique, les mouvements d'eau et la motricité. Les AGV servent également de substrats pour les colonocytes. L'interaction fibre-microflore est donc extrêmement importante : la présence de certains produits de dégradation favorise certaines populations microbiennes au détriment d'autres. Il est donc possible, par un choix judicieux des sources de fibres, de manipuler la composition du régime et d'améliorer l'équilibre intestinal. Il est très difficile de dissocier les effets physiques des effets chimiques des fibres. De plus, il est généralement admis que c'est la combinaison des deux qui influence le fonctionnement du côlon. Dans ce contexte, il est intéressant de rappeler les actions des fibres sur la morphologie et les structures cellulaires de l'intestin, leur fermentation par la flore intestinale et leurs applications dans le traitement de certains dysfonctionnements intestinaux.

### **§3.2. Modifications des structures intestinales**

#### **§3.2.3. Observations chez le chien**

Les effets des fibres sur les structures histologiques de l'intestin du chien ont été principalement étudiés au niveau du côlon, les effets sur l'intestin grêle étant peu connus. Des rations contenant des sources de fibres susceptibles d'être incorporées dans les aliments industriels et présentant des caractéristiques de fermentabilité différentes ont été étudiées chez le chien (Reinhart *et al.*, 1994, Reinhart et Sunvold, 1996a; Hallman *et al.*, 1995). La cellulose est un exemple de fibre peu fermentée; un mélange de gomme arabique et de pectines sont des fibres très fermentées et la pulpe de betterave est modérément fermentée. Les teneurs en fibres utilisées étaient de 10.4, 9.2 et 8.6 % en terme de TDF (Total Dietary Fiber-Fibre alimentaire totale) (Prosky *et al.*, 1984) respectivement pour les 3 fibres précitées.

Ces expériences ont permis de montrer que l'incorporation de fibres solubles dans les aliments provoque une augmentation du poids du côlon; celui-ci, exprimé par le rapport poids du côlon (g) par kg de poids vif étant respectivement de 6.09, 6.52 et 6.62 ‰ pour la cellulose, la pulpe de betterave et le mélange pectines/gomme arabique. Lorsque les chiens recevaient de la pulpe de betterave ou le mélange pectines/gomme arabique, le rapport surface/volume de la muqueuse était significativement plus élevé à 0,156 et 0,154 vs 0,146 pour la cellulose. L'augmentation de la surface observée avec la pulpe de betterave pourrait être due à une augmentation de la largeur et de la profondeur des cryptes. L'augmentation relative de la surface de la muqueuse suggère que les possibilités d'absorption soient également plus importantes (Clemens, 1996). Les chiens recevant de la cellulose présentaient un contenu en ADN -exprimé par g de tissu-, plus élevé que les animaux recevant les fibres fermentescibles; ceci résulterait d'une diminution de la taille des cellules.

Un autre facteur à considérer est l'endroit où sont réalisées les mesures des différents paramètres : côlon proximal ou côlon distal. Les cryptes sont significativement plus profondes et plus larges dans le côlon proximal. Ceci est logique puisque le contenu digestif est retenu plus longtemps à ce niveau par des contractions antipéristaltiques. De plus, la plus grande partie des fermentations et les réabsorptions d'eau et d'électrolytes sont réalisées dans cette section du côlon (Herschel *et al.*, 1981).

L'étude de l'aspect macroscopique de la muqueuse du côlon n'a pas révélé de différences entre les 3 types de fibres. Au niveau histologique, des lésions ont été observées : augmentation de la production de mucus, exfoliation d'entérocytes et présence d'entérocytes de petite taille et de neutrophiles dans la lumière des cryptes. Le tableau 3.1 présente les types et les fréquences des différentes lésions lors de l'utilisation des 3 fibres à solubilité différente. La cellulose provoque une forte augmentation de la production de mucus ainsi que des lésions inflammatoires (accumulation d'entérocytes morts et parfois de neutrophiles) chez 71% des animaux. Ces lésions sont interprétées comme résultant d'un effet irritant sur la muqueuse. La pulpe de betterave et, paradoxalement, la cellulose provoquent relativement peu d'exfoliation en comparaison au mélange de fibres solubles. Selon les auteurs, la moindre production de mucus, le peu d'exfoliation et d'inflammation des cellules des cryptes indiquent que la pulpe de betterave est une source de fibre peu agressive.

Ces observations histologiques sont essentiellement subjectives et n'ont pas été traitées par une analyse statistique (Hallman *et al.*, 1995). D'autre part, les rations ont été distribuées au minimum 2 semaines avant l'examen du tractus intestinal. Les observations réalisées ne permettent donc pas de tirer des conclusions sur un effet à long terme des 3 sources de fibres testées. De plus, cette étude ne comportait pas de groupe témoin (0 % de fibre). Enfin, il faut signaler que cette expérience a été publiée à quatre reprises et que l'interprétation des résultats a donné lieu à des conclusions différentes dans les 4 publications (Reinhart *et al.*, 1994, Reinhart et Sunvold, 1996a; Hallman *et al.*, 1995; Clemens, 1996). En l'absence de données supplémentaires, il paraît donc utile de s'intéresser aux études réalisées chez le rat et le porc.

TABLEAU 3.1.—Effets de différents types de fibres sur les structures cellulaires du côlon. (Les valeurs représentent le nombre de segments présentant des lésions par rapport au nombre de segments examinés, ainsi que le pourcentage de lésions observées).

Issu de Hallman et al., 1995.

Fibres	Production accrue de mucus	Exfoliation	Inflammation des cellules des cryptes
Cellulose	10/14 (71,4 %)	1/14 (7,1 %)	10/14 (71,4 %)
Pulpes de betterave	7/15 (46,7 %)	1/15 (6,7 %)	3/15 (20,0 %)
Mélange de pectines et de gomme arabique	8/15 (53,3 %)	7/15 (46,7 %)	3/15 (20,0 %)

### §3.2.2. Comparaison avec les autres espèces

Au niveau de l'intestin grêle **du rat**, l'incorporation de pectines (Brown *et al.*, 1979; Farness et Schneeman, 1982; Judd et Truswell, 1985) et de gomme de guar (Jacobs, 1983; Johnson *et al.*, 1984) provoque une augmentation de la longueur et du poids de l'organe alors que la cellulose, le son d'avoine (Farness et Schneeman, 1982; Jacobs, 1983; Johnson *et al.*, 1984) et le son de blé (Jacobs et White, 1983) ne modifient pas ces paramètres

L'aspect macroscopique de la muqueuse est généralement normal quel que soit le type de fibre étudiée (Cassidy *et al.*, 1982; Gordon *et al.*, 1983). Des modifications de la structure histologique sont fréquemment décrites lors de l'incorporation de cellulose dans les rations (Vahouny *et al.*, 1985; Sigleo *et al.*, 1984). Il s'agit principalement d'une production accrue de mucus et d'une activité plus intense des cellules caliciformes (Cassidy *et al.*, 1981, 1982; Schneeman et Richter, 1993). L'augmentation de la sécrétion de mucus devrait être considérée comme une réponse normale à un régime riche en fibres (Schneeman et Richter, 1993). Le mucus aurait un effet protecteur sur la muqueuse intestinale. L'incorporation de balles d'avoine à un taux de 15% n'a pas induit de modifications histologiques de la muqueuse intestinale chez le rat (Lopez-Guisa *et al.*, 1988). Par contre Cassidy *et al.* (1981, 1982) ont observé des lésions importantes de la muqueuse chez des animaux nourris avec des rations contenant 15% de pectines ou de farine de luzerne.

L'incorporation des fibres alimentaires induit généralement une augmentation du poids relatif du gros intestin (Jacobs et Lupton, 1984; Tulung *et al.*, 1987; Mazur *et al.*, 1992 ; Key et Mathers, 1993; Zhao *et al.*, 1995). Les fibres fermentescibles augmentent l'activité mitogénique des cellules du caecum et du côlon (Lupton *et al.*, 1988, Jacobs, 1983).

Les études réalisées chez le **porc** ont montré que la paille (Jin *et al.*, 1994) et la farine de luzerne (Moore *et al.*, 1988) provoquaient des altérations de la morphologie intestinale. Au niveau du jéjunum et du côlon, les régimes riches en fibres stimulent les proliférations de la muqueuse et le taux de renouvellement cellulaire (Jin *et al.*, 1994). Selon Howard *et al.* (1993), les fructooligosaccharides provoquent une augmentation du poids du gros intestin et de l'activité cellulaire chez le porc. La fibre de pois et les pectines induisent également une augmentation du poids et de la longueur du côlon. (Jorgensen *et al.*, 1996).

L'enjeu majeur de l'étude des effets des fibres sur les proliférations cellulaires est de définir le régime idéal, apte à maintenir la santé intestinale, et à prévenir le cancer du côlon chez l'homme. Il va de soi que l'interprétation des observations est extrêmement difficile. D'autre part, la transposition des données d'une espèce à l'autre est toujours hasardeuse. Les concepts évoluent également au cours du temps. La cellulose ou le son de blé précédemment décrits comme des fibres très agressives vis-à-vis de la muqueuse de l'intestin grêle sont maintenant considérées comme présentant un effet protecteur (Schneeman et Richter, 1993).

En conclusion, les effets des 3 sources de fibres sur les structures intestinales du chien (Reinhart *et al.*, 1994; Reinhart et Sunvold, 1996a; Hallman *et al.*, 1995) sont assez semblables à ce qui a été observé chez le rat. Néanmoins, ces observations ne sont valables que pour ces types de fibres et dans le cadre d'un test de courte durée. Or, les carnivores domestiques peuvent recevoir le même aliment commercial pendant des années. Chez le chien, Dobesch et Clemens (1988) avaient précédemment montré que le type de ration (ration humide à base de viande ou ration sèche à base de céréales) pouvait influencer la microstructure et le fonctionnement du côlon.

### **§3.3. Fermentations des fibres par la flore intestinale**

L'influence des fibres alimentaires sur la flore intestinale (Willard *et al.*, 1994) et les fermentations au niveau du côlon est étudiée depuis peu chez les carnivores domestiques (Sunvold *et al.*, 1994, 1995a et b). En effet, leur mode d'alimentation carnée et leurs particularités anatomiques caractérisées par un caecum et un côlon courts et peu développés ont largement contribué à minimiser le rôle des fermentations. La composition des rations a cependant évolué vers un régime de type omnivore dans lequel les hydrates de carbone peuvent couvrir 50% des apports énergétiques. Deux questions sont posées. Les fibres diététiques sont-elles fermentées et métabolisées dans le tractus intestinal des carnivores ? Leurs produits de dégradation sont-ils absorbés et utilisés par l'organisme ? Pour répondre à ces questions, des tests *in vitro*, relativement simples à réaliser, ont été les plus utilisés jusqu'à présent.

#### **§3.3.1. Méthodes utilisées**

##### **§3.3.1.1. Méthode *in vitro***

Cette méthode de laboratoire a pour but de reproduire les conditions de la flore intestinale chez l'animal. Les chiens reçoivent un régime déterminé contenant une source de fibre durant une période d'au moins 15 jours. Des fèces fraîches sont recueillies au bout de cette période et des inoculums de ces fèces sont placés dans des milieux de culture en conditions anaérobies. Les différents substrats fibreux sont ensuite ajoutés et les milieux de culture sont incubés pour une durée de 6, 12 ou 24 heures. Des échantillons sont prélevés à des intervalles réguliers afin de doser les AGV (acétate, butyrate, propionate) et le taux de disparition de la matière organique (Sunvold *et al.*, 1995a et b).

##### **§3.3.1.2. Méthode *in vivo***

L'obtention d'échantillons en vue du dosage des produits de fermentation nécessite dans les méthodes *in vivo*, soit le recours à la chirurgie (Kvietys et Granger, 1981), soit le sacrifice des animaux (Banta *et al.*, 1979; Herschel *et al.*, 1981) pour effectuer des prélèvements du

contenu intestinal à différents endroits. Selon Willard *et al.* (1994), l'endoscopie est aussi réalisable mais les risques de contamination des échantillons sont alors plus importants.

Les comparaisons des 2 méthodes ont montré une bonne corrélation entre les résultats. (Sunvold *et al.*, 1995a; Reinhart et Sunvold, 1996a). Cependant, la technique *in vitro* permet de mieux contrôler les temps de fermentation et de mesurer exactement les quantités d'AGV produits. Outre les raisons éthiques, cette méthode est donc préférée en raison de sa précision, de sa facilité d'application et de son moindre coût.

### **§3.3.2. Caractéristiques des fermentations**

De manière générale, en comparaison aux fibres insolubles, les fibres solubles sont les mieux fermentées au niveau du côlon avec une production plus importante d'AGV. Cependant, il faut souligner que la solubilité et la fermentabilité d'une fibre ne sont pas liées dans tous les cas. En effet, certaines fibres très solubles comme les gommes de caroube ou de xanthane sont peu fermentescibles. Inversement, le son de riz et la fibre de chou, insolubles, sont bien fermentés. En général les produits métaboliques résultant de cette fermentation sont les AGV, l'hydrogène, le dioxyde d'azote, le méthane et divers autres gaz. Il faut noter que les AGV sont produits initialement sous forme d'acides qui, rapidement, sont transformés en leurs sels correspondants. Le tableau 3.2 présente les taux de disparition de la matière organique et les productions d'AGV suite à la fermentation de diverses fibres après une période de 24 heures. Au fur et à mesure que le temps d'incubation des échantillons augmente, la matière organique disparaît et la production d'AGV augmente. Les fibres diffèrent non seulement par leurs effets sur les quantités totales d'AGV produites mais aussi par le type d'AGV. Ceci a été particulièrement bien démontré chez le rat (Goodlad et Mathers, 1990; Johnson *et al.*, 1990; Edwards *et al.*, 1992; Mazur *et al.*, 1992; Berggren *et al.*, 1993; Key et Mathers, 1993). Chez le chien, le butyrate est généralement produit en faible quantité et l'acétate en quantité légèrement supérieure au propionate. Le faible taux de fermentation de la gomme arabique illustre que la fermentabilité d'une fibre n'est pas toujours liée à sa solubilité. La pulpe de betterave, très utilisée dans les aliments pour chiens, est une fibre mixte mais cependant assez bien fermentée.



TABLEAU 3.2.—Fermentations de différents types de fibres *in vitro* : disparition de la matière organique (MO) et production d'acides gras volatils après 24 h chez le chien.Issu de Sunvold *et al.*, 1994, 1995a et b.

		Solubilité	Taux de Disparition de la MO	Acétate	Propionate	Butyrate	Produc- tion totale
			%	(mmol/g de MO)			
Cellulose	(a)	Faible	4,3	0,09	0,05	0,00	0,14
	(b)		1,6	0,00	0,25	0,00	0,25
Son d'avoine	(a)	Moyenne	7,8	0,19	0,14	0,03	0,35
Ecales de soja	(b)	Faible	16,2	0,90	0,40	0,10	1,40
Gomme arabique	(a)	Elevée	24,6	0,62	0,47	0,40	1,49
	(b)		35,1	0,36	0,12	0,02	0,50
Pulpes de betterave	(a)	Faible	38,2	2,03	0,80	0,70	3,01
	(b)		24,5	1,17	0,41	0,37	1,96
Gomme de caroube	(a)	Elevée	61,7	2,60	2,70	0,52	5,81
	(b)		56,3	2,19	2,40	0,29	4,87
Gomme de guar	(a)	Elevée	75,3	3,07	3,79	0,41	7,26
	(b)		54,9	2,17	2,60	0,24	5,02
Pectines de citron	(a)	Elevée	84,9	4,54	1,76	0,54	6,84
	(b)		74,5	3,31	1,30	0,37	4,98
Fructooligosaccharides	(a)	Elevée	84,5	2,86	2,52	0,30	5,67

### §3.3.3. Facteurs influençant les fermentations

De nombreux facteurs vont influencer les fermentations. Un paramètre important à considérer est la durée du processus de fermentation. En effet, après 24 heures, la production totale d'AGV à partir de la gomme de guar ou des pectines de citron est assez semblable alors qu'après 6 heures, la production d'AGV est 2 fois plus élevée pour les pectines. Les différentes fibres sont donc fermentées à des vitesses différentes (Sunvold *et al.*, 1995a et b).

La composition chimique des fibres permet dans une certaine mesure de prévoir le type de fermentation. Mais ceci ne se vérifie pas dans tous les cas. Ainsi, les pectines, composées d'acides uroniques, sont fermentées rapidement avec production d'acétate. A l'inverse, la gomme de karaya qui contient 37% d'acides uroniques est peu fermentée. D'autres facteurs

que la composition chimique des fibres jouent donc un rôle dans ces processus; parmi ces facteurs potentiels, citons la structure des polysaccharides (Titgemeyer *et al.*, 1991).

L'adaptation de la flore intestinale à un régime donné influence aussi les fermentations. Un animal recevant une ration contenant une fibre assez fermentescible comme la pulpe de citron développera de plus grandes potentialités de fermentation vis-à-vis d'un autre substrat fibreux qu'un animal habitué à un régime peu fermentescible. La composition de la ration et les types de fibres alimentaires utilisés vont donc influencer la microflore intestinale. Banta *et al.* (1979) ont montré que le pH du contenu caecal de chiens recevant des rations à base de viande était plus élevé que celui des animaux nourris avec de grandes quantités de céréales. Les auteurs postulaient que les fibres présentes dans les céréales permettaient des fermentations plus importantes. Plus récemment, l'utilisation de fructooligosaccharides dans l'alimentation du chien a permis de modifier l'équilibre des populations bactériennes. En effet, une augmentation des lactobacilles a été observée parallèlement à une diminution des bactéries potentiellement pathogènes comme certaines espèces de clostridies (Ogata, 1986; Willard *et al.*, 1994).

### **§3.4. Rôles des acides gras volatils chez le chien**

Les processus de fermentation anaérobie des hydrates de carbone et d'autres produits non digérés libèrent les AGV en quantités significatives dans le côlon bien que des quantités minimales puissent aussi être produites au niveau de l'estomac et de l'intestin grêle (Banta *et al.*, 1979; Herschel *et al.*, 1981). Les AGV sont rapidement absorbés sous forme ionisée et leur concentration est maximale dans le sang portal (Herschel *et al.*, 1981). Le foie retient le butyrate et le propionate alors que l'acétate est métabolisé dans les tissus périphériques. La contribution des AGV en tant que fournisseurs d'énergie n'a jamais été quantifiée mais est généralement considérée comme marginale chez les carnivores (Banta *et al.*, 1979).

Les AGV exercent plusieurs rôles importants au niveau du côlon. Parmi ceux-ci, le butyrate est reconnu comme substrat énergétique préférentiel pour le colonocyte (Roediger, 1980). Les AGV sont donc directement utilisables par les cellules intestinales et exercent un rôle trophique sur la muqueuse. L'absorption du sodium par la muqueuse du côlon nécessite la présence des AGV; en outre, le sodium et les AGV sont absorbés de façon concomitante.

Les AGV influencent la motricité intestinale de façon variable. L'administration d'AGV dans l'iléum de chiens a augmenté les contractions péristaltiques et diminué le temps de transit

(Kamath *et al.*, 1987). Par contre, ils exerceraient un effet inhibiteur au niveau du côlon (Kerley et Sunvold, 1996). Les AGV, et plus particulièrement l'acide acétique, augmentent le débit sanguin et le prélèvement d'oxygène dans le côlon (Kvietys et Granger, 1981).

La production d'AGV par la flore locale anaérobie induit une diminution du pH luminal et peut ainsi inhiber la croissance des bactéries pathogènes. Les AGV pourraient donc jouer un rôle dans le processus de contrôle des dérives intestinales (Fahey, 1994). Les fonctions physiologiques des AGV sont donc nombreuses et responsables en grande partie d'un fonctionnement intestinal harmonieux. Les fibres alimentaires sont généralement intactes lorsqu'elles atteignent le côlon. Par la suite, elles peuvent exercer des effets directs - sur la motricité par exemple - et des effets indirects comme substrats pour les fermentations. Les effets des fibres sur le fonctionnement du gros intestin peuvent donc en partie être expliqués par les propriétés des AGV. Dès lors, un des objectifs majeurs des nutritionnistes est de formuler des rations contenant des sources de fibres fermentescibles capables de stimuler la production d'AGV et d'exercer un effet bénéfique sur le fonctionnement intestinal.

### **§3.5. Utilisation des fibres dans le traitement de certains dysfonctionnement intestinaux**

A l'heure actuelle, très peu d'études scientifiques ont été réalisées sur l'utilisation des fibres alimentaires chez les animaux atteints de pathologies gastro-intestinales. Les recommandations diététiques sont généralement fondées sur l'expérience clinique. Les fibres alimentaires peuvent s'avérer utiles dans le traitement de nombreuses pathologies digestives - et particulièrement celles du côlon-. Parmi leur propriétés les plus intéressantes, citons leur capacité de rétention d'eau et de stimulation de la flore locale anaérobie.

Les fibres sont traditionnellement déconseillées dans le traitement des diarrhées de l'intestin grêle. Ces recommandations concernent principalement les fibres insolubles qui accélèrent le transit, diminuent la digestibilité des nutriments et peuvent exercer un effet irritant (présence de neutrophiles) sur la muqueuse intestinale (Reinhart et Sunvold, 1996b). Selon Guilford (1994), ce concept doit être réexaminé. En effet, les propriétés de gélification et de rétention d'eau de certaines fibres pourraient être exploitées dans le traitement des diarrhées de l'intestin grêle. Certains cliniciens recommandent l'utilisation d'une suspension à base de kaolin et de pectines (Kaopectate<sup>®</sup>, Upjohn) bien qu'aucune étude expérimentale n'ait

été menée avec ce médicament (Dimski, 1992). Selon Willard (1996), l'incorporation de fructooligosaccharides dans les rations est également un moyen de contrôler le développement d'une flore pathogène dans l'intestin grêle.

Les recommandations diététiques pour le traitement des colites donnent lieu à de nombreuses controverses. L'administration de fibres solubles associée à un régime hautement digestible a permis de supprimer la diarrhée chez des animaux présentant une colite idiopathique chronique (Leib *et al.* 1991). La fibre était du Métamucil<sup>®</sup>, un laxatif de lest très hydrophile formant un mucilage et constitué de graines d'ispaghul. Ce produit est utilisé pour le traitement de la constipation chez l'homme. Un régime hautement digestible, à base d'agneau et de riz ou de fromage blanc et de riz a également été utilisé avec succès comme seul traitement de cette pathologie (Nelson *et al.* 1988). Selon Willard (1988), les fibres solubles et insolubles peuvent être utiles pour le traitement des colites inflammatoires. Le terme "syndrome du côlon irritable ou côlon spastique" désigne une affection liée aux situations stressantes qui conduisent à la perturbation de la motricité intestinale. Certains auteurs recommandent les fibres insolubles si une hypermotricité est à l'origine de la diarrhée (Dimski et Buffington 1991; Simpson, 1992). En effet, Burrows et Merrit (1983) ont montré que l'alpha-cellulose était capable de diminuer la motricité du côlon proximal. Par facilité, plusieurs auteurs ont proposé de remplacer les termes de "colite idiopathique" et de "côlon spastique" par "diarrhée chronique idiopathique du gros intestin répondant à l'administration de fibres" (Leib *et al.* 1991; Debraekeleer et Henroteaux, 1994).

La constipation est un symptôme observé lorsque les matières fécales sont retenues trop longtemps dans le côlon, ce qui induit une trop grande absorption d'eau à partir des fèces. Le traitement comprend l'administration de lavements, de laxatifs et de fibres alimentaires dans le régime. L'incorporation de fibres dans la ration est également conseillée à long terme dans un but préventif. Les fibres insolubles sont généralement utilisées, soit sous forme de supplément ou incorporées dans l'aliment. Les fibres solubles comme les graines de psyllium peuvent également produire de bons résultats (Dimski, 1992). Il faut néanmoins éviter d'administrer des fibres à des animaux déshydratés et constipés, sous peine de provoquer une impaction fécale (Willard, 1988).

Les fibres alimentaires ont donc été utilisées avec succès dans le traitement de divers dysfonctionnement intestinaux. Une approche individualisée de chaque cas permettra aux cliniciens de formuler des recommandations diététiques et de déterminer les sources de fibres les mieux adaptées.

### §3.6. Conclusions

Les fibres alimentaires ne peuvent être considérées comme des aliments inertes de la ration. Intactes, elles possèdent des propriétés mécaniques (effet abrasif) et physiques (capacité de rétention d'eau). Mais elles sont aussi des substrats pour la flore anaérobie du gros intestin et elles peuvent donc influencer le type de fermentation et la production d'AGV. Les fibres alimentaires peuvent également constituer une aide thérapeutique précieuse dans le traitement des dysfonctionnements gastro-intestinaux.

### §3.7. Bibliographie

- ASHWELL M. (British Nutrition Foundation), Workshop Report : Recommendations to the consumer. Dietary Fibre : Chemical and Biological Aspect, Edited by D.A.T. Southgate, K. Waldron, I.T. Johnson and G.R. Fenwick AFRC, Norwich 1990, 20-23.
- BANTA C.A., CLEMENS E.T., KRINSKY M.M., SHEFFY B.E. Sites of organic acid production and patterns of digesta movement in the gastrointestinal tract of dogs. *J. Nutr.*, 1979, **109**, 1592-1600.
- BERGGREN A.M., BJÖRCK I.M.E., NYMAN E.M.G.L. Short-chain fatty acid content and pH in caecum of rats given various sources of carbohydrates. *J. Sci. Food Agric.*, 1993, **63**, 397-406.
- BROWN R.C., KELLEHER J., LOSOWSKY M.S. The effect of pectin on the structure and function of the rat small intestine. *Br. J. Nutr.*, 1979, **42**, 357-365.
- BURROWS C.F., MERRIT A.M. Influence of alpha-cellulose on myoelectric activity of proximal canine colon. *Am. J. Physiol.*, 1983, **245**, 6301-6306.
- CASSIDY M.M., LIGHTFOOT F.G., GRAU L.E., STORY J.A., KRITCHEVSKY D., VAHOUNY G.V. Effect of chronic intake of dietary fibers on the ultrastructural topography of rat jejunum and colon : a scanning electron microscopy study. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1981, **34**, 218-228.
- CASSIDY M.M., LIGHTFOOT F.G., VAHOUNY G.V. Morphological aspects of dietary fibers in the intestine. *Adv. Lipid Res.*, 1982, **19**, 203-229.
- CLEMENS E.H. Dietary fiber and colonic morphology. Proceedings of the first IAMS International Nutrition Symposium, 1996, 25-32.
- DEBRAEKELEER J., HENROTEAUX M. Dietary management of colitis. Proceedings of the 4th ESVIM Annual Congress, Brussels 1994, 15-16.

- DIMSKI D.S., BUFFINGTON C.A. Dietary fibre in small animal therapeutics. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1991, **199**, 1142-1146.
- DIMSKY D. S. Dietary fiber in the management of gastrointestinal disease. Kirk R.W. and Bonagura J.D. *Current Veterinary therapy*, XI, WB Saunders, 1992, 592-595.
- DOBESH G.D., CLEMENS E.T. Nutritional impact of the canine microstructure and function. *Nutr. Res.*, 1988, **8**, 625-632.
- EDWARDS C.A., BOWEN J., BRYDON G., EASTWOOD M.A. The effects of ispaghula on rat caecal fermentation and stool output. *Br. J. Nutr.*, 1992, **68**, 473-482.
- FAHEY G.C. Dietary Fibre : Definition and influence on enteric physiology, colonic proliferation and inflammatory mediators. Proceedings of the 12th ACVIM Forum, San Francisco, 1994, 536-538.
- FARNESS P.L., SCHNEEMAN B.O. Effects of dietary cellulose, pectin and oat bran on the small intestine in the rat. *J. Nutr.*, 1982, **112**, 1315-1319.
- GOODLAD J.S., MATHERS J.C. Large fermentation in rats given diets containing raw peas (*Pisum sativum*). *Br. J. Nutr.*, 1990, **64**, 569-587.
- GORDON D.T., BESCH-WILLIFORD C., ELLERSIECK M.R. The action of cellulose on the intestinal mucosa and element absorption by the rat. *J. Nutr.*, 1983, **113**, 2545 - 2556.
- GUILFORD G.W. Nutritional management of gastrointestinal tract diseases of dogs and cats. *J. Nutr.*, 1994, **124**, 2663S-2669S.
- 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.
- HERSCHEL D.A., ARGENZIO R.A., SOUTHWORTH M., STEVENS C.E. Absorption of volatile fatty acid, Na and H<sub>2</sub>O by the colon of the dog. *Am. J. Vet. Res.*, 1981, **42**, 1118-11
- HOWARD M.D., KERLEY M.S., GORDON D.T., PACE L.W., GARLEB K.A. Effect of dietary addition of fructooligosaccharide on colonic microflora populations and epithelial cell proliferation in neonatal pigs. *J. Anim. Sci.*, 1993, **171**, suppl.1, 177 (Abstract).
- JACOBS L.R., WHITE F.A. Modulation of mucosal cell proliferation in the intestine of rats fed a wheat bran diet. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1983, **37**, 945-953.
- JACOBS L.R. Effect of dietary fibre on mucosal growth and cell proliferation in the small intestine of the rat : a comparison of oat bran, pectin and guar with total fiber deprivation. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1983, **37**, 954-960.

- 
- JACOBS L.R., LUPTON J.R. Effect of dietary fibres on rat large bowel mucosal growth and cell proliferation. *Am. J. Physiol.*, 1984, G378-G385.
- JIN L., REYNOLDS L.P., REDMER D.A., CATON J.S., CRENSHAW J.D. Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation and morphology in growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 1994, **72**, 2270-2278.
- JOHNSON I.T., GEE J.M., MAHONEY R.R. Effects of dietary supplements of guar gum and cellulose on intestinal cell proliferation, enzyme levels and sugar transport in the rat. *Br. J. Nutr.*, 1984, **52**, 477-487.
- JOHNSON I.T., LIVESEY G., GEE J.M., BROWN J.C., WORTLEY G.M. The biological effects and digestible energy value of a sugar-beet fibre preparation in the rat. *Br. J. Nutr.*, 1990, **64**, 187-199.
- JORGENSEN H., ZHAO X.A., EGGUM B.O. The influence of dietary fibre and environmental temperature on the development of the gastro-intestinal tract, digestibility, degree of fermentation in the hind-gut and energy metabolism in pigs. *Br. J. Nutr.*, 1996, **75**, 365-378.
- JUDD P.A., TRUSWELL A.S. The hypocholesterolaemic effects of pectins in rats. *Br. J. Nutr.*, 1985, **53**, 409-425.
- KAMATH P.S., HOEPFNER M.T., PHILLIPS S.F. Short chain fatty acids stimulate motility of the canine ileum. *Am. J. Physiol.*, 1987, **253**, G427-G433.
- KERLEY M.S., SUNVOLD G.D. Physiological response to short chain fatty acid production in the intestine. Proceedings of the first IAMS International Nutrition Symposium, 1996, 33-39.
- KEY F.B., MATHERS J.C. Complex carbohydrate digestion and large bowel fermentation in rats given wholemeal bread and cooked haricot beans (*Phaseolus vulgaris*) fed in mixed diets. *Br. J. Nutr.*, 1993, **69**, 497-509.
- KVIETYS P.R., GRANGER D.N. Effect of volatile fatty acids on blood flow and oxygen uptake by the dog colon. *Gastroenterology*, 1981, **80**, 962-969.
- LEIB M.S., MONROE W.E., CODNER E.C. Management of chronic large bowel diarrhea in dogs. *Vet. Med.*, 1991, 922-929.
- LOPEZ-GUISA J.M., HARNED C.H., DUBIELZIG R., RAO S.R., MARLETT J.A. Processed oat hulls as potential dietary fiber sources in rats. *J. Nutr.*, 1988, **118**, 953-962.
- LUPTON J.R., CODER D.M., JACOBS L.R. Long term effects of fermentable fibers on rat colonic pH and epithelial cell cycle. *J. Nutr.*, 1988, **118**, 840-845.
- MAZUR A., GUEUX E., FELGINES C., BAYLE D., NASSIR F., DEMIGNÉ C., RÉMÉSY C. Effects of dietary fermentable fiber on fatty acid synthesis and triglyceride secretion

- in rats fed fructose-based diet : studies with sugar-beet fiber. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 1992, **199**, 345-350.
- MOORE R.J., KORNEGAY E.T., GRAYSON R.L., LINDEMANN M.D. Growth, nutrient utilization and intestinal morphology of pigs fed high fiber diets. *J. Anim. Sci.*, 1988, **66**, 1570-1579.
- NELSON R.W., STOOKEY L.J., KAZACOS E. Nutritional management of idiopathic chronic colitis in the dog. *J. Vet. Intern. Med.*, 1988, **2**, 133-137.
- OGATA M. Use of neosugar in pets. Proceeding of the 3rd Neosugar Conference, Edited by Norimaso Hosoya, Tokyo, 1986.
- 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.
- REINHART G.A., MOXLEY R.A., CLEMENS E.T. Source of dietary fiber and its effects on colonic microstructure, function and histopathology of Beagle dogs. *J. Nutr.*, 1994, **124**, 2701S-2703S.
- REINHART G.A., SUNVOLD G.D. *In vitro* fermentation as a predictor of fiber utilization. Proceedings of the first IAMS International Nutrition Symposium, 1996a, 15-24.
- REINHART G.A., SUNVOLD G.D. The role of diet in the treatment of gastrointestinal disease in dogs. New Discoveries in Canine Gastrointestinal disease, presented at the North American Veterinary Conference, Orlando, Florida, January 16, 1996b.
- ROEDIGER W.E.W. Role of anaerobic bacteria in the metabolic welfare of the colonic mucosa in man. *Gut*, 1980; **21** : 793.-798.
- SCHNEEMAN B.O., RICHTER D. Changes in plasma and hepatic lipids, small intestinal histology and pancreatic enzyme activity due to aging and dietary fiber in rats. *J. Nutr.*, 1993, **123**, 1328-1337.
- SIGLEO S., JACKSON M.J., VAHOUNY G.V. Effects of dietary fiber constituents on intestinal morphology and nutrient transport. *Am. J. Physiol.*, 1984, G34-G39.
- SIMPSON J.W. Role of nutrition in aetiology and treatment of diarrhoea. *J. Small Anim. Pract.*, 1992, **33**, 167-171.
- SUNVOLD G.D., FAHEY G.C., MERCHEN N.R., REINHART G.A. Fermentability of selected fibrous substrates by dog fecal microflora as influenced by diet. *J. Nutr.*, 1994, **124**, 2719S-2720S.
- 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 a, **73**, 1099-1109.



- 
- SUNVOLD G.D., FAHEY G.C., MERCHEN N.R., REINHART G.A. *In vitro* fermentation of selected fibrous substrates by dog and cat fecal inoculum : influence of diet composition on substrate organic matter disappearance and short-chain fatty acid production. *J. Anim. Sci.*, 1995b, **73**, 1110-1122.
- TITGEMEYER E.C., BOURQUIN L., FAHEY G.C., GARLEB K. A. Fermentability of various fiber sources by human fecal bacteria in vitro. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1991, **53** : 1418-1424.
- TULUNG B., RÉMÉSY C., DEMIGNÉ C. Specific effects of guar gum or gum arabic on adaptation of cecal digestion to high fibre diets in the rat. *J. Nutr.*, 1987, **117**, 1556-1561.
- VAHOUNY G.V., LE T., IFRIM I., SATCHITHANANDAM S., CASSIDY M.M. Stimulation of intestinal cytokinetics and mucin turnover in rats fed wheat bran or cellulose. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1985, **41**, 895-900.
- WILLARD, M.D. Dietary therapy in large intestinal diseases. *ACVIM Proceedings*, 1988, 173.
- WILLARD M.D., SIMPSON R.B., DELLES E.K., COHEN N.D., FOSSUM T.W., KOLP D., REINHART G. Effects of dietary supplementation of fructo-oligosaccharides on small intestinal bacterial overgrowth in dogs. *Am. J. Vet. Res.*, 1994, **55**, 654-659.
- WILLARD M.D. Effects of dietary fructo-oligosaccharides (FOS) supplementation on canine small intestinal bacterial populations. *Proceeding of the first IAMS International Nutrition Symposium*, 1996, 45-50.
- ZHAO X., JØRGENSEN H., EGGUM B.O. The influence of dietary fiber on body composition, visceral organ weight, digestibility and energy balance in rats housed in different thermal environments. *Br. J. Nutr.*, 1995, **73**, 687-699.

## Chapitre 4

**Fibres alimentaires chez le chien : IV. Effets sur les ingestions, le poids, les matières fécales et sur la digestibilité des nutriments**

M. Diez, L. Istasse.

*Ann. Méd Vét.*, 1997, **141**, 207-214.**Résumé**

Cet article présente l'influence de rations enrichies en fibres alimentaires sur les ingestions volontaires, l'évolution du poids des animaux et les matières fécales. Les fibres peuvent également altérer la digestibilité des nutriments par différents mécanismes. Les modifications induites dépendent du type de fibre - soluble, insoluble ou mixte - et sont globalement assez semblables chez le chien et chez les autres monogastriques.

**Summary**

Dietary fibres in dogs . IV. Effects on intakes, bodyweight, feces and apparent digestibility of nutrients

The present paper summarizes the influence of diets enriched with fibres on voluntary feed intakes, bodyweight changes of dogs and feces. Fibres affect nutrients digestibility by different mechanisms. The induced changes vary according to the types of fibre -soluble, insoluble or both- and are, on the whole, quite similar with dogs as in other monogastric species.

## **§4.1. Introduction**

L'incorporation de fibres alimentaires dans l'alimentation des chiens produira divers effets observables cliniquement. Les ingestions peuvent être modifiées ainsi que le poids de l'animal. Ces propriétés seront exploitées par les nutritionnistes pour la formulation d'aliments destinés au traitement de l'obésité. Un autre facteur important pour le propriétaire est la qualité des matières fécales. Le problème revient à trouver des sources de fibres et des niveaux d'incorporation acceptables et sans influence significative sur l'assimilation des nutriments.

## **§4.2. Effets des fibres sur les ingestions et l'évolution du poids**

### **§4.2.1. Effets chez le chien**

Les effets des fibres sur les ingestions ont été peu étudiés chez le chien. En effet, dans des expériences de longue durée, les chiens sont nourris en "quantités adéquates pour garder un poids constant". D'autre part, dans certaines expériences plus courtes, une quantité fixe de nourriture est présentée.

Delorme *et al.* (1985) ont étudié la vitesse de croissance et les consommations chez 4 groupes de chiots Beagle nourris avec des aliments secs à partir de 10 semaines et pendant une durée de 18 semaines. La source de fibres ajoutée était du son de blé. La comparaison portait sur des taux protéiques constants associés à une augmentation de la concentration en fibres (groupes 2 et 3) et sur une réduction du taux protéique associée à une teneur en fibre élevée (groupe 4). Cette expérience est résumée dans le tableau 4.1.

Les auteurs observent donc une adaptation des ingestions suite à la diminution de la densité énergétique de la ration induite par les fibres (groupes 2 et 3). Cependant, la teneur en protéine est aussi un facteur à considérer puisque le groupe 4 présente des ingestions diminuées. Il faut remarquer que la concentration de 22% de protéine brute est assez faible pour des chiots. Les vitesses de croissance sont diversement affectées par les traitements. Pour les animaux du groupe 2, l'augmentation des ingestions permet d'atteindre une vitesse de croissance égale à celle du groupe témoin. Par contre, les animaux des groupes 3 et 4 ont des vitesses de croissance réduites. Les auteurs concluent que, en présence de concentrations basses en protéines, il existe une limite à la quantité de fibres qui peut être ajoutée sans

inconvenient pour la santé des animaux. Ceci est particulièrement vrai pour le groupe 3. Il est donc recommandé de ne pas dépasser 16% de NDF - neutral detergent fibre - dans un régime à 21% de protéine. Aucune conclusion n'est tirée quant à l'appétence de la ration. Or, pour le groupe 4, la diminution d'ingestion est mise en rapport avec le faible pourcentage de protéines bien que des taux élevés de fibres puissent également diminuer l'appétence de la ration.

TABLEAU 4.1.—Effets de l'incorporation du son de blé sur la croissance de chiots de race Beagle pendant une durée de 18 semaines.

<b>Groupe</b>	<b>Caractéristiques de la ration</b>	<b>Ingestions quotidiennes g/jour</b>	<b>Vitesse de croissance <math>\Delta</math> kg/18 semaines</b>
<b>1 (Témoin)</b>	23% PB - 12% NDF	396	7.1 <sup>a</sup>
<b>2</b>	21% PB - 16% NDF	433	7.7 <sup>a</sup>
<b>3</b>	22% PB - 22% NDF	411	5.8 <sup>b</sup>
<b>4</b>	16% PB - 23% NDF	371	4.7 <sup>c</sup>

PB, protéine brute; NDF, fibre détergent neutre

<sup>a,b,c,d</sup> Valeurs significativement différentes pour la colonne

Selon Butterwick *et al.* (1994), l'ajout de fibres insolubles à des concentrations modérées ne modifie pas les ingestions chez le chien. Le protocole expérimental est original et mérite d'être décrit. Des animaux présentant une surcharge pondérale de 15 % sont nourris une fois par jour avec un aliment enrichi en différentes fibres à des concentrations diverses [6,6% de fibres totales (TDF) dans la MS - matière sèche - pour les rations témoins et de 6,7 à 15,6% TDF dans la MS pour les rations enrichies en fibres]. Les quantités de nourriture offertes sont limitées et sont calculées pour couvrir 40% des besoins énergétiques nécessaires pour le maintien du poids optimal. Ensuite, 3 h après le repas principal, un second repas très appétissant est présenté et laissé à la disposition des animaux durant 15 minutes. Ce test est réalisé à 2 reprises sur une période d'observation de 12 jours. Les quantités consommées lors du second repas ont été semblables pour les différents groupes d'animaux. Il est néanmoins difficile de juger ces résultats puisque le régime témoin contenait 6,6% de fibres TDF dans la MS. Idéalement, le régime témoin n'aurait pas dû contenir de fibre. D'autre part, l'effet de la sévère restriction calorique a pu être prédominant par rapport à l'ajout de quelques pourcents

de fibres. Enfin, il faut signaler que la plupart des chiens sont incapables de contrôler leurs ingestions quand il leur est proposé un aliment extrêmement appétissant.

Un des problèmes relatifs à l'utilisation des fibres en quantités importantes (supérieures à 20% MS) chez le chien réside dans la faible appétence de ces rations. Il est donc normal de constater des ingestions diminuées (Biourge *et al.*, 1987). Il est cependant probable que l'animal présente des capacités d'adaptation des ingestions aussi longtemps que les concentrations en fibres restent modérées.

#### **§4.2.2. Comparaison avec les autres espèces**

Les variations d'ingestions et du poids corporel sont des données obtenues plus facilement **chez le rat**. D'une part, les rats soumis aux expériences sont de jeunes animaux en croissance et sont nourris *ad libitum*. D'autre part, la durée des expériences est d'au moins 3 semaines, ce qui permet des relevés de ces paramètres. Il faut cependant souligner que ces animaux sont naturellement coprophages et que ce type de comportement doit être évité dans les études nutritionnelles.

De façon générale, la cellulose utilisée à doses inférieures ou égales à 20% de la MS n'a pas modifié significativement les gains corporels des sujets étudiés (Ogunwole *et al.*, 1987; Kritchevsky *et al.*, 1988; Tinker *et al.*, 1994). Dans la plupart des cas, les animaux ont donc présenté des capacités d'adaptation des ingestions afin de maintenir des apports caloriques suffisants pour leur croissance (Schneeman *et al.*, 1984). A l'inverse, des doses aussi élevées que 30% de cellulose dans la MS ont provoqué une diminution du gain corporel quotidien qui n'a pas été compensée par l'augmentation des ingestions (Ogunwole *et al.*, 1987).

Les fibres solubles se comportent de manière différente. Dans 50% des cas décrits, les pectines incorporées à des doses de 5 à 10% de la MS induisent une diminution des ingestions et des gains corporels (Judd et Truswell, 1985; Vigne *et al.*, 1987, Kritchevsky *et al.*, 1988). La diminution des ingestions est attribuée à la distension de l'estomac et au ralentissement de la vidange gastrique. Les animaux recevant de la pectine présentaient toujours un estomac rempli lors de l'autopsie alors que cette observation était rare chez les animaux témoins (Judd et Truswell, 1985). Dans d'autres expériences, aucun effet significatif de l'incorporation des pectines n'a été observé chez le rat (Aritsuka *et al.*, 1989; Nishina *et al.*, 1990 et 1991). La gomme de guar semble diminuer les ingestions et les gains corporels (Poksay et Schneeman, 1983; Johnson *et al.*, 1990), même à des taux d'incorporation aussi faibles que 5% de la MS.

Les fibres mixtes comme le son de blé, d'avoine ou la pulpe de betterave ont été testées à des doses variables. Des taux d'incorporation inférieurs à 15% n'ont provoqué aucun effet négatif sur la croissance des rats et les ingestions ont été peu modifiées (Mongeau *et al.*, 1990; Mazur *et al.*, 1992; Arjmandi *et al.*, 1992). Ces données permettent de conclure que le rat tolère et utilise généralement bien les fibres insolubles à des concentrations égales ou inférieures à 20% de la MS tandis que les fibres solubles provoquent des effets négatifs sur la croissance et les ingestions, même à des concentrations faibles. Cette assertion doit cependant être nuancée : des pectines présentant des degrés de méthylation ou des poids moléculaires différents induiront des effets variables sur les ingestions et l'évolution pondérale (Judd et Truswell, 1985).

**Chez l'homme**, l'incorporation de fibres purifiées sous forme hydratée dans les régimes alimentaires pose des problèmes d'appétence, surtout pour les fibres solubles comme les pectines ou la gomme de guar. Il semble que les doses de 10 g par jour ne puissent être facilement dépassées (Jenkins *et al.*, 1977). En général, la prise de fibres alimentaires est facilitée lors de leur incorporation dans la fabrication des aliments tels que pâtes (Gatti *et al.*, 1984), pain (Tredger *et al.*, 1991) ou biscottes (Jenkins *et al.*, 1980). D'autre part, les études publiées sont généralement réalisées de façon ponctuelle pour évaluer des paramètres systémiques précis et ne permettent donc pas d'apprécier les effets des fibres sur l'évolution du poids corporel. Les études réalisées chez les patients obèses fournissent cependant quelques renseignements. D'après Krotkiewski (1984), l'ingestion journalière de 20 g de gomme de guar provoque une diminution des ingestions due à une meilleure satiété. Ceci entraîne une diminution du poids alors que dans l'étude, il avait été demandé aux volontaires de ne pas modifier leurs habitudes alimentaires. Di Lorenzo *et al.* (1988) rapportent également une sensation de satiété apparaissant plus rapidement chez des individus obèses qui ont ingéré un repas contenant 15 g de pectines. Cet effet sur la satiété est semblable à ce qui a été observé chez le rat. D'autre part, selon Duncan *et al.* (1983), un régime riche en fibres insolubles, et donc de densité énergétique faible, entraîne une diminution spontanée des ingestions malgré une augmentation de la durée des repas. Cependant, cette étude de 5 jours ne permet pas d'obtenir des données sur l'évolution des poids et sur une possible adaptation des ingestions alimentaires à long terme.

Les principaux mécanismes proposés pour expliquer la diminution des ingestions provoquées par les différentes fibres alimentaires au-delà du seuil de 30% de la MS sont les suivants : appétit moindre, augmentation du temps de mastication avec les fibres insolubles,

sensation de rassasiement plus rapide, augmentation du temps de transit gastrique et augmentation de la tolérance au glucose.

La diminution des ingestions va entraîner une diminution du poids corporel chez les adultes ou un ralentissement de la croissance chez les jeunes. Néanmoins, l'altération des digestibilités des nutriments peut aussi jouer un rôle non négligeable.

### **§4.3. Effets des fibres alimentaires sur la qualité des matières fécales**

La qualité des fèces des chiens est une des préoccupations des propriétaires. En effet, la diarrhée et la constipation sont toujours des situations indésirables. Les fibres peuvent exercer une action bénéfique sur la qualité des fèces; leur niveau d'incorporation peut être manipulé de façon à obtenir une consistance optimale.

Deux approches sont couramment utilisées pour évaluer la qualité des matières fécales dans le cadre des études de digestibilité chez les chiens sains. En premier lieu, la teneur en MS peut être déterminée. D'autre part, Lewis *et al.* (1994) ont proposé un ensemble de critères subjectifs basés sur la consistance. Ils classent les matières fécales en 5 catégories : aqueuse, liquide avec présence de morceaux plus consistants, molles et informes, molles et formées, et fermes. Les auteurs concluent que l'observation de la consistance des fèces est un meilleur critère que la simple détermination de la MS. En effet, la teneur en MS peut être extrêmement variable et sans aucun rapport avec l'aspect des matières fécales. Ceci avait été précédemment rapporté par Griess et Enjalbert (1992).

Chez le chien, et de manière générale, les fibres augmentent le volume et le poids humide des matières fécales. Cette observation a été rapportée également dans d'autres espèces et notamment chez le rat. Différents mécanismes permettent d'expliquer ce phénomène.

L'augmentation de volume du contenu intestinal et des fèces ("bulking effect") est observée avec des fibres insolubles (Burrows *et al.*, 1982). L'augmentation du poids des matières fécales lors de l'utilisation de la pulpe de betterave est associée principalement à sa capacité de rétention d'eau (Fahey *et al.*, 1990a). Enfin, l'augmentation du volume peut être liée à la diminution de la digestibilité des nutriments comme le rapportent notamment Fahey *et al.* (1992) lors d'utilisation de son d'avoine.

La teneur moyenne en MS des fèces des chiens est comprise entre 28 et 42% (Griess et Enjalbert, 1992). La teneur en MS des fèces varie selon le type de fibre et le niveau d'incorporation; les fibres peu fermentescibles tendent à augmenter la teneur en MS (de Haan

*et al.*, 1990; Sunvold *et al.*, 1995). A titre d'exemple, Lewis *et al.* (1994) ont rapporté des teneurs en MS de l'ordre de 37% dans les matières fécales de chiens recevant de la cellulose, les animaux témoins présentant une teneur de 25,7% MS. Par contre, les fibres fermentescibles diminuent les teneurs en MS des matières fécales (de Haan *et al.*, 1990; Fahey *et al.*, 1990a et 1990b; Sunvold, 1995). Les teneurs rapportées par Fahey *et al.* (1990a) ont été de 20,3% lors d'utilisation de pulpe de betterave (13,7% TDF dans la MS) et de 38,2% pour les animaux témoins. Des effets semblables sont rapportés dans toutes les espèces. Les fréquences de défécation sont en général augmentées en particulier lors de l'utilisation de la pulpe de betterave (Fahey, 1990a et 1990b).

En conclusion, il apparaît donc que certaines fibres alimentaires comme la fibre de betterave ou la cellulose permettent d'améliorer la consistance des matières fécales. Malheureusement, ce type de fibre entraîne généralement une augmentation du volume des fèces, ce qui est considéré comme un inconvénient par de nombreux propriétaires.

#### **§4.4. Effet des fibres sur la digestibilité des nutriments**

##### **§4.4.1. Buts recherchés**

Les effets des fibres alimentaires sur la digestibilité des principaux nutriments organiques et des minéraux ont été étudiés chez l'homme et dans diverses espèces animales. Il convient au préalable de rappeler la signification de la notion de digestibilité. La digestibilité apparente (DA) d'un nutriment se calcule selon la formule suivante :

$$DA (\%) = \frac{\text{Nutriment INGERE (g)} - \text{Nutriment EXCRETE (g)}}{\text{Nutriment INGERE (g)}}$$

Des coefficients de DA pourront donc être calculées pour la MS, la matière organique, les cendres, l'énergie ou pour chaque nutriment considéré individuellement (protéines brutes, lipides, Ca, P, ...).

Deux techniques peuvent être utilisées, à savoir la récolte totale des matières fécales ou l'utilisation d'un marqueur indigestible qui sera ensuite dosé dans les fèces.

Les études de digestibilité peuvent répondre à deux buts différents. L'intérêt majeur de la plupart des recherches est étudier l'effet des fibres sur la DA des autres nutriments de la ration.



D'autre part, il est aussi intéressant de déterminer si une fibre donnée est digérée et jusqu'à quel point. Malheureusement, la digestibilité de la fibre a été peu étudiée. En effet, les analyses classiques réalisées précédemment étaient de peu d'utilité puisqu'elles sous-estimaient les teneurs en fibres solubles et insolubles des échantillons. Dans ce cas, il n'était pas rare d'obtenir des coefficients de DA négatifs pour la fibre detergent acide (ADF) dans certaines rations. Depuis peu, la technique de dosage de la fibre totale (TDF) (Prosky *et al.*, 1984) a permis à certains auteurs une approche plus fine du devenir des différents composants chimiques de la fibre.

#### **§4.4.2. Etude de la digestibilité chez le chien**

Kendall et Holme (1982) ont mesuré la DA de 25 produits et sous-produits végétaux en les incorporant à des doses très élevées (de 25 à 50%) dans des rations pour chiens. Parmi les produits à teneurs élevées en fibres, il faut citer les farines de noix et d'amande, la farine de caroube, divers sous-produits de brasserie, la pulpe de betterave et le son de blé. Les auteurs ont conclu que ces matières premières ne pouvaient être utilisées comme sources majeures de nutriments chez le chien. En effet, elles diminuent de façon drastique la DA de la MS, de la protéine et de l'énergie brute.

Par contre, l'incorporation de fibres en quantités plus faibles sera couramment réalisée à condition de ne pas perturber la DA des nutriments essentiels. Différentes expériences ont donc été menées pour étudier les possibilités d'utilisation des fibres alimentaires à des concentrations moindres.

##### **§4.4.2.1. La cellulose et les fibres à prédominance insoluble**

Burrows et al (1982) ont étudié l'effet de 4 niveaux d'incorporation de cellulose (de 0 à 14,7% de la MS) dans un aliment humide. Ils ont observé une diminution linéaire de 2,2% de la DA de la MS pour chaque pourcent de cellulose ajouté. Les DA des protéines et des matières grasses étaient aussi diminuées mais de façon non significative. Des conclusions semblables ont été tirées par de Haan *et al.* (1990), et Lewis *et al.* (1994) qui ont respectivement testé des doses de 3,5% et 20,8% de cellulose dans la MS. En incorporant 2 types de cellulose (20 % TDF/MS) différant par leur granulométrie, Lewis *et al.* (1994) n'ont pas remarqué de modification de la DA des principaux nutriments et de l'énergie. Cependant,

la cellulose moulue grossièrement a provoqué une diminution de la DA du phosphore et du fer. Les auteurs recommandent donc d'éviter une mouture trop grossière. Fahey *et al.* (1990b) ont utilisé non pas de la cellulose purifiée comme les auteurs précédemment cités mais de la paille traitée aux alcalins comme source de fibre. La concentration de ce produit en cellulose était de 64,2% de la MS et la concentration en fibre totales dans la ration finale de 13,2%. Dans une seconde expérience, Fahey *et al.* (1992) ont testé la fibre d'avoine purifiée à partir de balles d'avoine traitées aux alcalins et incorporée à raison de 7,5% TDF dans l'aliment. La concentration finale de la fibre totale dans la ration était de 13,6%. Dans les deux expériences, les effets observés ont été similaires à ceux décrits précédemment à savoir une diminution de la DA de la MS et aucun effet significatif sur la digestibilité des protéines et des matières grasses.

Ces observations permettent de conclure que l'inclusion de cellulose à doses inférieures à 20% de la MS diminue la digestibilité de la MS mais n'a pas eu d'effet négatif sur la DA des protéines et des matières grasses.

En ce qui concerne la digestibilité de la cellulose elle-même, Moore *et al.* (1980) citent des coefficients variant de 11,8 à 45,4% selon le type de rations. Les coefficients de DA de la fibre totale rapportés par d'autres auteurs sont de 11% dans une ration enrichie en cellulose (Sunvold *et al.*, 1995), 34% avec la paille traitée aux alcalins (Fahey *et al.*, 1990b) et 39,7% pour une ration enrichie en fibre d'avoine (Fahey *et al.*, 1992). Ces chiffres ont permis de mettre en évidence une digestion partielle de la cellulose dans le gros intestin du chien. Selon Moore *et al.* (1980) et Burrows *et al.* (1982), des bactéries cellulolytiques utilisent la cellulose à des degrés divers. Les auteurs postulent que ces bactéries peuvent également être considérées comme des sources endogènes de fibres alimentaires et être dosées comme telles dans les matières fécales. Burrows *et al.* (1982) estiment que l'excrétion endogène de fibres dans les fèces, comprise entre 18 et 25 %, représente des résidus bactériens insolubles.

#### **§4.4.2.2. Les fibres solubles**

De Haan *et al.* (1990) ont utilisé une ration complémentée par 3,5% de pectines dans la MS. Les DA de la MS, des lipides et des cendres n'ont pas été affectées mais la DA de la protéine a été significativement diminuée. Avec une dose de 20,4% de pectines dans la MS, Lewis *et al.* (1994) ont observé au contraire une diminution de la DA de la MS, de l'énergie et du sodium alors qu'il n'y a pas eu d'effet sur la DA des protéines. Ces expériences aboutissent

---

donc à des conclusions différentes. Il est vraisemblable que les teneurs en pectines ont été trop dissemblables entre les expériences et que des facteurs tels que le degré de solubilité ou de méthylation des pectines ainsi que le poids moléculaire aient produit des effets différents (Judd et Truswell, 1985). Enfin il faut signaler que Fernandez et Phillips (1982), lors de distribution de pectines, ont mis en évidence une diminution de l'absorption du fer chez des chiens perfusés via une canule duodénale. La digestibilité des pectines est par contre assez élevée. Lewis *et al.* (1994) rapportent un coefficient de 43% pour la fibre brute. En réalité, la DA est certainement plus élevée car la technique de détermination de la fibre brute est une méthode de dosage inappropriée pour les pectines. Selon de Haan *et al.* (1990), la gomme de guar incorporée à 3,5% dans la ration induit une diminution de la DA de la protéine et des matières grasses. Aucun coefficient concernant la digestibilité de la gomme de guar n'est cité dans la littérature.

#### §4.4.2.3. Les fibres mixtes

De nombreuses études relatent les effets de fibres mixtes sur la DA des nutriments. Parmi celles-ci, la fibre de betterave a fait l'objet d'une série de publications (Allen *et al.*, 1981; Fahey *et al.*, 1990a et 1990b; Sunvold *et al.*, 1995). De façon générale, à un niveau de 7,5% de fibre totale ajoutée au régime de base, la fibre de betterave diminue la DA de la MS et de la matière organique. Dans deux expériences sur trois, les DA de la protéine brute et des matières grasses sont aussi diminuées. L'incorporation de 7.5 % de pulpe de betterave dans un aliment industriel complet a contribué à diminuer les coefficients de DA de la MS, de la matière organique, des matières grasses et de la protéine de 4.2 %, 4.4 %, 1.2 % et 2.8 %, respectivement (Fahey *et al.*, 1990 a). Néanmoins, ces effets sont considérés comme étant relativement peu importants par les auteurs qui recommandent donc l'utilisation de la fibre de betterave. Les coefficients de digestibilité de la fraction fibre étaient respectivement de 56,1%, 37,2%, 61,1% et 29% dans les 4 expériences précitées. Il semble donc que la fibre de betterave soit relativement bien digérée. D'autres sources de fibres telles que le son de blé, les pulpes de tomates ou de citron ont également été étudiées par les auteurs cités ci-dessus; les résultats ont été assez similaires. Selon Fahey *et al.* (1990b), à des taux d'incorporation de 12,5% TDF, les fibres mixtes à prédominance insolubles induisent des diminutions de la digestibilité des nutriments et ce, quelle que soit la source de fibre. Dans cette expérience, l'auteur avait utilisé des marcs de tomate, des gousses d'arachides, du son de blé et de la paille traitée aux alcalins. Walker *et al.* (1994) ont étudié la digestibilité précaecale et totale de l'amidon et de la MS chez des chiens pourvus de canules iléales. Les rations contenaient des quantités significatives de céréales et présentaient des teneurs en fibres variant de 0,6 à 12,1%. Les auteurs ont montré que l'amidon était totalement digéré dans l'intestin grêle et que les variations des teneurs en fibres expliquaient les modifications de la DA de la MS. La DA de la MS était la plus faible lorsque les animaux recevaient les rations à base d'avoine; ces rations présentaient une teneur en fibre brute de 12,1%.

En conclusion, les fibres incorporées dans les rations de base à des doses inférieures à 10% de la MS ont des effets divers sur la DA des principaux nutriments. En général, la DA de la MS a toujours été affectée. Les effets sur les protéines et les lipides ne sont pas constants et dépendent principalement du type de fibres. Il n'existe quasi pas de données relatives à l'effet des fibres sur la DA des minéraux et oligo éléments chez le chien. Toutes les fibres citées

sont aussi digérées à des degrés divers y compris la composante insoluble constituée principalement par la cellulose.

#### **§4.4.3. Comparaison avec d'autres espèces**

Les effets des fibres sur la DA des nutriments ont été bien étudiés chez le **rat**. La DA de l'énergie brute est diminuée lors de l'ingestion de rations enrichies en cellulose (Delorme et Wojcik, 1982), en fibre de betterave (Johnson *et al.*, 1990), en fibres de pois et en pectines (Zhao *et al.*, 1995). Les DA des protéines, lipides, minéraux et oligo-éléments dépendent des types de fibres utilisées et de leur niveau d'incorporation. Un niveau de fibre supérieur à 10% a entraîné des diminutions diverses des DA du Ca, P, Mg, Cu, Zn, Fe, Cr et Co (Harmuth-Hoene et Schelenz., 1980; Gordon *et al.*, 1983; Ward et Reichert, 1986; Lopez-Guisa *et al.*, 1988). Néanmoins, selon Harmuth-Hoene et Schelenz, (1980), après quelques semaines, le rat semble capable de compenser les pertes fécales de minéraux, probablement en réduisant les excréments urinaires. Le taux d'incorporation de 10% de fibres dans l'alimentation du rat est donc un maximum, à moins d'augmenter les concentrations en minéraux pour prévenir les pertes. La digestibilité de la cellulose se situe dans une fourchette variant de 8 à 22% selon le type et le niveau de cellulose utilisée (Delorme et Wojcik., 1982; Hsu et Penner, 1989).

Plusieurs auteurs ont étudié les applications potentielles des fibres dans l'alimentation **du porc**. Deux buts sont généralement poursuivis. Le premier est d'utiliser le porc comme modèle pour la nutrition humaine et le second est de valoriser des sous-produits pour des raisons économiques (Collings *et al.*, 1979). Varel *et al.* (1987) ont constaté une augmentation des populations bactériennes cellulolytiques dans le caecum et le côlon du porc après l'introduction d'une ration riche en fibres insolubles. La dégradation microbienne des fibres va donc générer des acides gras volatils, sources d'énergie potentielles pour le porc. Les fibres utilisées étaient principalement les issues de blé (son et remoulage), les balles d'avoine et les gousses d'arachide. Les résultats de ces essais ont été peu concluants : diminution de la digestibilité de la MS (Newton *et al.*, 1983), de l'énergie brute et surtout des minéraux et oligoéléments à des taux d'incorporation de 20%. Moore *et al.* (1986) et Lindemann *et al.* (1986) ont conclu que les balles d'avoine et les gousses d'arachides étaient de peu d'intérêt pour la croissance ou la finition des porcs. D'autres effets indésirables tels que l'allongement de la période de croissance et une augmentation des ingestions dues à une moins bonne

efficience alimentaire ou l'augmentation de volume des fèces sont d'autres arguments en défaveur de l'utilisation des fibres en quantité significative dans l'alimentation du porc.

**Chez l'homme**, les données qui relatent les effets des fibres sur l'absorption et la digestibilité des nutriments proviennent soit d'expériences ponctuelles, soit d'études épidémiologiques. Les fibres purifiées ont été principalement étudiées pour leurs effets systémiques sur le métabolisme des lipides et l'absorption des minéraux et oligo-éléments tandis que les données épidémiologiques concernent principalement l'absorption du Fe et du Zn avec des régimes à haute teneur en fibres non purifiées (Reinhold *et al.*, 1966).

Farrell *et al.*, (1978) ont étudié les effets d'un régime à teneur moyenne en fibre (6,6 % NDF dans la MS suivi d'un régime enrichi en fibres par apport journalier de 12 g de son de blé (10% NDF dans MS de la ration). Le passage au régime riche en fibres s'est accompagné d'une diminution significative des DA de la MS, de l'énergie brute, de la protéine et des cendres mais pas des lipides. Les DA du Ca et du Fe n'ont pas été modifiées. Les digestibilités de la cellulose étaient respectivement de 74 et 63% pour les 2 régimes à basse et haute teneurs en fibres. Wisker *et al.* (1996) ont également mis en évidence une diminution de la DA de l'énergie et des protéines mais pas des lipides chez des individus recevant des régimes enrichis en fibres sous forme de farine de seigle.

Slavin et Marlett (1980) ont montré que l'ajout quotidien de 16 g de cellulose purifiée pendant 1 mois n'entraînait pas de diminution de la digestibilité des protéines et des lipides. Par contre, la DA de l'énergie brute était significativement diminuée. Néanmoins, comme la perte d'énergie dans les fèces était due à la cellulose non digérée, les valeurs de la DA ont été corrigées et aucune différence significative n'est apparue. Les auteurs concluent donc que les effets des fibres sur le métabolisme de l'énergie dépendent de la composition et des propriétés physiques des sources de fibres utilisées et qu'il ne faut pas généraliser le concept que les fibres diminuent l'utilisation des nutriments. D'autre part, l'homme a généralement la possibilité d'augmenter ou varier ses ingestions pour compenser les éventuels déficits.

Les données concernant la DA des minéraux individuels sont contradictoires. Plusieurs études épidémiologiques ont mis en évidence des signes cliniques relatifs à des déficits en minéraux et oligo-éléments chez des populations rurales qui ingéraient des aliments très riches en fibres. Le Zn, le Fe et le Ca semblent être les minéraux les plus problématiques (Reinhold *et al.*, 1966; Davies, 1977; Losowsky, 1977). La plupart des effets observés ont été néanmoins expliqués par les teneurs élevées en phytates des régimes concernés. Selon Russell *et al.* (1984), les phytates jouent un rôle plus important que les fibres dans la diminution de

l'absorption du Zn. Une étude contrôlée de 4 semaines a permis à Behall *et al.* (1987) de démontrer que la cellulose, la gomme de caroube ou de guar ne modifiaient pas la rétention apparente des minéraux et oligo-éléments. Les doses journalières de fibres étaient comprises entre 19 et 27 g et les apports en minéraux de la ration étaient calculés pour couvrir les besoins journaliers. Selon Cummings *et al.* (1979), une dose journalière de 36 g de pectines proposée pendant 9 semaines n'a pas modifié l'homéostasie du Ca chez l'homme.

#### **§4.4.4. Mécanismes d'action**

Divers mécanismes ont été proposés afin d'expliquer les effets des fibres sur la DA des nutriments :

- L'augmentation du volume du digestat observée principalement avec les fibres insolubles provoquerait une accélération du transit peu propice à la digestion et à l'absorption efficaces des nutriments (Burrows *et al.*, 1982).

- La dilution des nutriments induite par les fibres alimentaires réduirait leur assimilation.

- Certaines fibres modifieraient l'activité des enzymes pancréatiques soit par un effet de liaison non spécifique ou par la présence d'inhibiteurs spécifiques (Schneeman et Gallaher, 1985 et 1986). Chez le chien, l'incorporation journalière de 5 g de son de blé dans les rations a provoqué une diminution de l'excrétion de la lipase pancréatique après un mois (Stock-Damgé *et al.*, 1983).

- Certaines fibres se lieraient aux acides biliaires (Gallaher et Schneeman, 1986) avec pour effet de diminuer la formation des micelles et donc l'absorption des lipides. Ce mécanisme est remis en question (Langkilde *et al.*, 1993).

- Les fibres solubles augmentent la viscosité du chyme, ce qui ralentirait la diffusion des enzymes et des nutriments vers les sites d'absorption (Jenkins *et al.*, 1978; Schneeman, 1987).

- Les fibres formeraient des complexes avec les minéraux avec pour conséquence une diminution de leur biodisponibilité (Ward et Reichert, 1986).

- Les fibres se lieraient aux acides aminés essentiels, ce qui contribuerait à diminuer l'utilisation des protéines (Howard *et al.*, 1986).

- Les fibres induiraient des changements morphologiques et histologiques des structures de l'intestin grêle, les processus de digestion et d'absorption seraient ainsi modifiés (Cassidy *et al.*, 1981; Sigleo *et al.*, 1984).

- Certaines sources de fibres sont connues pour contenir des facteurs antinutritionnels qui réduiraient la digestibilité des nutriments; ce serait notamment le cas de la fibre de pois (Liener, 1989).

- L'action des fibres sur la biodisponibilité des micronutriments pourrait être confondue avec l'action des phytates (Russell *et al.*, 1984).

#### **§4.5. Conclusions**

Le choix judicieux des sources de fibres alimentaires permet d'améliorer la qualité des matières fécales sans effets négatifs sur les ingestions, l'évolution pondérale et la digestibilité des nutriments chez le chien ainsi que dans d'autres espèces. Des taux d'incorporation extrêmes doivent être également évités dans les régimes standards tandis que des niveaux d'incorporation faibles ou moyens seront bénéfiques. Ces taux d'incorporation seront différents pour chaque espèce concernée.

#### **§4.6. Bibliographie**

ALLEN S.E., FAHEY G.C., CORBIN J.E., PUGH J.L., FRANKLIN R.A. Evaluation of byproduct feedstuffs as dietary ingredients for dogs. *J. Anim. Sci.*, 1981, **53**, 1538-1544.

ARITSUKA I., TANAKA K., KIRIYAMA S. Effect of beet dietary fibre on lipid metabolism in rats fed a cholesterol-free diet in comparison with pectin and cellulose. *J. Jpn Soc. Nutr. Food Sci.*, 1989, **42**, 295-304.

ARJMANDI B.H., AHN J., NATHANI S., REEVES R.D. Dietary soluble fiber and cholesterol affect serum cholesterol concentration, hepatic portal venous short-chain fatty acid concentrations and fecal sterol excretion in rats. *J. Nutr.*, 1992, **122**, 246-253.

BEHALL K.M., SCHOLFIELD D.J., LEE K., POWELL A.S., MOSER P.B. Mineral balance in adult men : effect of four refined fibres. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1987, **46**, 307-314.

BIOURGE V., HENROTEAUX M., ISTASSE L., DEGROOTE A. Traitement d'un cas d'obésité chez une chienne. *Ann. Méd. Vét.*, 1987, **131**, 419-424.

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.

BUTTERWICK R.F., MARKWELL P.J., THORNE C.J. Effect of level and source of dietary fibre on food intake in the dog. *J. Nutr.*, 1994, **124**, 2695S-2700S.



- CASSIDY M.M., LIGHTFOOD F.G., GRAU L.E., STORY J.A., KRITCHEVSKY D., VAHOUNY G.V. Effect of chronic intake of dietary fibres on the ultrastructural topography of rat jejunum and colon : a scanning electron microscopy study. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1981, **34**, 218-228.
- COLLINGS G.F., ERICKSON J.P., YOKOYAMA M.T., MILLER E.R. Effect of wheat middlings on fiber digestibility, serum cholesterol and glucose and fecal bile acids in pigs. *J. Anim. Sci.*, 1979, **49**, 528-534.
- CUMMINGS J.H., SOUTHGATE D.A.T., BRANCH W.J., WIGGINS H.S., HOUSTON H., JENKINS D.J.A., JIVRAJ T., HILL M.J. The digestion of pectin in the human gut and its effect on calcium absorption and large bowel function. *Br. J. Nutr.*, 1979, **41**, 477-485.
- DAVIES N.T. The effects of dietary fibre on mineral availability. In : Dietary fibre : current developments of importance to health, Kellogg symposium, December 1977, Edited by K.W. Heaton.
- DE HAAN V., ISTASSE L., JAKOVLJEVIC S., DUFRASNE I., BIENFAIT J.M. Effects of cellulose, pectin and guar gum on gastric emptying, digestibility and absorption in resting dogs. *Proc. Nutr. Soc.*, 1990, **49**, 146A.
- DELORME C.B., BARRETTE D., MONGEAU R., LARIVIERE N. The effect of dietary fibre on feed intake and growth in Beagle puppies. *Can. J. Comp. Med.*, 1985, **49**, 278-285.
- DELORME C.B., WOJCIK J. Interaction of dietary protein with cellulose in the adaptation to calorie dilution by weanling rats. *J. Nutr.*, 1982, **112**, 21-28.
- DI LORENZO C., WILLIAMS C.M., HAJNAL F., VALENZUELA J.E. Pectin delays gastric emptying and increases satiety in obese subjects. *Gastroenterology*, 1988, **95**, 1211-1215.
- DUNCAN K.H., BACON J.A., WEINSIER R.L. The effects of high and low energy intake, density diets on satiety, energy intake and eating time of obese and nonobese subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1983, **37**, 763-767.
- FAHEY G.C., MERCHEN N.R., CORBIN J.E., HAMILTON A.K., LEWIS S.M., SERBE K.A., HIRAKAWA D.A. Dietary fibre 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.*, 1990a, **68**, 4221-4228.
- FAHEY G.C., MERCHEN N.R., CORBIN J.E., HAMILTON A.K., SERBE K.A., HIRAKAWA D.A. Dietary fibre for dogs : II. Iso-total dietary fibre (TDF) additions of divergent fibre sources to dog diets and their effects on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. *J. Anim. Sci.*, 1990b, **68**, 4229-4235.

- FAHEY G.C., MERCHEN N.R., CORBIN J.E., HAMILTON A.K., BAUER L.L., TITGEMEYER E.C., HIRAKAWA D.A. Dietary fibre for dogs : III. Effects of beet pulp and oat fibre additions to dog diets on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. *J. Anim. Sci.*, 1992, **70**, 1169-1174.
- FARRELL D.J., GIRLE L., ARTHUR J. Effects of dietary fibre on the apparent digestibility of major food components and on blood lipids in men. *Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci.*, 1978, **56**, 469-479.
- FERNANDEZ R., PHILLIPS S.F. Components of fibre impair iron absorption in the dog. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1982, **35**, 107-112.
- GALLAHER D., SCHNEEMAN B. Effect of dietary fibre on protein digestibility and utilization. In : Handbook of Dietary Fibre in Human Nutrition, 1986, Edited by G.A. Spiller, CRC Press, 143-164.
- 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, **25**, 1-10.
- GRIESS D., ENJALBERT F. Relations entre l'alimentation, la pathologie digestive non infectieuse et la consistance des fèces chez le chien. *Rev. Méd. Vét.*, 1992, **143**, 251-254.
- GORDOND.T., BESCH-WILLIFORD C., ELLESIECK M.R. The action of cellulose on the intestinal mucosa and element absorption by the rat. *J. Nutr.*, 1983, **113**, 2545-2556.
- HARMUTH-HOENE A.E., SCHELENZ R. Effect of dietary fibre on mineral absorption in growing rats. *J. Nutr.*, 1980, **110**, 1774-1784.
- HOWARD P., MAHONEY R.R., WILDER T. Binding of amino acids by dietary fibres and wheat bran, *Nutrition Reports International.*, 1986, **34**, 135-140.
- HSU J.C., PENNER M.H. Influence of cellulose structure on its digestibility in the rat. *J. Nutr.*, 1989, **119**, 872-878.
- JENKINS D.J.A., LEEDS A.R., GASSULL M.A., COCHET B., ALBERTI K.G.M.M. Decrease in post prandial 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 G.L., ALBERTI K.G.M.M. Dietary fibres, fibres analogues, and glucose tolerance : importance of viscosity. *Br. Med. J.*, 1978, **1**, 1392-1394.
- JENKINS D.J.A., REYNOLDS D., SLAVIN B., LEEDS A.R., JENKINS A.L., JEPSON E.M. Dietary fibre and blood lipids : treatment of hypercholesterolemia with guar crispbread. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1980, **33**, 575-581.

- JOHNSON I.T., LIVESEY G., GEE J.M., BROWN J.C., WORTLEY G.M. The biological effects and digestible energy value of a sugar-beet fibre preparation in the rat. *Br. J. Nutr.*, 1990, **64**, 187-199.
- JUDD P.A., TRUSWELL A.S. The hypocholesterolaemic effects of pectins in rats. *Br. J. Nutr.*, 1985, **53**, 409-425.
- KENDALL P.T., HOLME D.W. Studies on the digestibility of soya-bean products, cereals, cereal and plant by-products in diets of dogs. *J. Sci. Food Agric.*, 1982, **33**, 813-822.
- KRITCHEVSKY D., TEPPER S.A., SATCHITHANANDAM S., CASSIDY M.M., VAHOUNY G.V. Dietary fibre supplements : effects on serum and liver lipids and on liver phospholipid composition in rats. *Lipids*, 1988, **23**, 318-321.
- KROTKIEWSKI M. Effect of guar gum on body-weight, hunger ratings and metabolism in obese subjects. *Br. J. Nutr.*, 1984, **52**, 97-105.
- LANGKILDE A.M., ANDERSSON H., BOSACUS I. Sugar beet fibre increases cholesterol and reduces bile acid excretion from the small bowel. *Br. J. Nutr.*, 1993, **70**, 757-766.
- 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.
- LIENER I.E. Antinutritional factors in legume seeds : state of the art. In : Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds, 1989, J. Huisman, T.F.B. Van der Poel, I.E. Liener Editors, Wageningen : Pudoc, 6-13.
- LINDEMANN M.D., KORNEGAY E.T., MOORE R.J. Digestibility and feeding value of peanut hulls for swine. *J. Anim. Sci.*, 1986, **62**, 412-421.
- LOPEZ-GUISA J.M., HARNED M.C., DUBIELZIG R., RAO S.C., MARLETT J.A. Processed oat hulls as potential dietary fibre sources in rats. *J. Nutr.*, 1988, **118**, 953-962.
- LOSOWSKY M.S. Effects of dietary fibre on intestinal absorption. In : Dietary fibre : current developments of importance to health, Kellogg symposium, December 1977, Edited by K.W. Heaton.
- MAZUR A., GUEUX E., FELGINES C., BAYLE D., NASSIR F., DEMIGNE C., REMESY C. Effects of dietary fermentable fibre on fatty acid synthesis and triglyceride secretion in rats fed fructose based diet : studies with sugar beet fibre. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 1992, **199**, 345-350.
- MONGEAU R., SIDDIQUI I.R., EMERY J., BRASSARD R. Effect of dietary fibre concentrated from celery, parsnip and rutabaga on intestinal function, serum cholesterol and blood glucose response in rats. *J. Agric. Food Chem.*, 1990, **38**, 195-200.
- 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.

- MOORE R.J., KORNEGAY E.T., LINDEMAN N. Effect of dietary oat hulls or wheat bran on mineral utilization in growing pigs fed diets with or without solinomycin. *Can. J. Anim. Sci.*, 1986, **66**, 267-276.
- NEWTON G.L., HALE O.M., PLANK C.O. Effect of wheat bran in practical diets on mineral absorption by pigs at two ages. *Can. J. Anim. Sci.*, 1983, **63**, 399-408.
- NISHINA P.M., FREEDLAND R.A. The effects of dietary fibre feeding on cholesterol metabolism in rats. *J. Nutr.*, 1990, **120**, 800-805.
- NISHINA P.M., SCHNEEMAN B.O., FREEDLAND R.A. Effects of dietary fibres on nonfasting plasma lipoprotein and apolipoprotein levels in rats. *J. Nutr.*, 1991, **121**, 431-437.
- OGUNWOLE J.O., KNIGHT E.M., ADKINS J.S., THOMASKUTTY K.G., POINTER R.H. Dietary fibre and nutrient interaction : differential glucose, insulin, triacylglycerol and cholesterol response. *Nutrition Reports International*, 1987, **35**, 1229-1241.
- POKSAY K.S., SCHNEEMAN B.O. Pancreatic and intestinal response to dietary guar gum in rats. *J. Nutr.*, 1983, **113**, 1544-1549.
- PROSKY L., ASP N.G., DEVRIES J.W., SCHWEIZER T.F., HARLAND B.F. Determination of total dietary fibre in foods, food products and total diets : interlaboratory study. *JAOAC Int.*, 1984, **67**, 1044-1052.
- REINHOLD J.G., KFOURY G.A., GHALANBOR M.A., BENNETT, J.C. Zinc and copper concentrations of hair of Iranian villagers. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1966, **18**, 294-300.
- RUSSELL R.I., MOSS R.R., FARAH D.A., WYATT J.C. The effects of fibre and phytate on zinc absorption in normal subjects. *Proc. Nutr. Soc.*, 1984, 18 (abstract).
- SCHNEEMAN B.O., CIMMARUSTI J., COHEN W., DOWNES L., LEFEVRE M. Composition of high density lipoproteins in rats fed various dietary fibres. *J. Nutr.*, 1984, **114**, 1320-1326.
- SCHNEEMAN B.O., GALLAHER D. Effects of dietary fibre on digestive enzyme activity and bile acids in the small intestine. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 1985, **180**, 409-414.
- SCHNEEMAN B.O., GALLAHER D. Effects of dietary fibre on digestive enzymes. In: Handbook of dietary fibre in human nutrition, G.A. Spiller, *CRC Press Boca Raton*, 1986, 305-312.
- SCHNEEMAN B.O. Dietary fibre and gastrointestinal function. *Nutr. Rev.*, 1987, **45**, 129.
- SIGLEO S., JACKSON M.J., VAHOUNY G.V. Effects of dietary fibre constituents on intestinal morphology and nutrient transport. *Am. J. Physiol.*, 1984, **246**, 34-39.
- SLAVIN J.L., MARLETT J.A. Effect of refined cellulose on apparent energy, fat and nitrogen digestibilities. *J. Nutr.*, 1980, **110**, 2020-2026.

- STOCK-DAMGE C., BOUCHET P., DENTINGER A., APRAHAMIAN M., GRENIER J.F. Effect of dietary fiber supplementation on the secretory function of the exocrine pancreas in the dog. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1983, **38**, 843-848.
- SUNVOLD G.D., FAHEY G.C., MERCHEN N.R., TITGEMEYER E.C., BOURQUIN L.D., BAUER L.L., RENHART G.A. Dietary fibre for dogs : IV. In vitro fermentation of selected fibre sources by dog fecal inoculum and in vivo digestion and metabolism of fibre-supplemented diets. *J. Anim. Sci.*, 1995, **73**, 1099-1109.
- TREDGER J.A., MORGAN L.M., TRAVIS J., MARKS V. The effects of guar gum, sugar beet fibre and wheat bran supplementation on serum lipoprotein in normocholesterolaemic volunteers. *J. Hum. Nutr. Diet.*, 1991, **4**, 375-384.
- TINKER L.F., DAVIS P.A., SCHNEEMAN B.O. Prune fibre or pectin compared with cellulose lowers plasma and liver lipids in rats with diet induced-hyperlipidemia. *J. Nutr.*, 1994, **124**, 31-40.
- VAREL V.H., ROBINSON I.M., JUNG H.J.G. Influence of dietary fibre on xylanolytic and cellulolytic bacteria of adult pigs. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1987, **53**, 22-26.
- VIGNE J.L., LAIRON D., BOREL P., PORTUGAL H., PAULI A.M., HAUTON J.C., LAFONT H. Effect of pectin, wheat bran and cellulose on serum lipids and lipoproteins in rats fed on a low or high fat diet. *Br. J. Nutr.*, 1987, **58**, 405-413.
- WALKER J.A., HARMON D.L., GROSS K.L., COLLINGS G.F. Evaluation of nutrient utilization in canine using the ileal cannulation technique. *J. Nutr.*, 1994, **124**, 2672S-2676S.
- WARD A.T., REICHERT R.D. Comparison of the effect of cell wall and hull fibre from canola and soybean on the bioavailability for rats of minerals, protein and lipid. *Br. J. Nutr.*, 1986, **116**, 233-241.
- WISKER E., KNUDSEN K.E.B., DANIEL M., FELDHEIM W., EGGUM B.O. Digestibilities of energy, protein, fat and nonstarch polysaccharides in a low fiber diet and diets containing coarse or fine whole meal rye are comparable in rats and humans. *J. Nutr.*, 1996, **126**, 481-488.
- ZHAO X., JØRGENSEN H., EGGUM B.O. The influence of dietary fibre on body composition, visceral organ weight, digestibility and energy balance in rats housed in different thermal environments. *Br. J. Nutr.*, 1995, **73**, 687-699.



## Chapitre 5

**Fibres alimentaires chez le chien : V. Effets sur le métabolisme glucidique. Application dans le traitement du diabète**

M. Diez, L. Istasse

*Ann. Méd. Vét.*, 1997, **141**, 273-280**Résumé**

Certaines fibres alimentaires présentent des effets hypoglycémisants et/ou hypoinsulinémisants chez l'homme et chez les carnivores. Ces propriétés sont actuellement exploitées pour le traitement du diabète sucré dans ces 2 espèces. Enfin, le traitement diététique du chien diabétique est présenté en insistant particulièrement sur l'utilité des fibres alimentaires dans cette pathologie.

**Summary**

Dietary fibres in dogs : V. Effects on glucose metabolism and use in the treatment of diabetes mellitus.

Some dietary fibres are characterized by hypoglycaemic and hypoinsulinemic effects in humans and in carnivores. At present, these properties are used in the treatment of diabetes mellitus in both species. Finally, the dietary treatment of the diabetic dog is presented with a particular emphasis on the use of dietary fibres.

## **§5.1. Introduction**

Les fibres alimentaires incorporées dans l'alimentation de l'homme pour améliorer son état de santé ou son hygiène digestive induisent des effets systémiques sur les métabolismes glucidique et lipidique. L'objet de ce cinquième article est d'étudier l'influence des fibres alimentaires sur le contrôle de la glycémie et de l'insulinémie. Auparavant, les particularités du métabolisme glucidique des carnivores seront présentées. Enfin, l'application thérapeutique des fibres alimentaires sera développée chez le chien dans le cadre du diabète sucré.

## **§5.2. Evolution des taux de glucose et d'insuline chez le chien**

Le chien est l'animal le plus utilisé comme modèle pour l'étude du diabète sucré. Par conséquent, de nombreuses expériences ont été réalisées afin de déterminer les profils glycémiques et insulinémiques d'animaux sains.

La glycémie à jeun d'un animal adulte sain se situe généralement entre 0,8 et 1,2 g/l selon la méthode de dosage utilisée (Bennet et Coon 1966; Belo *et al.*, 1976; Goriya *et al.*, 1981; Feldman et Nelson, 1987). Ces valeurs varient peu en fonction de la composition ou de la taille de la ration (Goriya *et al.*, 1981). Bennet et Coon (1966) ont distribué à des chiens des sources d'hydrates de carbone différentes comme du dextro-maltose, du saccharose, du lactose et du sirop de maïs, l'extractif non azoté représentant 54% des apports énergétiques. Au bout de 10 jours de traitement, les glycémies des animaux à jeun étaient semblables. Holste *et al.* (1989) ont également constaté des glycémies à jeun semblables en distribuant 3 types de rations : humide, semi-humide et sèche; les teneurs en hydrates de carbone étant respectivement de 33, 54 et 45% de la matière sèche (MS). La teneur en hydrates de carbone de la ration peut varier de 0 à 62% sans influencer de façon significative la glycémie à jeun et l'évolution postprandiale du glucose et de l'insuline. Ceci a notamment été observé sur une période de 8 mois chez des chiens Beagle en croissance âgés de 2 mois au début du test (Belo *et al.*, 1976; Romsos *et al.*, 1976).

L'évolution de la glycémie postprandiale présente aussi quelques particularités. De façon générale, une hyperglycémie postprandiale (>1,3 g/l) ne peut être mise en évidence chez des animaux sains (Goriya *et al.*, 1981; Holste *et al.*, 1989). En apportant 54% des apports énergétiques sous forme de saccharose, Bennet et Coon (1966) ont constaté une glycémie



maximale de 1,12 g/l 30 minutes après le repas. Selon Holste *et al.* (1989), les aliments semi-humides, riches en sucres solubles peuvent induire des pics plus importants qu'un aliment sec ou humide, mais les surfaces sous la courbe sont semblables. De même l'utilisation d'un aliment sec peut augmenter le temps nécessaire pour l'observation d'un pic de glucose postprandial, en comparaison à un aliment humide, mais les autres paramètres (glycémie maximale, surface sous la courbe) sont semblables (Nguyen *et al.*, 1994). La quantité de nourriture ingérée influence peu la glycémie postprandiale (Goriya *et al.*, 1981; Holste *et al.*, 1989). La distribution de 2 repas différents, de 700 ou 1400 kilocalories (Kcal), à des animaux pendant 10 jours n'a pas modifié les taux d'absorption du glucose mais bien la durée. En effet, la hauteur des pics était semblable mais leur durée était plus faible pour le petit repas (Holste *et al.*, 1989). Dans toutes les expériences décrites, après une augmentation passagère, le retour à une glycémie normale s'effectue en 2 à 5 heures selon le type d'hydrate de carbone ingéré. La figure 5.1 illustre les variations des concentrations plasmatiques en glucose et en insuline au cours des 6 heures qui suivent le repas chez 8 chiens recevant une ration ménagère complète et équilibrée (Diez *et al.*, 1994).

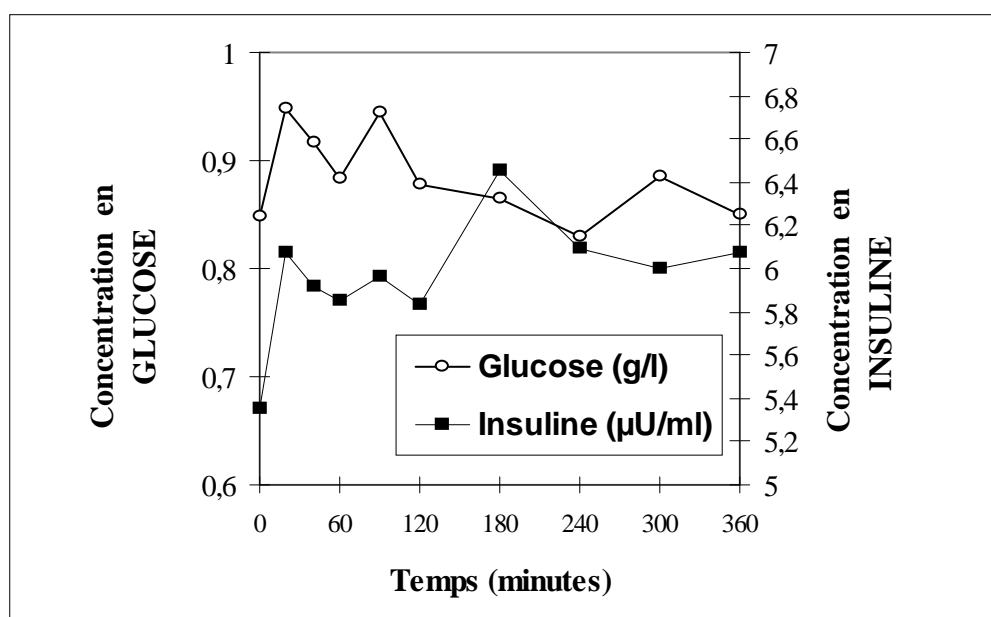


Figure 5.1.— Evolution des concentrations plasmatiques postprandiales en glucose et en insuline obtenues chez 8 chiens adultes de race Beagle en bonne santé recevant une ration ménagère complète et équilibrée.

Le chien adulte présente donc un très bon contrôle de sa glycémie. L'observation des canidés sauvages peut expliquer ce mécanisme. Dans la nature, les canidés chassent et ingèrent leur proie rapidement et en un seul repas, grâce à leur grande capacité stomacale. En

effet, l'estomac représente 62% de la portion digestive post-diaphragmatique. Le processus de digestion débute et l'estomac sera normalement vide 8 à 12 heures après le repas. En milieu naturel, les animaux sont dépendants de ce qu'ils trouvent et à certains moments de l'année, les périodes de disette peuvent être longues de plusieurs jours. Après 2 ou 3 semaines de jeûne, on n'observe pas d'hypoglycémie chez les animaux adultes (Mattheeuws *et al.*, 1987) alors que ce contrôle fin de la glycémie n'existe pas encore chez les jeunes animaux (Lewis *et al.*, 1987). En condition expérimentale de jeûne d'animaux adultes sains, les taux d'utilisation du glucose diminuent alors que les acides gras et les corps cétoniques sont utilisés de façon beaucoup plus efficiente que chez l'homme (Brady *et al.*, 1977; De Bruijne *et al.*, 1977, 1981 et 1986).

Le taux d'insuline mesuré à jeun est de 5 à 10  $\mu\text{UI/ml}$  (Goriya *et al.*, 1981; Holste *et al.*, 1989). Néanmoins, avec un aliment semi-humide, riche en saccharose, Holste a constaté une insulïnémie à jeun de 21  $\mu\text{UI/ml}$ . D'autres auteurs citent des chiffres plus élevés : de 9 à 22  $\mu\text{UI/ml}$  (Hendriks *et al.*, 1976) ou 5 à 25  $\mu\text{UI/ml}$  (Feldman et Nelson, 1987).

L'insulïnémie postprandiale est caractérisée par une sécrétion biphasique (Holste *et al.*, 1989). Le premier pic apparaît très rapidement, peut atteindre 2 à 3 fois le niveau de base et n'est plus observable après 5 minutes. Des temps d'échantillonnage trop espacés ne permettent pas son observation (Figure 1). Ensuite, une deuxième phase débute, soit sous forme d'un pic rapide et élevé, observé avec des aliments semi-humides riches en sucres solubles ou sous forme d'une augmentation plus lente, avec des paliers. Le retour au niveau de base nécessite plusieurs heures. Néanmoins, selon Goriya *et al.* (1981), les variations individuelles sont larges et l'interprétation assez difficile. L'augmentation rapide et importante de l'insuline après le repas permet l'utilisation périphérique du glucose et explique en partie un contrôle aussi fin de la glycémie chez le chien (Goriya *et al.*, 1981). Olefsky *et al.* (1973) ont utilisé une technique de perfusion de glucose durant 6 heures et ont montré que celui-ci n'était pas le stimulus primaire pour la sécrétion d'insuline chez le chien. Goriya *et al.* (1981) tirent les mêmes conclusions et émettent une hypothèse sur le rôle des acides aminés et des hormones intestinales. Des études réalisées chez l'homme confirment cette hypothèse. Gulliford *et al.* (1989) ont observé qu'un taux élevé de protéines dans les aliments augmentait la sécrétion d'insuline chez des patients diabétiques et que ces effets étaient dus aux acides aminés. Selon Nuttall et Gannon (1990) la réponse de l'insuline est corrélée à la présence de protéines rapidement digérées et elle n'apparaît pas avec des protéines moins digestibles. Chez le chien, l'ingestion de viande stimule la production d'insuline (Ishida *et al.*, 1983). Selon Nguyen *et al.* (1994), la sécrétion d'insuline est corrélée à la teneur en protéines et en

hydrate de carbone de la ration. Chez le chien, il faut donc conclure qu'on ne peut lier uniquement la sécrétion d'insuline à la quantité ou à la composition chimique des hydrates de carbone de la ration.

### **§5.3. Influence des fibres alimentaires sur la glycémie et l'insulinémie**

#### **§5.3.1. Effets chez le chien**

L'introduction de fibres alimentaires pendant plusieurs jours ou semaines ne semble pas induire de modification de la glycémie ou de l'insulinémie chez l'animal à jeun. Aucun effet n'a été rapporté avec des rations enrichies en cellulose, pectines ou gomme de guar à des taux d'incorporation de 3,5% dans la MS (Istasse *et al.*, 1990) et avec un mélange de gomme de guar et de fibres de pois à une dose de 15% de la MS (Maskell *et al.*, 1994). Le petit nombre de données ne permet cependant pas de tirer des conclusions définitives. D'autre part, l'addition de fibres dans une ration peut également induire une perte de poids et influencer les concentrations plasmatiques de l'insuline et du glucose (Nelson *et al.*, 1991).

Par contre, l'évolution de la glycémie postprandiale peut être modifiée dans une certaine mesure par l'ajout de fibres. L'incorporation de 15-20% dans la MS de gomme de guar dans un seul repas-test constitué d'un régime commercial proposé à 6 chiens a permis de supprimer l'hyperglycémie postprandiale chez 4 animaux et d'en réduire l'importance chez les 2 animaux restant (Blaxter *et al.*, 1990; Papanouliotis *et al.*, 1993). Des effets de même type mais plus modérés ont été observés avec le son de blé par les mêmes auteurs. Un mélange de fibres de pois (10% TDF -Total dietary fiber- dans la MS) et de gomme de guar (5% TDF dans MS) n'a pas induit de modification de la glycémie postprandiale mesurée pendant 360 minutes, par rapport à un groupe témoin (5,5% TDF dans MS) (Maskell *et al.*, 1994). Le manque d'effet constaté dans cette expérience peut être mis en relation avec la plus faible concentration en fibres. Les variations postprandiales de l'insuline plasmatique sont également influencées par la présence des fibres alimentaires. Dans l'expérience de Maskell *et al.* (1994), les profils étaient semblables pour les animaux témoins et ceux recevant le mélange de gomme de guar et de fibres de pois : apparition d'un pic sérique 30 minutes après le repas. Cependant la hauteur du pic était plus importante avec le repas témoin.

### §5.3.2. Comparaison avec les autres espèces

**Chez l'homme**, plusieurs enquêtes épidémiologiques ont démontré que la prévalence du diabète sucré était fortement diminuée dans les pays en voie de développement où l'alimentation est constituée de produits céréaliers riches en fibres alimentaires. Inversement, la fréquence de l'obésité et du diabète sucré augmente parallèlement à la consommation en sucres raffinés qui va de pair avec une diminution de l'apport en fibres alimentaires. Les conclusions des enquêtes épidémiologiques ont suscité un grand intérêt si bien que plusieurs équipes à travers le monde ont étudié l'influence des fibres alimentaires sur le métabolisme glucidique. Les fibres ont été utilisées dans les régimes sous plusieurs formes. L'incorporation d'aliments naturellement riches en fibres comme des fruits, légumes et céréales non raffinées pendant une période de 10 jours a provoqué une diminution de la glycémie postprandiale chez des patients diabétiques non insulino-dépendants (Miranda et Horwitz, 1978) et a même permis de diminuer ou supprimer les injections d'insuline exogène de patients diabétiques insulino-dépendants (Anderson *et al.*, 1980). Dans cette expérience, les apports en fibres étaient respectivement de 11 et 34 g par 1000 Kcal pour le régime contrôle et le régime testé. Les glycémies à jeun des patients diabétiques étaient également modifiées : 152 mg/dl pour le régime enrichi en fibres vs 178 mg/dl pour le régime témoin. L'ajout de graines de coton riches en cellulose a également amélioré la tolérance au glucose chez des patients diabétiques non insulino-dépendants (Madar *et al.*, 1988). Selon Landin *et al.* (1992), les fibres n'induisent normalement pas de modifications de la glycémie à jeun chez les individus sains à moins que des doses importantes ne soient utilisées. La gomme de guar, ajoutée sous forme purifiée en complément au moment du repas permet d'améliorer la tolérance au glucose en diminuant l'hyperglycémie postprandiale et en améliorant l'hypoglycémie réactionnelle (Monnier *et al.*, 1983). L'effet hypoglycémiant de la gomme de guar a été mis en évidence par plusieurs auteurs chez l'individu sain (Jenkins *et al.*, 1977; Wolever *et al.*, 1979; Morgan *et al.*, 1979; Blackburn *et al.*, 1984; Gatti *et al.*, 1984; Edwards *et al.*, 1987; Morgan *et al.*, 1988; Landin *et al.*, 1992; Fairchild *et al.*, 1996), chez le patient diabétique, (Morgan *et al.*, 1979; Anderson *et al.*, 1980; Gatti *et al.*, 1984) et chez l'individu obèse (Krotkiewski, 1984). Dans les expériences précitées, plusieurs présentations de gomme de guar ont été testées : granulés, boissons et même incorporation directe dans les aliments. Dans certains cas, la gomme de guar a aussi permis de diminuer les taux d'insuline plasmatique après le repas (Jenkins *et al.*, 1977; Gatti *et al.*, 1984; Morgan *et al.*, 1988; Landin

*et al.*, 1992). D'autres gomme ont également un effet de régulation de la glycémie chez l'homme. Edwards *et al.* (1987) ont montré qu'un mélange en proportions égales de gomme de caroube et de xanthane était efficace pour diminuer les taux de glucose postprandial d'individus sains. La gomme de caroube est également utile chez le patient diabétique non insulino-dépendant puisqu'elle induit une diminution de la réponse glycémique suite à l'ingestion d'aliments riches en hydrates de carbone (Feldman *et al.*, 1995). Les pectines peuvent également diminuer la glycémie postprandiale chez l'homme (Jenkins *et al.*, 1977) à condition que les doses utilisées ne soient pas trop faibles. Une dose journalière de 2,2 g n'a pas modifié la glycémie chez des individus sains (Frape et Jones, 1995). Cependant, le rôle des pectines ne se limite pas à une diminution de l'hyperglycémie postprandiale, il s'agit plutôt d'un rôle régulateur. Jenkins *et al.* (1980), ont montré qu'elles étaient aussi utiles pour limiter les crises hypoglycémiques observées après une chirurgie gastrique. Cet effet traduit le ralentissement de l'absorption du glucose au niveau gastro-intestinal. La fibre de betterave, peut aussi améliorer la tolérance au glucose (Cherbut *et al.*, 1994) mais ses effets sont moins prononcés que ceux de la gomme de guar : elle ne présente pas d'effet sur la sécrétion d'insuline (Morgan *et al.*, 1988; Frape et Jones, 1995). La fibre de betterave contient environ 25% de pectines ce qui peut expliquer son effet hypoglycémiant. Rumessen *et al.* (1990) ont également montré que des fructanes purifiés induisaient des réponses glycémique et insulinémique moins importantes que le fructose.

**Chez le porc**, la cellulose ne présente pas d'effet hypoglycémiant (Nunes et Malmlof, 1992). Par contre, la gomme de guar permet de diminuer les taux sériques de glucose et d'insuline mesurés après le repas (Malmlof *et al.*, 1989; Leclère *et al.*, 1991; Nunes et Malmlof, 1992). Cet effet sur l'insulinémie augmente avec la viscosité de la fibre (Leclère *et al.*, 1991).

**Chez le rat**, une augmentation graduelle du taux de cellulose dans l'aliment, de 5 à 30%, induit une diminution des taux sériques de l'insuline et du glucose mesurés chez des animaux à jeun (Ogunwole *et al.*, 1987). La dose de 6% de fibres purifiées à prédominance insolubles apparaît cependant insuffisante pour provoquer des effets métaboliques (Mongeau *et al.*, 1990). Une fibre soluble, la méthylcellulose a permis de diminuer la glycémie à jeun chez le rat. Parmi les trois niveaux de viscosité testée, les formes de haute et moyenne viscosités ont produit un effet hypoglycémiant (Topping *et al.*, 1988).

De façon générale, les fibres solubles présentent donc un effet hypoglycémiant et/ou hypoinsulinémiant dans les différentes espèces alors que le rôle des fibres insolubles est beaucoup moins clair. Il faut souligner que les fibres solubles sont toujours testées sous une forme purifiée alors que les fibres insolubles se présentent sous différentes formes. Les fibres naturelles des aliments seraient sans doute physiologiquement plus efficaces, en particulier en ralentissant les processus de digestion, car elles sont intimement liées aux éléments structuraux des aliments (Maskell *et al.*, 1994). Par contre, l'ajout de fibres purifiées permet d'en augmenter les quantités ingérées. Selon la plupart des auteurs précités, l'action hypoglycémiant des fibres est en rapport avec leur degré de viscosité et leur solubilité.

#### **§5.4. Application clinique dans le traitement du diabète sucré chez le chien**

Le but de ce chapitre n'est pas d'évoquer les causes, l'incidence, les symptômes du diabète sucré chez les carnivores. Seul le traitement diététique sera discuté, et plus précisément le rôle des fibres alimentaires. Rappelons au préalable que le chien diabétique développant des symptômes cliniques présente généralement une glycémie constamment supérieure à 2-2,5g/l (Feldman et Nelson, 1987). Le but du traitement est donc de maintenir la glycémie à un niveau proche de 1,0 g/l et de diminuer les variations postprandiales à l'aide d'un régime, de médicaments hypoglycémiant, d'exercice et d'insuline exogène si nécessaire (Nelson, 1992). Les paramètres suivants seront pris en considération pour l'établissement de la ration : apports caloriques, types d'aliments, modalités de distribution, composition et contenu en fibres alimentaires.

Les apports caloriques seront strictement contrôlés en fonction du poids idéal de l'animal. Si une surcharge pondérale est constatée, les apports caloriques seront limités jusqu'à l'obtention du poids désiré. Dans ce cas précis, l'animal sera suivi de façon régulière. En effet la diminution du poids peut s'accompagner d'une diminution des besoins en insuline exogène (Nelson, 1989a et b).

Le type d'aliment influence également la réponse glycémique (Holste *et al.*, 1989). Les aliments semi-humides contiennent des sucres simples en quantités non négligeables et peuvent induire une hyperglycémie postprandiale plus importante que les aliments humides ou secs. On évitera donc de les distribuer à des animaux diabétiques.

L'établissement d'un schéma de distribution des repas a pour but de déterminer l'heure idéale du repas en fonction du moment d'administration de l'insuline. Il s'agit d'optimiser

l'action de l'insuline de façon à éviter une hyperglycémie postprandiale importante. Nelson (1988) conseille de diviser la ration journalière en 3 à 4 petits repas administrés au moment où l'insuline exogène est suffisamment active pour la métabolisation des nutriments. La distribution de 2 repas par jour peut également être préconisée. Le type d'insuline et les quantités administrées ne sont donc pas les seuls facteurs à prendre en considération. La régularité des repas, tant au point de vue composition et moment de distribution ainsi que la régularité de l'exercice sont des éléments majeurs de la réussite du traitement.

La composition idéale de la ration en glucides, lipides et protides n'est actuellement pas connue chez le chien diabétique. La teneur en lipides est limitée à 15% de la MS de façon arbitraire. En effet, les animaux diabétiques présentent fréquemment des troubles du métabolisme des lipides, notamment une hypercholestérolémie. Le concept du régime à teneur nulle en glucides qui prévalait dans le traitement du diabète de l'homme dans les années 30 est actuellement dépassé. En effet, les glucides complexes constituent actuellement une partie importante de la ration. Le terme glucides complexes désigne l'amidon et les fibres alimentaires. L'amidon est lentement digéré et l'absorption du glucose est étalée dans le temps.

Néanmoins, chez l'homme, le concept d'hydrates de carbone à digestion lente est maintenant complété par la notion d'index glycémique. L'index glycémique (IG) a été proposé en 1981 comme méthode de prédiction de la réponse glycémique suite à l'ingestion d'aliments contenant des portions déterminées d'hydrates de carbone (Jenkins *et al.*, 1981). L'IG d'un aliment est défini comme la réponse glycémique suite à l'ingestion d'une portion de 50 g d'hydrates de carbone digestibles exprimée en pourcentage de la réponse après l'ingestion par le même individu d'une portion de 50 g d'amidon sous forme de pain blanc.

$$\text{IG aliment x} = \frac{\text{augmentation de la glycémie après ingestion de l'aliment x apportant 50 g d'hydrates de carbone}}{\text{augmentation de la glycémie après ingestion d'une portion de pain blanc apportant 50 g d'amidon}}$$

Les aliments présentant les IG les plus faibles chez l'homme sont, par comparaison au pain blanc (IG = 100), les céréales entières (IG = 70 selon le type), les pâtes (IG = 46-72), les légumes - à l'exception des carottes - (IG = 68 à 74 pour les pois) ou les fruits (IG = 48 à 57 pour les pommes) (Jenkins *et al.*, 1988). L'index glycémique est un concept exploité dans le

traitement diététique des patients diabétiques et dans certains régimes et confirme l'utilité des régimes à hautes teneurs en fibres et hydrates de carbone (Wolever et Jenkins, 1986). L'IG est cependant contesté parce que d'une part, les réponses individuelles peuvent être très variables et d'autre part, l'évolution de la glycémie après l'absorption d'un repas complet est différente des changements induits par l'absorption d'un seul type d'hydrate de carbone (Jenkins *et al.*, 1988). A l'heure actuelle, les IG ne sont pas appliqués chez le chien sain ou diabétique. Chez le chien, Nelson *et al.* (1991) ont montré que le contrôle de la glycémie était amélioré avec des régimes à teneur élevée en fibres et dans lesquels plus de 50% de l'énergie provenait des hydrates de carbone. Les auteurs recommandent donc également ceux-ci dans l'alimentation de l'animal diabétique. Chez le chat, les apports protéiques et lipidiques étant plus élevés, les quantités d'hydrates de carbone digestibles utilisées dans les régimes riches en fibres sont donc limitées.

L'incorporation de fibres dans les rations permet également d'améliorer le contrôle de la glycémie chez des animaux présentant un diabète spontané (Blaxter *et al.*, 1990; Graham *et al.*, 1993) ou induit (Nelson *et al.*, 1991). La gomme de guar ajoutée à raison de 20 g par jour a permis de réduire l'hyperglycémie postprandiale pendant 4 heures chez des animaux diabétiques. Cet effet est semblable à ce qui a été décrit chez l'homme (Blaxter *et al.*, 1990). Néanmoins, cette dose est élevée et peut provoquer de la diarrhée. L'utilisation d'un autre type de fibre soluble, les pectines, a également permis d'améliorer les fluctuations de la glycémie pendant 24 heures chez des chiens présentant un diabète induit avec de l'alloxane (Nelson *et al.*, 1991). Dans la même expérience, un régime riche en fibres insolubles a été comparé à un régime enrichi en fibres solubles. Selon les auteurs, il n'existe pas de différence entre les fibres solubles et insolubles quant à l'effet sur la glycémie postprandiale et un apport supérieur à 50 g de fibres totales par 1000 Kcal d'énergie métabolisable (15 à 20 % de la MS) est recommandé chez les animaux diabétiques (Nelson *et al.*, 1991). Un régime commercial composé d'un mélange de fibres solubles et insolubles (gomme de guar et fibres de pois) a également permis de contrôler la glycémie chez des chiens présentant un diabète spontané (Graham *et al.*, 1994). Nelson *et al.*, (1994) ont testé un aliment commercial riche en fibres insolubles (cellulose) chez des chats diabétiques pendant 18 semaines et ont conclu l'existence d'un meilleur contrôle de la glycémie chez 9 animaux sur 13. Ces résultats nous montrent que le débat sur le choix du type de fibre, soluble ou insoluble, est loin d'être clos. D'autre part, dans une même espèce, les fibres peuvent induire des effets différents chez l'individu sain ou diabétique. Ensuite, les effets des fibres sur le métabolisme glucidique ne peuvent être



directement transposés d'une espèce à l'autre. Il semble cependant que l'association de fibres solubles et insolubles constitue un choix judicieux dans le traitement du diabète du chien.

L'expérimentation des fibres chez des chiens diabétiques se heurte à plusieurs problèmes : incidence relativement faible de cette maladie chez le chien, présence de maladies concomitantes chez des animaux âgés, difficulté de convaincre les propriétaires de modifier le régime et contrôle impossible des ingestions à domicile. Ces différents points expliquent le peu de données relatives à ce sujet. De plus, même si la nécessité d'ajouter des fibres alimentaires dans les rations des chiens diabétiques n'est pas remise en question, les applications sont souvent plus difficiles. En effet, les inconvénients des fibres alimentaires (appétabilité faible et augmentation du volume des fèces) découragent les propriétaires. Cependant, le grand choix de régimes commerciaux, humides ou secs, peut aider le praticien à assurer un suivi efficace du chien diabétique. Les rations ménagères sont déconseillées en raison de la difficulté à les maintenir constantes durant de longues périodes, en termes d'ingrédients et de composition (Remillard *et al.*, 1992; Lewis *et al.*, 1987). Elles ne seront utilisées qu'en dernier recours, au cas où l'animal refuserait tout aliment commercial, et elles répondront aux spécificités mentionnées ci-dessus.

## **§5.5. Conclusions**

Les propriétés hypoglycémiantes des fibres alimentaires sont actuellement exploitées dans le traitement diététique du diabète sucré chez l'homme et chez le chien. Il paraît important de trouver des sources de fibres qui soient bien appréciées et tolérées tout en présentant une bonne efficacité dans le contrôle de la glycémie.

## **§5.6. Bibliographie**

ANDERSON J.W., CHEN W.J.L., SIELING B. Hypolipidemic effects of high-carbohydrate, high-fiber diets. *Metabolism*, 1980, **29**, 551-558.

BELO P.S., ROMSOS D.R., LEVEILLE G.A. Influence of diet on glucose tolerance, on the rate of glucose utilization and on gluconeogenic enzyme activities in the dog. *J. Nutr.*, 1976, **106**, 1465-1474.

BENNET M.J., COON E. Mellituria and postprandial blood sugar curves in dogs after the ingestion of various carbohydrates with the diet. *J. Nutr.*, 1966, **88**, 163-168.

- BLACKBURN N.A., REDFERN J.S., JARJIS H., HOLGATE A.M., HANNING I., SCARPELLO J.H.B., JOHNSON I.T., READ N.W. The mechanism of action of guar gum in improving glucose tolerance in man. *Clin. Sci.*, 1984, **66**, 329-336.
- 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.
- BRADY L.J., ARMSTRONG M.K., MUIRURI K.L., ROMSOS D.R., BERGEN W.G., LEVEILLE G.A. Influence of prolonged fasting in the dog on glucose turnover and blood metabolites. *J. Nutr.*, 1977, **107**, 1053-1061.
- CHERBUT C., BRULEY DES VARANNES S., SCHNEE M., RIVAL M., GALMICHE J.P., DELORT-LAVAL J. Involvement of small intestinal motility in blood glucose response to dietary fibre in man. *Br. J. Nutr.*, 1994, **71**, 675-685.
- DE BRUIJNE J.J., LUBBERINK A.A.M.E. Obesity. Current Veterinary Therapy VI, 1977, Kirk R.W. ed., 1068-1070.
- DE BRUIJNE J.J., ALTSZULER N., HAMPSHIRE J., VISSER T.J., HACKENG W.H.L. Fat mobilization and plasma hormone levels in fasted dogs. *Metabolism*, 1981, **30**, 190-194.
- DE BRUIJNE J.J., VAN DEN BROM W.E. The effect of long-term fasting on ketone body metabolism in the dog. *Comp. Biochem. Physiol.*, 1986, **83**, 391-395.
- DIEZ M., MARCHE C., HORNICK J.L., BRUNDSEAUX C., ISTASSE L. Comparison between 3 sources of dietary fibre in dog's diet. Effects on digestibility and on plasma metabolites. Proceedings of the 4th European Society of Veterinary Internal Medicine Annual Congress, Bruxelles, Belgique, 1994, 166.
- EDWARDS C.A., BLACKBURN N.A., CRAIGEN L., DAVISON P., TOMLIN J., SUGDEN K., JOHNSON I.T., READ N.W. Viscosity of food gums determined *in vitro* related to their hypoglycemic actions. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1987, **46**, 72-77.
- 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.
- FELDMAN N., NORENBURG C., VOET H., MANOR E., BERNER Y., MADAR Z. Enrichment of an Israeli ethnic food with fibres and their effects on the glycaemic and insulinaemic responses in subjects with non-insulin dependent diabetes mellitus. *Br. J. Nutr.*, 1995, **74**, 681-688.
- FRAPE D.L., JONES A.M. Chronic and postprandial responses of plasma insulin, glucose and lipids in volunteers given dietary fibre supplements. *Br. J. Nutr.*, 1995, **73**, 733-751.

- 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.
- GORIYA Y., BAHORIC A., MARLISS E.B., ZINMAN B., ALBISSER A.M. Diurnal metabolic and hormonal responses to mixed meals in healthy dogs. *Am. J. Physiol.*, 1981, **240**, E54-E59.
- GRAHAM P.A., MASKELL I.E., NASH A.S. The effects of feeding a commercially produced high fibre diet on post-prandial glycaemia in naturally occurring diabetic dogs. B.S.A.V.A. Congress Proceedings, 1993, 195 (Abstract).
- 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.
- GULLIFORD M.C., BICKNELL E.J., SCARPELLO J.H. Differential effect of protein and fat ingestion on blood glucose responses to high - and low - glycemic index carbohydrates in non-insulin dependent diabetic subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1989, **50**, 773-777.
- HENDRIKS J.H., TEUNISSEN G.H.B., SCHOPMAN W., HACKENG W.H.L., ANTONISSE H.W. Studies of glucose and insulin levels in the blood of normal and diabetic dogs. *Zbl. Vet. Med.*, 1976, **23**, 206-216.
- 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.
- ISHIDA T., CHOU J., LEWIS R.M., HARTLEY C.J., ENTMAN M., FIELD J.B. The effect of ingestion of meat on hepatic extraction of insulin and glucagon and hepatic glucose output in conscious dogs. *Metabolism*, 1983, **32**, 558-567.
- ISTASSE L., DE HAAN V., BECKERS J.F., VAN EENAEME C., BIENFAIT J.M. Effects of cellulose, pectin and guar gum on plasma insulin and metabolites in resting dogs. *Proc. Nutr. Soc.*, Aberdeen, 1990, **49**, 147 (Abstract).
- 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., BLOOM S.R., ALBUQUERQUE R.H., LEEDS A.R., SARSON D.L., METZ G.L., ALBERTI K.G.M.M. Pectin and complication after gastric surgery : normalisation of postprandial glucose and andocrine responses. *Gut*, 1980, **21**, 574-579.
- JENKINS D.J.A. WOLEVER T.M.S., TAYLOR R.H., BARKER H., FIELDEN H., BALDWIN J.M., BOWLING A.C., NEWMAN H.C., JENKINS A .L., GOFF D.V. Glycemic index of foods : a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1981, **34**, 362-366.

- JENKINS D.J.A., WOLEVER T.M.S., JENKINS A.L. Starchy foods and glycemic index. *Diabetes care*, 1988, **11**, 149-159.
- 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.
- LECLERE C., DUBOIS C., CHAMP M., LAIRON D. Compared effects of the influence of the viscosity of three guar gums on plasma blood glucose, insulin and triglycerides in the pig. 28<sup>ème</sup> Réunion Ass. Française Nutrition, Dijon, 8-9 octobre 1991.
- LEWIS L.D., MORRIS M.L. JR, HAND M.S. Alimentation clinique des petits animaux. Mark Morris Associates, 1987, Topeka, Kansas.
- MADAR Z., NIR M., TROSTLER N., NORENBORG C. Effects of cottonseed dietary fiber on metabolic parameters in diabetic rats and non-insulin-dependent diabetic humans. *J. Nutr.*, 1988, **118**, 1143-1148.
- MALMLÖF K., NUNES C.S., ASKBRANT S. Effects of guar gum on plasma urea, insulin and glucose in the growing pig. *Br. J. Nutr.*, 1989, **61**, 67-73.
- 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., HOORENS A., VERMEULEN A. The effects of prolonged fasting on glucose tolerance and insulin response to intravenous glucose in normal dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1987, **34**, 148-153.
- MIRANDA P.M., HORWITZ D.L. High fiber diets in the treatment of diabetes mellitus. *Ann. Int. Med.*, 1978, **88**, 482-486.
- MONGEAU R., SIDDIQUI I.R., EMERY J., BRASSARD R. Effect of dietary fiber concentrated from celery, parsnip and rutabaga on intestinal function, serum cholesterol and blood glucose response in rats. *J. Agric. Food Chem.*, 1990, **38**, 195-200.
- MONNIER L., AGUIRRE L., COLETTE C., CHENON D., ORSETTI A., MIROUZE J. Effets des fibres sur le métabolisme glucidique. *Cah. Nutr. Diét.*, 1983, **28**, 89-93.
- 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).

- 
- NELSON R.W. Dietary therapy for diabetes mellitus. *Comp. Cont. Educ.*, 1988, **10**, 1387-1392.
- NELSON R.W. Dietary therapy for canine diabetes mellitus. *Current Veterinary Therapy X*, R.W. Kirk Ed., 1989a, 1008-1012.
- NELSON R.W. The role of fiber in managing diabetes mellitus. *Vet. Med.*, 1989b, 1156-1160.
- 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.
- NELSON R.W. Dietary management of diabetes mellitus. *J. Small Anim. Pract.*, 1992, **33**, 213-217.
- NELSON R., SCOTT-MONCRIEFF C., DEVRIES S., DAVENPORT D., NEAL L. Dietary insoluble fiber and glycemic control of diabetic cats. Proceedings of the 12th ACVIM Forum, 1994, 996 (Abstract).
- NGUYEN P., DUMON H., BUTTIN P., MARTIN L., GOURO A.S. Composition of meal influences changes in postprandial incremental glucose and insulin in healthy dogs. *J. Nutr.*, 1994, **124**, 2707S-2711S.
- NUNES C.S., MALMLOF K. Glucose absorption, hormonal release and hepatic metabolism after guar gum ingestion. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 1992, **32**, 11-20.
- NUTTALL F.Q., GANNON M.C. Metabolic response to egg white and cottage cheese protein in normal subjects. *Metabolism*, 1990, **39**, 749-755.
- OLEFSKY J., BATCHELDER T., FARQUHAR J.W., REAVEN G.M. Dissociation of the plasma insulin response from the blood glucose concentration during glucose infusions in normal dogs. *Metabolism*, 1973, **22**, 1277-1286.
- OGUNWOLE J.O., KNIGHT E.M., ADKINS J.S., THOMASKUTTY K.G., POINTER R.H. Dietary fiber and nutrient interaction : differential glucose, insulin, triacylglycerol and cholesterol response. *Nutrition Reports International.*, 1987, **35**, 1229-1241.
- PAPASOULIOTIS K., MUIR P., GRUFFYDD-JONES T.J., CRIPPS P.J., BLAXTER A.C. The effects of short-term dietary fibre administration on oro-caecal transit time in dogs. *Diabetologia*, 1993, **36**, 207-211.
- REMILLARD R.L., MATZ M.E., SHELL L.G., RIGG D.L. Nutritional management of complicated cases of canine diabetes mellitus. *Comp. Cont. Educ.*, Edition Small Animal, 1992, **14**, 176-183.
- ROMSOS D.R., BELO P.S., BENNINK R., BERGEN G., LEVEILLE G.A. Effects of dietary carbohydrate, fat and protein on growth, body composition and blood metabolite levels in the dog. *J. Nutr.*, 1976, **106**, 1452-1464.

- RUMESSEN J.J., BODE S., HAMBERG O., GUDMAND-HOXER 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.
- TOPPING D.L., OAKENFULL D., TRIMBLE R.P., ILLMAN R.J. A viscous fibre (methylcellulose) lowers blood glucose and plasma triacylglycerols and increases liver glycogen independently of volatile fatty acid production in the rat. *Br. J. Nutr.*, 1988, **59**, 21-30.
- WOLEVER T.M.S., JENKINS D.J.A., NINEHAM R., ALBERTI K.G.M.M. Guar gum and reduction of postprandial glycaemia : effect of incorporation into solid food, liquid food and both. *Br. J. Nutr.*, 1979, **41**, 505-510.
- WOLEVER T.M.S., JENKINS D.J.A. Effect of dietary fiber and foods on carbohydrate metabolism. In : *Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition*, 1986, Ed. by G.A. Spiller, CRC Press, 87-119.



## Chapitre 6

**Fibres alimentaires chez le chien : VI. Effets sur le métabolisme lipidique et les sécrétions biliaires**

M. Diez, L. Istasse

*Ann. Méd.Vét.*, 1997, **141**, 363-372**Résumé**

Les fibres alimentaires ont la propriété de modifier les profils lipidiques chez l'homme. Les fibres solubles ou mixtes ont été particulièrement étudiées. Bien que des hyperlipémies soient diagnostiquées chez les chiens, leur traitement diététique a fait l'objet d'un nombre restreint de recherches. Les mécanismes d'action potentiels des fibres sont discutés et particulièrement leurs effets sur les sécrétions biliaires.

**Summary**

Dietary fibres in dogs : VI. Effects on lipids metabolism and bile secretion

Dietary fibres are able to affect lipids profiles in humans. The soluble and partly soluble fibres have mainly been studied in this purpose. Although hyperlipidaemia are known in dogs, there are few studies on the subject. The mechanisms by which fibres are involved are discussed with a particular emphasis on bile secretion.



## **§6.1. Introduction**

Bien que les effets hypolipémiantes de plusieurs fibres aient été maintes fois rapportés chez l'homme et le rat, les fibres sont relativement peu utilisées comme agents hypolipémiantes chez le chien. Cette voie mérite néanmoins d'être explorée. D'autre part, les mécanismes d'action des fibres alimentaires font l'objet de nombreuses recherches. Une des hypothèses courantes est que les fibres exercent leur action hypolipémiante en modifiant les sécrétions biliaires. Ce point sera également traité dans cet article.

## **§6.2. Métabolisme des lipides chez le chien**

### **§6.2.1 Rappels**

Le profil lipidique du chien à jeun comprend la mesure des lipides totaux, du cholestérol total, des triglycérides, des acides gras libres et éventuellement des concentrations en lipoprotéines (Ford, 1977, 1987). Les chiffres cités dans la littérature sont présentés dans le tableau 6.1.

Le cholestérol et les triglycérides sont essentiels à un grand nombre de fonctions dans l'organisme. Le cholestérol est un des composants des cellules membranaires et de la gaine de myéline. C'est également le précurseur des hormones stéroïdiennes et des acides biliaires. La majeure partie du cholestérol est synthétisée par l'organisme, principalement par le foie. Une partie moins importante est apportée par l'alimentation. La concentration en cholestérol sérique est néanmoins dépendante des apports en lipides alimentaires. En effet, en substituant 10 à 40% des apports énergétiques d'un aliment commercial à teneur faible en lipides par de l'huile de noix de coco, Grande et Prigge (1974) ont observé une augmentation graduelle du taux de cholestérol circulant. Selon Romsos *et al.* (1976), la cholestérolémie à jeun est plus élevée chez les animaux recevant un régime riche en lipides (76% de l'énergie sous forme de lipides vs 13%).

Les triglycérides, constituants principaux du tissu adipeux, sont une réserve d'énergie pour l'organisme. Les triglycérides sont synthétisés par le foie ou fournis par le régime. Les triglycérides à longue chaîne constituent la majeure partie des lipides alimentaires. Le

cholestérol, les esters de cholestérol, les phospholipides et les triglycérides à chaîne moyenne sont présents en quantités moindres (De Bowes, 1987).

Le cholestérol et les triglycérides, hydrophobes et insolubles dans le plasma sont incorporés dans les lipoprotéines pour être transportés des sites d'absorption ou de synthèse vers les sites d'utilisation ou de stockage. Quatre classes principales de lipoprotéines sont identifiées dans le plasma des chiens et des chats : les chylomicrons, les VLDL (very low density lipoprotein), LDL (low density lipoprotein), et HDL (high density lipoprotein). Chaque classe de lipoprotéine exerce une fonction particulière et se différencie des autres par ses caractéristiques physiques (taille, densité, mobilité électrophorétique) et sa composition en lipides et en apolipoprotéines. Les particules de plus grande taille sont les chylomicrons. Leur fonction est de transporter les lipides alimentaires absorbés au niveau de l'intestin grêle dans le système circulatoire. Les trois autres classes de lipoprotéines sont définies par leur densité relative. Les VLDL et LDL transportent les triglycérides et le cholestérol du foie vers les tissus périphériques. Les HDL transportent le cholestérol en excès des tissus périphériques vers le foie pour être excrété ou redistribué (Watson et Barrie, 1993).

En ce qui concerne les profils postprandiaux, les chylomicrons entrent dans la circulation environ 2 heures après l'ingestion d'un repas contenant des lipides et provoquent une augmentation de la teneur en triglycérides. La concentration atteint un pic entre 2 et 6 heures (Washizu *et al.*, 1987) après le repas et diminue ensuite au fur et à mesure de la disparition des chylomicrons. La triglycéridémie revient généralement à son niveau de base entre 8 à 16 heures après le repas. (Watson et Barrie, 1993).

La concentration postprandiale en cholestérol augmente également mais dans une moindre mesure que celle des triglycérides. La concentration plasmatique en acides gras libres diminue en général rapidement d'environ 50% après le repas et se maintient à un niveau faible pendant une dizaine d'heures. Cette diminution postprandiale est en relation avec une augmentation de l'insuline sérique qui inhibe la mobilisation des acides gras à partir du tissu adipeux (Goriya *et al.*, 1981).

TABLEAU 6.1.—Profils lipidiques chez le chien sain (concentrations à jeun).

<b>Paramètre</b>	<b>Unité</b>	<b>Valeur</b>	<b>Auteurs</b>
<u>Cholestérol</u>	mmol/l	4,99 ± 1,76	Bass, 1976
		4,50 ± 1,14	
		3,60 ± 5,40	Jones, 1990
		4,79	Jensen, 1990
		5,02 ± 0,36	Rogers, 1977
		5,74 (2,07 - 7,24)	Ford, 1977
<u>Triglycérides</u>	mmol/l	0,41 (0,17 - 0,80)	Mahley, 1974
		0,36 ± 0,13	Bass, 1976
		0,41 ± 0,15	
		0,60 ± 0,30	Jones, 1990
		0,28 - 0,44	
		0,63 ± 0,09	Rogers, 1977
		0,69 (0,34 - 1,72)	Ford, 1977
<u>Acides gras non estérifiés</u>	μmol/l	739 ± 105	Bass, 1976
		775 ± 113	Goriya, 1981
<u>Phospholipides</u>	mg/l	146 ± 30	Bass, 1976
		144 ± 27	
<u>Lipides totaux</u>	mg/l	5830 ± 1510	Bass, 1976
		5920 ± 1370	

### §6.2.2. Hyperlipémies à jeun chez le chien

Le terme "hyperlipémie" désigne une augmentation du cholestérol (hypercholestérolémie) et/ou des triglycérides (hypertriglycémie) plasmatiques. L'hyperlipémie postprandiale, physiologique, doit être distinguée de l'hyperlipémie présentée par des animaux après 12 heures de jeûne (hyperlipémie à jeun ou hyperlipémie). Les lipides étant transportés sous forme de lipoprotéines dans le plasma, l'hyperlipémie résulte d'une augmentation du nombre de lipoprotéines circulantes. Les pathologies du métabolisme des lipoprotéines peuvent induire une augmentation de leur production ou une diminution de leur disparition. Ces anomalies peuvent toucher une ou plusieurs classes de lipoprotéines (Watson et Barrie, 1993). Une hyperlipémie à jeun pourrait être observée chez 14.3% des animaux (Barrie *et al.*, 1992). Dans 81% des cas, l'hyperlipémie est secondaire à une pathologie

métabolique. Les principales causes d'hyperlipémie sont présentées dans le tableau 6.2 (Jones et Manella, 1990).

L'hypertriglycéridémie est l'anomalie majeure observée dans l'hyperlipémie idiopathique du Schnauzer nain qui apparaît dans certaines lignées (Rogers, 1977, De Bowes, 1987, Armstrong et Ford, 1989). Les taux de cholestérol peuvent être également élevés et des signes cliniques peuvent apparaître chez certains animaux : douleurs abdominales, diarrhée, anomalies comportementales. Une hyperlipémie idiopathique a également été observée chez des chiens de race pure ou croisés. Il s'agit principalement d'hyperchylomicronémie qui est caractérisée par un sérum lactescent (Rogers, 1977). Un test peu coûteux pour mettre en évidence l'hyperchylomicronémie consiste à placer un échantillon de sérum pendant une nuit dans un réfrigérateur à 4 °C. En raison de leur grande taille et de leur tendance à s'agréger à faible température, les chylomicrons forment un anneau crémeux à la surface de l'échantillon (Jones et Manella, 1990). Chez le chien, l'hypertriglycéridémie est habituellement secondaire à des maladies métaboliques comme le diabète sucré, l'hypothyroïdie, l'hyperadrénocorticisme ou le syndrome néphrotique (De Bowes, 1987).

TABLEAU 6.2.—Causes d'hyperlipémies à jeun chez le chien.

<u>Primaires</u>	- Hyperlipémie idiopathique du Schnauzer nain - Hyperlipémie idiopathique
<u>Secondaires</u>	- Hypothyroïdie - Diabète - Hyperadrénocorticisme - Pathologie hépatique - Pancréatite - Syndrome néphrotique - Obésité

Les hypercholestérolémies primaires génétiques sont rares chez le chien. Kronfeld *et al.* (1979) relatent cependant quelques cas dans 2 nichées de chiots Husky. Dans plus de 70 % des cas, l'hypercholestérolémie est secondaire à l'hypothyroïdie et plus rarement au diabète sucré et au syndrome néphrotique. Une hypercholestérolémie peut également être provoquée par des ingestions importantes d'acides gras saturés ou de cholestérol.

Le contenu en lipides des aliments commerciaux ne devrait pas provoquer hyperlipémie à jeun chez des animaux en bonne santé. Les hyperlipémies secondaires seront généralement

résolues par un traitement efficace de la pathologie primaire. Pour les hyperlipémies primaires idiopathiques, le but du traitement est de diminuer la concentration plasmatique en triglycérides afin de diminuer les risques de pancréatite. Un régime à teneur réduite en lipides et élevée en fibres et distribué en quantité contrôlée est recommandé pour ces animaux (Jones et Manella, 1990; Watson et Barrie, 1993). Un régime à teneur faible en lipides est également proposé aux animaux hypercholestérolémiques. Dans quelques cas, de tels régimes se sont montrés inefficaces à contrôler la lipémie et d'autres traitements ont été testés : des agents médicamenteux hypolipémiants utilisés chez l'homme (Watson et Barrie, 1993) et des huiles de poisson marin (Johnson, 1988; Bauer, 1995).

### **§6.3. Influence des fibres alimentaires sur le métabolisme lipidique**

#### **§6.3.1. Evolution des profils chez le chien**

Aucune étude clinique relative à l'utilisation des fibres dans le traitement des hyperlipémies canines n'a été publiée à ce jour. Par contre, récemment, plusieurs fibres utilisées dans les aliments commerciaux ont été testées quant à leurs effets sur le métabolisme des lipides chez des chiens en bonne santé.

L'ajout de son de blé ou de gomme de guar (15 à 20 % de la MS -matière sèche-) dans un repas-test unique n'a pas permis de mettre en évidence des modifications des taux sériques de cholestérol et de triglycérides mesurés à jeun ou pendant 360 minutes après le repas (Blaxter *et al.*, 1990) chez des animaux sains ou diabétiques. Maskell *et al.* (1994) ont tiré les mêmes conclusions après l'utilisation d'un mélange de fibres de pois et de gomme de guar pendant 4 semaines chez des animaux sains. Par contre, la gomme de guar ajoutée à raison de 3.5 % ou 7 % de la MS pendant 4 semaines a permis de réduire les concentrations plasmatiques en cholestérol mesurées à jeun ou pendant 6 heures après le repas (Istasse *et al.*, 1990, Delaunoy *et al.*, 1990). Aucune modification des concentrations en triglycérides n'a été rapportée dans ces expériences.

La fibre de maïs, incorporée en large quantité (24 % de fibre totale MS) a également provoqué une diminution des concentrations en cholestérol et triglycérides mesurées à jeun (Eggen *et al.*, 1996). Enfin, deux rations contenant des fructo-oligosaccharides (4 et 8 % MS) ont permis une diminution de la cholestérolémie à jeun, et ce, après 3 semaines de traitement, ainsi qu'une diminution des concentrations postprandiales en triglycérides (Diez *et al.*, 1996a).

Il semble donc que la gomme de guar et les fructo-oligosaccharides, deux sources de fibres solubles, exercent une action hypolipémiante à condition d'être distribuées pendant au moins 2 à 3 semaines. La fibre de maïs, insoluble, serait aussi efficace à condition d'incorporer une large dose.

### **§6.3.2. Comparaison avec les autres espèces**

**Chez l'homme**, l'hypercholestérolémie est reconnue comme un facteur de risque pour le développement des maladies coronariennes. Par conséquent, de nombreuses études ont été réalisées afin d'étudier les effets hypocholestérolémiants des fibres alimentaires. Certaines expériences ont été menées chez des individus sains et d'autres chez des patients hyperlipémiques.

Les pectines présentent un effet hypocholestérolémiant proportionnel à la dose ingérée. Cependant, la dose journalière doit être d'au moins 6 g (Palmer et Dixon., 1966). En deçà, la cholestérolémie reste stable (Frape et Jones, 1995). Les pectines ne semblent pas modifier la triglycéridémie.

La fibre de betterave, riche en pectines, permet également de contrôler la cholestérolémie à jeun chez le patient sain (Morgan *et al.*, 1988) et chez le patient hyperlipémique (Frape et Jones, 1995). Une augmentation de l'excrétion du cholestérol par la fibre de betterave a été mise en évidence par des mesures des concentrations iléales (Langkilde *et al.*, 1993). Selon Tredger *et al.*, (1991), la réponse hypocholestérolémiante est plus prononcée lorsque les patients reçoivent des régimes à teneur élevées en lipides. Aucune de ces expériences n'a pu montrer d'effet sur les triglycérides.

L'effet hypocholestérolémiant de la gomme de guar est bien établi chez l'individu sain (Landin *et al.*, 1992; Morgan *et al.*, 1993), obèse (Krotkiewski, 1984), ou hyperlipémique (Jenkins *et al.*, 1980; Gatti *et al.*, 1984). L'action de la gomme de guar sur les triglycérides est controversée. Chez des patients hyperlipémiques, une dose journalière de 19 g permet de diminuer les triglycérides (Gatti *et al.*, 1984) alors qu'une dose de 13 g semble inefficace (Jenkins *et al.*, 1980). Chez des individus sains, les effets rapportés ne sont pas constants : diminution de la triglycéridémie à jeun avec une dose de 30 g (Landin *et al.*, 1992) et de la triglycéridémie postprandiale après un repas test avec une dose de 10 g (Morgan *et al.*, 1993), absence d'effet avec une dose de 20 g (Morgan *et al.*, 1988) sur la triglycéridémie à jeun. Il

semble que d'autres facteurs que la dose journalière interviennent également. La teneur en lipides des rations permet aussi d'expliquer les variations de la réponse observée.

D'autres fibres solubles présentent également un effet hypolipémiant. Citons la carboxyméthylcellulose, la gomme de karaya, la gomme de caroube. La cellulose et le son de blé (Morgan *et al.*, 1988) ne sont pas hypocholestérolémiants chez l'homme.

Les rations contenant des aliments à haute teneur en fibres telles que fruits et légumes ont également été étudiées (Farrell *et al.*, 1978; Anderson *et al.*, 1980; Wisker *et al.*, 1994). Les effets sur le métabolisme des lipides sont peu importants et assez difficiles à interpréter. En effet, des patients qui ingèrent de grandes quantités de légumes et de fruits ont tendance à diminuer spontanément leur ingestion quotidienne d'énergie, particulièrement sous forme de lipides. Dès lors, l'effet "fibres" est confondu avec l'effet "ingestion" et est difficilement interprétable.

En conclusion, l'effet hypolipémiant observé chez l'homme est une propriété des fibres solubles dont les plus efficaces sont les pectines et la gomme de guar.

**Le rat** est le modèle le plus utilisé pour l'étude des effets des fibres sur le métabolisme lipidique. Dans ce cadre, les chercheurs utilisent généralement des individus sains qui reçoivent des rations à teneurs importante en lipides et plus particulièrement en cholestérol. La cellulose purifiée ne modifie pas les concentrations plasmatiques en lipides chez le rat et cette fibre sert de contrôle négatif dans de nombreuses expériences (Shinnick *et al.*, 1988; Redard *et al.*, 1992).

Cependant, Ogunwole *et al.* (1987) constatent qu'une dose de 30 % de cellulose permet de diminuer les taux de cholestérol et de triglycérides mesurés à jeun après 4 semaines de régime. Il faut néanmoins souligner que les apports caloriques et le gain pondéral étaient significativement diminués chez ces animaux, par rapport au groupe témoin. Schneeman *et al.* (1984) et Nishina et Freedland (1990) rapportent même une augmentation de la synthèse hépatique du cholestérol provoquée par des rations enrichies en son de blé. Ces deux groupes d'observations ne sont pas corroborées par celles de nombreux auteurs qui ont montré que les fibres insolubles- sous forme purifiée ou non- ne modifient pas les concentrations lipidiques lorsque les doses utilisées étaient inférieures à 15 % de la MS (Vahouny *et al.*, 1980; Vigne *et al.*, 1987, Kritchevski *et al.*, 1988; Johnson *et al.*, 1990, Mongeau *et al.*, 1990; Nishina *et al.*, 1991).

La gomme de guar présente systématiquement un effet hypocholestérolémiant à un taux d'incorporation minimal de 5 % de la MS (Poksay et Schneeman, 1983; Kritchevski *et al.*, 1988; Ikeda *et al.*, 1989; Johnson *et al.*, 1990; Overton *et al.*, 1994). Par contre les effets sur la triglycéridémie semblent moins constants. Selon Ikeda *et al.* (1989), la gomme de guar altère l'absorption des triglycérides. Cette observation est confirmée par Overton *et al.* (1994), à un taux d'incorporation de 10 %.

Les pectines présentent un effet hypocholestérolémiant chez le rat (Judd et Truswell, 1985; Tinker *et al.*, 1994). De nombreux facteurs vont cependant moduler cet effet : parmi ceux-ci, citons la dose journalière, le degré de méthylation et le poids moléculaire des pectines (Judd et Truswell, 1985), la composition lipidique du régime de base (Vigne *et al.*, 1987; Ikeda *et al.*, 1989) et la durée du jeûne avant le prélèvement sanguin (Nishina *et al.*, 1991).

Le son d'avoine exerce une action hypocholestérolémiante chez le jeune rat mais pas chez l'adulte (Malkki *et al.*, 1993). Mongeau *et al.* (1990) avaient précédemment montré que l'effet hypocholestérolémiant du son d'avoine, en l'absence de substances lipotropes, dépendait de l'âge et du sexe des animaux. Une corrélation inverse a été établie entre l'âge et la réponse hypocholestérolémique. Une diminution de la cholestérolémie peut cependant être induite par le son de blé si le régime est enrichi en cholestérol et en acide cholique (Shinnick *et al.*, 1988).

Les fructo-oligosaccharides, incorporés à raison de 20 % dans l'aliment, ont également permis de diminuer la cholestérolémie au terme de 6 semaines de traitement (Delzenne *et al.*, 1993). Bien que ces oligomères de fructose ne soient pas des fibres au sens strict, leur rôle peut s'y apparenter.

La fibre de betterave exerce une action hypocholestérolémiante chez le rat à des concentrations de 10 à 30 % de l'aliment (Aritsuka *et al.*, 1989; Johnson *et al.*, 1990; Mazur *et al.*, 1992; Aritsuka *et al.*, 1994). Cet effet a également été observé chez des poulets d'élevage (Pettersson et Razdan, 1993; Razdan et Petersson, 1994).

De façon générale, Redard *et al.* (1992) soulignent que la consommation chronique de fibres est moins susceptible de modifier la triglycéridémie postprandiale en réponse à un repas-test riche en lipides que lorsque les fibres sont directement ajoutées comme supplément dans le repas.

En conclusion, chez le rat, les fibres solubles ou mixtes à prédominance soluble présentent des effets hypolipémiants. Par contre, les fibres insolubles -particulièrement la cellulose purifiée- ne semblent pas efficaces à moins d'être incorporées à des doses très élevées. Enfin, il est utile de rappeler l'absence de vésicule biliaire chez le rat de sorte que la transposition des



données obtenues chez cet animal et son utilisation comme modèle pour l'homme et le chien sont sujettes à caution.

## **§6.4. Mécanismes d'action des fibres alimentaires et effets sur les sécrétions biliaires**

### **§6.4.1. Propriétés des fibres alimentaires**

Après avoir passé en revue l'action des fibres alimentaires sur le métabolisme lipidique, il serait utile de comprendre leurs mécanismes d'action.

Les fibres alimentaires forment un groupe hétérogène de substances complexes (Diez et Istasse, 1996b). Elles se différencient par des caractéristiques particulières qui vont influencer leur mode d'action sur l'organisme. A titre d'exemple, la connaissance de la composition chimique d'une fibre alimentaire ne peut servir à prévoir son action *in vivo*. D'autres paramètres interviennent, entrent en relation et pour chaque fibre, expliquent en partie son action.

La solubilité d'une fibre permet dans une certaine mesure des fermentations dans le gros intestin. Par conséquent les produits de fermentation pourront jouer un rôle métabolique. Néanmoins, la solubilité n'est pas synonyme de fermentabilité. Cette dernière est donc également une propriété particulière des fibres alimentaires. Selon Chen *et al.* (1984), l'effet hypocholestérolémiant de certaines fibres solubles observé chez le rat pourrait être dû à l'action du propionate au niveau hépatique. Le propionate est effectivement un produit de fermentation qui peut être absorbé au niveau du colon et inhiber la synthèse du cholestérol dans les cellules hépatiques.

La viscosité est une caractéristique de certaines fibres solubles : la gomme de guar, les pectines, les xanthanes, la méthylcellulose. Ces fibres forment un gel et ralentissent l'absorption des nutriments et plus particulièrement du glucose. Néanmoins, la mesure de la viscosité *in vitro* et *in vivo* ne permet pas de prédire la réponse glycémique postprandiale dans tous les cas (Low *et al.*, 1985). Selon Topping *et al.* (1988), les effets sur le métabolisme des stérols ne sont pas en rapport avec la viscosité des fibres.

Certaines fibres peuvent également déplacer le site d'absorption des lipides, probablement en modifiant l'activité de la lipase *in vivo* (Gallaher et Schneeman, 1985).

La capacité de rétention d'eau est aussi une propriété importante à considérer. Les fibres à forte capacité de rétention d'eau augmentent de façon significative le volume du contenu intestinal et provoquent une distension des parois du colon. Ceci peut donc également modifier la motricité de façon indirecte.

Les fibres peuvent aussi établir des liaisons chimiques. Ainsi, certains auteurs ont postulé qu'elles pouvaient se lier aux acides biliaires. Ce point mérite d'être examiné plus en détail.

#### **§6.4.2. Effets des fibres alimentaires sur les acides biliaires**

L'effet hypocholestérolémiant de plusieurs fibres solubles comme la gomme de guar ou les pectines est actuellement bien établi chez l'homme et chez le rat. Dès lors, une des voies possibles pour expliquer cet effet passe par l'étude des acides biliaires. De nombreuses expériences *in vitro* et *in vivo* ont montré que certaines fibres alimentaires se liaient aux acides biliaires, et dès lors rendaient ceux-ci indisponibles pour l'émulsion préalable des lipides avant leur absorption. Cette notion de liaison est actuellement discutée. Il s'agirait plutôt d'une "séquestration" des acides biliaires ou de certains lipides due à la viscosité des fibres. Un mécanisme physique est plus probable qu'une véritable liaison chimique (Langkilde *et al.*, 1993). D'autre part, les sels biliaires - formes ionisées des acides biliaires - sont absorbés au niveau de l'iléum et du colon et retournent vers le foie via le système porte. Ils peuvent être réutilisés pour la synthèse de nouveaux acides biliaires; ceci constitue le cycle entéro-hépatique. Si l'une de ces étapes est perturbée, les processus de digestion et d'absorption des lipides sont altérés.

Le rat a servi de modèle pour tester les effets des fibres sur les sécrétions biliaires. Les acides biliaires peuvent être mesurés dans les fèces ou dans le contenu de l'intestin grêle chez des animaux iléostomisés ou sacrifiés. Les résultats sont exprimés sous forme de concentration (mg/g de fèces ou de contenu intestinal) ou sous forme de production journalière (mg/jour). L'expression des résultats sous forme de concentration peut amener à des erreurs d'interprétation : l'incorporation de fibres insolubles (cellulose) dans l'alimentation se traduira toujours par une augmentation du volume des matières fécales. La diminution de la concentration en acides biliaires observée dans cette situation est donc due à un effet de dilution (Vahouny *et al.*, 1987; Gallaher *et al.*, 1992).

D'autre part, les mesures des concentrations fécales ou intestinales en lipides fourniront aussi des indications. Seuls les résultats des études *in vivo* seront présentés ci-dessous.

Les techniques employées, les taux d'incorporation et les types de fibres utilisées varient d'une expérience à l'autre; l'interprétation des résultats et les comparaisons sont dès lors difficiles.

Il est généralement admis que la cellulose et le son de blé (fibre à prédominance insoluble) ne se lient ni aux acides biliaires, ni aux phospholipides (Schneeman et Gallaher, 1985; Ebihara et Schneeman, 1989).

Le son d'avoine, contenant à la fois des fibres solubles et insolubles, pourrait (Gallaher *et al.*, 1992) ou ne pourrait pas se lier aux acides biliaires mais bien aux phospholipides (Schneeman et Gallaher, 1985). Arjmandi *et al.*, (1992) observent également une augmentation de l'excrétion des stérols fécaux. Selon Gallaher *et al.* (1992), une augmentation de la quantité des acides biliaires présents dans l'intestin grêle suggère un élargissement du pool d'acides biliaires grâce à une augmentation de leur synthèse. Certains paramètres enzymatiques semblent confirmer cette hypothèse.

Le son de riz induit une augmentation significative de l'excrétion journalière des acides biliaires. Bien que la nature de la fibre et sa concentration soient semblables, le son d'orge n'induit pas de modifications (Gallaher *et al.*, 1992). De telles observations indiquent que d'autres paramètres sont vraisemblablement impliqués.

La gomme de guar présente des capacités de liaison aux acides biliaires et augmente donc leur excrétion (Schneeman et Gallaher, 1985; Ebihara et Schneeman, 1989; Overton *et al.*, 1994). D'autre part, la concentration plasmatique en acides biliaires est également diminuée (Overton *et al.*, 1994). Selon Gallaher et Schneeman (1986), la gomme de guar ne diminue pas les lipides mesurés dans la phase aqueuse de l'intestin grêle. L'action hypocholestérolémiante serait donc expliquée par une liaison aux acides biliaires plutôt que par un effet négatif sur la solubilisation des lipides. Le cycle entéro-hépatique est donc altéré, ce qui résulte en une conversion importante du cholestérol en acides biliaires. Le prélèvement hépatique du cholestérol est donc augmenté.

Selon Arjmandi *et al.* (1992), les pectines augmentent l'excrétion des stérols dans les matières fécales mais ne modifient pas l'excrétion des acides biliaires. Ceci suggère donc une réduction de l'absorption des stérols, y compris le cholestérol. Ces résultats relativement récents sont en contradiction avec d'autres précédemment publiés : excrétion faible de stérols et augmentation de l'excrétion des acides biliaires (Vahouny *et al.*, 1987). Le seul point commun à ces études est l'action hypocholestérolémiante des pectines.

Le psyllium augmente l'excrétion des stérols fécaux (Arjmandi *et al.*, 1992) et des acides biliaires (Vahouny *et al.*, 1987).

La fibre de betterave augmenterait l'excrétion des acides biliaires chez le rat (Gallaher *et al.*, 1992; Overton *et al.*, 1994). Overton *et al.* (1994) constatent même une diminution de la concentration plasmatique en acides biliaires.

Les résultats obtenus **chez l'homme** sont différents. Selon Morgan *et al.* (1993), la fibre de betterave ne se lie pas aux acides biliaires et ne modifie pas les taux plasmatiques d'acides biliaires. Langkilde *et al.* (1993) observent une augmentation de l'excrétion du cholestérol et une diminution de l'excrétion des acides biliaires chez des patients iléostomisés. Dès lors, ces auteurs proposent un mécanisme basé sur une diminution de l'absorption du cholestérol comme effet primaire et, secondairement, une diminution de la synthèse des acides biliaires formés à partir du cholestérol au niveau du foie.

En conclusion, les effets des fibres sur les acides biliaires chez le rat et chez l'homme ne sont pas clairs et les résultats des expériences ne peuvent être transposés d'une espèce à l'autre. D'autre part, les effets hypocholestérolémiants de différentes fibres ne peuvent être simplement expliqués par des modifications du métabolisme des acides biliaires. Des mécanismes plus complexes entrent en jeu et diffèrent selon le type de fibres utilisé.

## §6.5. Conclusions

Les effets hypolipémiants de plusieurs fibres alimentaires ne peuvent être mis en question dans les différentes espèces. Cette propriété est clairement établie pour les fibres solubles. Par contre, les mécanismes d'action des fibres font toujours l'objet de nombreuses hypothèses. L'utilisation des fibres comme agents hypolipémiants chez le chien est une voie peu explorée actuellement. Néanmoins, les résultats obtenus à ce jour sont encourageants et devraient mener à la réalisation d'essais cliniques.

## §6.6. Bibliographie

- ANDERSON J.W., CHEN W.J.L., SIELING B. Hypolipidemic effects of high-carbohydrate, high-fiber diets. *Metabolism*, 1980, **29**, 551-558.
- ARITSUKA T., TANAKA K., KIRIYAMA S. Effect of beet dietary fiber on lipid metabolism in rats fed a cholesterol free diet in comparison with pectin and cellulose. *J. Jpn Soc. Nutr. Food Sci.*, 1989, **42**, 295-304.
- ARITSUKA T., FUJISAKA H., KIRIYAMA S. Effects of chemically modified beet dietary fiber on lipid metabolism in rats fed a cholesterol diet. *Nippon-Nogeikagaku-Kaishi*, 1994, **68**, 223-231.
- ARJMANDI B.H., AHN J. NATHANI S., REEVES R.D. Dietary soluble fiber and cholesterol affect serum cholesterol concentration, hepatic portal venous short-chain fatty acid concentrations and fecal sterol excretion in rats. *J. Nutr.*, 1992, **122**, 246-253.
- ARMSTRONG P.J., FORD R.B. Hyperlipidemia. In Kirk RW. ed. *Current Veterinary therapy X. Small animal practice*. Philadelphia : WB Saunders Co 1989 : 1046-1050.
- BARRIE J., NASH A.S., WATSON T.G.D. Investigations into the prevalence and aetiology of hyperlipidemia in the dog. In: *Proceedings of the BSAVA Congress, 1992*. BSAVA, 206.
- BASS V.D., HOFFMANN W.E., DORNER J.L. Normal canine lipid profiles and effects of experimentally induced pancreatitis and hepatic necrosis on lipids. *Am. J. Vet. Res.*, 1976, **37**, 1355-1357.
- BAUER J.E. Evaluation and dietary considerations in idiopathic hyperlipidemia in dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1995, **11**, 1684-1688.
- 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.

- CHEN W.J.L., 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.
- DE BOWES L.J. Lipid metabolism and hyperlipoproteinemia in dogs. *Comp. Cont. Educ. Small Anim. Pract.*, 1987, **9**, 727-734.
- DELAUNOIS A., NEIRINCK K., CLINQUART A., ISTASSE L., BIENFAIT J.-M. : Effects of two incorporation rates of guar gum on digestibility, plasma insulin, and metabolites in resting dogs. In Dietary fiber : chemical and biological aspects. Eds D.A.T. Southgate, K. Waldron, I.T. Johnson and G.R. Fenwick. AFRC Institute of Food Research, Norwich, 1990, 185-188.
- 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.
- DIEZ M., MINET V., CLINQUART A., DUFRASNE I., ISTASSE L. Dietary fructooligosaccharides modify metabolism in dogs. In Proceedings of the 6th Annual Congress of the European Society of Veterinary Internal Medicine, 12-14 September 1996, Veldhoven, the Netherlands, 1996a, 27-28.
- DIEZ M. , ISTASSE L. Fibres alimentaires chez le chien : I. Définition et composition chimique. *Ann. Méd. Vét.*, 1996b, **140**, 385-391.
- EBIHARA K., SCHNEEMAN B.O. Interaction of bile acids, phospholipids, cholesterol and triglyceride with dietary fibers in the small intestine of rats. *J. Nutr.*, 1989, **119**, 1100-1106.
- EGRON G., TABBI S., GUILBAUD L., CHEVALLIER M. et CADORE J.L. : Influence du taux et de la nature des fibres alimentaires dans l'alimentation du chien. I. Modifications fécales et biochimiques. *Rev. Méd. Vét.*, 1996, **147**, 215-222.
- FARRELL D.J., GIRLE L., ARTHUR J. Effects of dietary fibre on the apparent digestibility of major food components and on blood lipids in men. *Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci.*, 1978, **56**, 469-479.
- FORD R.B. Clinical application of serum lipid profiles in the dog. *Gaines Vet. Symp.*, 1977, **27**, 12-16.
- FORD R.B. The hyperlipidemic patient part II : Clinical hyperlipoproteinemia in companion animals. *J. Vet. Intern. Med.*, 1987, 115-118.
- FRAPE D.L., JONES A.M. Chronic and postprandial responses of plasma insulin, glucose and lipids in volunteers given dietary fibre supplements. *Br. J. Nutr.*, 1995, **73**, 733-751.
- GALLAHER D., SCHNEEMAN B.O. Effect of dietary cellulose on site of lipid absorption. *Am. J. Physiol.*, 1985, G184-G191.

- GALLAHER D., SCHNEEMAN B.O. Intestinal interaction of bile acids, phospholipids, dietary fibers and cholestyramine. *Am. J. Physiol.*, 1986, G420-G426.
- GALLAHER D., LOCKET P.L., GALLAHER C.M. Bile acid metabolism in rats fed 2 levels of corn oil and brans of oat, rye and barley and sugar beet fiber. *J. Nutr.*, 1992, **122**, 473-481.
- 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.
- GORIYA Y., BAHORIC A., MARLISS E.B., ZINMAN B., ALBISSER A.M. Diurnal metabolic and hormonal responses to mixed meals in healthy dogs. *Am. J. Physiol.*, 1981, **240**, E54-E59.
- GRANDE F., PRIGGE W.F. Serum lipid changes produced in dogs by substituting coconut oil either sucrose or protein in the diet. *J. Nutr.*, 1974, **104**, 613-618.
- IKEDA I., TOMARI Y., SUGANO M. Interrelated effects of dietary fiber and fat on lymphatic cholesterol and triglyceride absorption in rats. *J. Nutr.*, 1989, **119**, 1383-1387.
- ISTASSE L., DE HAAN V., BECKERS J.F., VAN EENAEME C., BIENFAIT J.M. : Effects of cellulose, pectin and guar gum on plasma insulin and metabolites in resting dogs. *Proc. Nutr. Soc.*, 1990, **49**, 147A.
- JENKINS D.J.A., REYNOLDS D., SLAVIN B., LEEDS A.R., JENKINS A.L., JEPSON E.M. Dietary fiber and blood lipids : treatment of hypercholesterolemia with guar crispbread. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1980, **33**, 575-581.
- JENSEN A.L., BANTZ M., POULSEN J.S.D. Haemoglobin -, glucose -, carbamid -, og cholesterol total -, indholdet i blod fra hund. *Dan. Vet. Tidsskr.*, 1990, **73**, 1252-1258.
- JOHNSON R.K. Canine hyperlipidemia : its pathogenesis, diagnosis and treatment. I: Managing Fibre-Response Diseases. Veterinary Medicine Publishing, Laxena, Kansas, 1988, 19-27.
- JOHNSON I.T., LIVESEY G., GEE J.M., BROWN J.C., WORTLEY G.M. The biological effects and digestible energy value of a sugar beet fibre preparation in the rat. *Br. J. Nutr.*, 1990, **64**, 187-199.
- JONES B.R., MANELLA C. Some aspects of hyperlipidemia in the dog and cat. *Aust. Vet. Pract.*, 1990, **20**, 136-142.
- JUDD P.A., TRUSWELL A.S. The hypocholesterolaemic effects of pectins in rats. *Br. J. Nutr.*, 1985, **53**, 409-425.

- KRITCHEVSKY D., TEPPER S.A., SATCHITHANANDAM S., CASSIDY M.M., VAHOUNY G.V. Dietary fiber supplements : effects on serum and liver lipids and on liver phospholipid composition in rats. *Lipids*, 1988, **23**, 318-321.
- KRONFELD D.S., JOHNSON K., DUNLAP H. Inherited predisposition of dogs to diet induced hypercholesterolaemia. *J. Nutr.*, 1979, **109**, 1715-1719.
- 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.
- LOW A.G., ZEBROWSKA T., HEPPELL L.M.J., SMITH H.A. Influence of wheat bran, cellulose, pectin and low or high viscosity guar gum on glucose and water absorption from pig jejunum. *Proc. Nutr. Soc.*, 1985, **45**, 55A.
- MAHLEY R.W., WEISGRABER K.H. Canine lipoproteins and arteriosclerosis. I. Isolation and characterization of plasma lipoproteins from control dogs. *Circ. Res.*, 1974, **35**, 713-721.
- MALKKI Y., TORRONEN R., PELKONEN K., MYLLYMAKI O., HANNINEN O., SYRJANEN K. Effects of oat bran concentrate on rat serum lipids and liver fat infiltration. *Br. J. Nutr.*, 1993, **70**, 767-776.
- 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.
- MAZUR A., GUEUX E., FELGINES C., BAYLE D., NASSIR F., DEMIGNE C., REMESY C. Effects of dietary fermentable fiber on fatty acid synthesis and triglyceride secretion in rats fed fructose-based diet : studies with sugar-beet fiber. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 1992, **199**, 345-350.
- MONGEAU R., SIDDIQUI I.R., EMERY J., BRASSARD R. Effect of dietary fiber concentrated from celery, parsnip and rutabaga on intestinal function, serum cholesterol and blood glucose response in rats. *J. Agric. Food Chem.*, 1990, **38**, 195-200.
- 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.



- NISHINA P.M., FREEDLAND R.A. The effects of dietary fiber feeding on cholesterol metabolism in rats. *J. Nutr.*, 1990, **120**, 800-805.
- NISHINA P.M., SCHNEEMAN B.O., FREEDLAND R.A. Effects of dietary fibers on nonfasting plasma apolipoprotein levels in rats. *J. Nutr.*, 1991, **121**, 431-437.
- OGUNWOLE J.O., KNIGHT E.M., ADKINS J.S., THOMASKUTTY K.G., POINTER R.H. Dietary fiber and nutrient interaction : differential glucose, insulin, triacylglycerol and cholesterol response. *Nutrition Reports International*, 1987, **35**, 1229-1241.
- 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.
- PALMER G.H., DIXON D.G. Effect of pectin dose on serum cholesterol levels. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1966, **18**, 437-442.
- PETTERSSON D., RAZDAN A. Effects of increasing levels of sugar-beet pulp in broiler chicken diets on nutriment digestion and serum lipids. *Br. J. Nutr.*, 1993, **70**, 127-137.
- POKSAY K.S., SCHNEEMAN B.O. Pancreatic and intestinal response to dietary guar gum in rats. *J. Nutr.*, 1983, **113**, 1544-1549.
- RAZDAN A., PETTERSSON D. Effects of feeding restriction and meal pattern of a sugar beet-containing diet and control diet on nutrient digestibility, plasma lipid concentrations and postprandial triacylglycerol response in broiler chickens. *Br. J. Nutr.*, 1994, **71**, 389-400.
- REDARD C., DAVIES P., MIDDLETON J., SCHNEEMAN B. Postprandial lipid response following a high fat meal in rats adapted to dietary fiber. *J. Nutr.*, 1992, **122**, 219-228.
- ROGERS W.A. Lipemia in the dog. *Vet.Clin. N. Am. Small Anim. Pract.*, 1977, **7**, 637-647.
- ROMSOS D.R., BELO P.S., BENNINK K., BERGEN B., LEVEILLE G.A. Effects of dietary carbohydrate, fat and protein on growth, body composition and blood metabolite levels in the dog. *J. Nutr.*, 1976, **106**, 1452-1464.
- SCHNEEMAN B.O., CIMMARUSTI J., COHEN W., DOWNES L., LEFEVRE M. Composition of high density lipoproteins in rats fed various dietary fibers. *J. Nutr.*, 1984, **114**, 1320-1326.
- SCHNEEMAN B.O., GALLAHER D. Effects of dietary fibre on digestive enzyme activity and bile acids in the small intestine. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 1985, **180**, 409-414.
- SHINNICK F.L., LONGACRE M.J., INK S.L., MARLETT J.A. Oat fiber : composition versus physiological function in rats. *J. Nutr.*, 1988, **118**, 144-151.

- TINKER L.F., DAVIS P.A., SCHNEEMAN B.O. Prune fiber or pectin compared with cellulose lowers plasma and liver lipids in rats with diet induced hyperlipidemia. *J. Nutr.*, 1994, **124**, 31-40.
- TOPPING D.L., OAKENFULL D., TRIMBLE R.P., ILLMAN R.J. A viscous fibre (methylcellulose) lowers blood and plasma triacylglycerol and increases liver glycogen independently of volatile fatty acid production in the rat. *Br. J. Nutr.*, 1988, **59**, 21-30.
- TREDGER J.A., MORGAN L.M., TRAVIS J., MARKS V. The effects of guar gum, sugar beet fibre and wheat bran supplementation on serum lipoprotein levels in normocholesterolaemic volunteers. *J. Hum. Nutr. Diet.*, 1991, **4**, 375-384.
- VAHOUNY G.V., ROY T., GALLO L.L., STORY J.A., KRITCHEVSKY D., CASSIDY M.M. Dietary fibers : III. Effects of chronic intake absorption and metabolism in the rat. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1980, **33**, 2182-2191.
- VAHOUNY G.V., KHALAFI R., SATCHITHANANDAM S., WATKINS T.W., STORY J.A., CASSIDY M.M., KRITCHEVSKY D. Dietary fiber supplementation and fecal bile acids, neutral steroids and divalent cations in rats. *J. Nutr.*, 1987, **117**, 2009-2015.
- VIGNE J.L., LAIRON D., BOREL P., PORTUGAL H., PAULI A.M., HAUTON J.C., LAFONT H. Effect of pectin, wheat bran and cellulose on serum lipids and lipoproteins in rats fed on a low or high fat diet. *Br. J. Nutr.*, 1987, **58**, 405-413.
- WASHIZU T., KOIZUMI I., KANEKO J.J. Postprandial changes in serum bile acids concentration and fractionation of individual bile acid by high performance liquid chromatography in normal dogs. *Jpn. J. Vet. Sci.*, 1987, **49**, 593-600.
- 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.
- WISKER E., SCHWEIZER T.F., DANIEL M., FELDHEIM W. Fibre mediated physiological effects of raw and processed carrots in humans . *Br. J. Nutr.*, 1994, **72**, 579-599.

## Chapitre 7

**Fibres alimentaires chez le chien : VII. Intérêt dans le traitement diététique de l'animal obèse**

M. Diez, L. Istasse

*Ann. Méd. Vét.*, 1997,**141**, 437-436**Résumé**

Cet article traite de l'obésité chez le chien. Sa définition, son incidence, son diagnostic et la pathologie associée sont développés ainsi que son étiologie. La seconde partie est consacrée au traitement, et plus particulièrement à l'incorporation des fibres alimentaires à des taux supérieurs à 10 % dans les aliments diététiques hypocaloriques. A l'heure actuelle, aucune étude ne permet de tirer une conclusion sur le traitement.

**Summary**

Dietary fibres in dogs : VII. Relevance in the treatment of obese dogs.

The present review deals with obesity in the dog. Definition, incidence, assessment, etiology and detrimental effects of obesity are firstly presented. In a second part, the treatment is discussed, with particular emphasis on the incorporation of large quantities of dietary fibres in low-energy specific purpose food. At present time, no conclusions can be drawn from published studies.

### **§7.1. Introduction**

L'obésité est une pathologie couramment observée chez les carnivores domestiques. Après quelques rappels sur l'incidence, le diagnostic et la pathologie associée à cette affection, le traitement diététique sera étudié en insistant sur la formulation de l'aliment de régime. Actuellement, plusieurs aliments à objectifs spéciaux sont proposés sur le marché et rendent le choix du vétérinaire praticien malaisé.

### **§7.2. Définition, incidence, diagnostic**

L'obésité peut être définie de deux façons. Elle a été décrite chez l'homme comme une surcharge pondérale de 15% par rapport au poids optimal. Par analogie et par facilité, cette définition a été appliquée au chien. Le terme "obèse" est donc généralement utilisé pour qualifier les animaux présentant une surcharge pondérale d'au moins 15%. Un des critères retenus consiste à définir la notion de poids optimal. Les tables de standard des races peuvent fournir une aide mais ont peu d'intérêt dans les cas des chiens de race indéterminée. D'autre part, il peut exister de grandes variations de poids dans une même race. Parfois, le propriétaire connaît le poids adulte du chien, avant qu'il ne soit devenu obèse; ce poids peut donc servir de référence pour l'évaluation actuelle et le suivi de l'animal. Dans d'autres cas, l'animal a toujours été obèse et il n'existe donc pas de poids de référence. Cette première définition "mathématique" de l'obésité est simpliste et présente peu d'intérêt en médecine vétérinaire (Markwell et Butterwick, 1994). C'est pourquoi, il a été proposé de définir l'obésité comme "un état pathologique caractérisée par un excès de dépôt lipidique entraînant des modifications des différentes fonctions corporelles" (Edney, 1974).

L'incidence de l'obésité chez les chiens présentés en consultation varie de 24 à 44% selon les auteurs, selon les endroits de réalisation des études épidémiologiques et les critères définis au départ (Mason, 1970; Anderson, 1973; Meyer *et al.*, 1978; Steininger, 1981; Edney et Smith, 1986). Les races particulièrement prédisposées sont le Labrador, le Cairn Terrier, le berger écossais, le Basset Hound, le Cavalier King Charles Spaniel et le Beagle (Edney et Smith, 1986).

Les études épidémiologiques montrent que la fréquence de l'obésité augmente avec l'âge de l'animal et du propriétaire (Edney et Smith, 1986). Une surcharge pondérale chez le jeune

animal prédispose à l'obésité chez l'adulte (Glickman *et al.*, 1995). La castration augmente également la fréquence chez le mâle et surtout chez la femelle (Edney, 1974, Karczewski *et al.*, 1987; Miyake *et al.*, 1988). Le manque d'exercice est également souvent cité (Lewis, 1978). Parmi les facteurs sociologiques, une étude très récente réalisée à Munich (Kienzle *et al.*, 1997) a montré que la relation maître-animal obèse était caractérisée par un comportement anthropomorphique très poussé. Par exemple, les propriétaires d'animaux obèses parlent plus à leur chien, acceptent leur animal dans leur lit, n'ont pas de craintes quant aux zoonoses et considèrent que l'exercice, le travail ou la fonction de protection du chien sont peu importants. Il n'est donc pas étonnant de constater que les animaux obèses reçoivent plus fréquemment des repas ou des friandises que les animaux non-obèses. Cette étude a également montré que les propriétaires étaient eux-mêmes souvent obèses -ainsi que précédemment rapporté (Mason, 1970; Kronfeld, 1988)-, en général inactifs et qu'ils traduisaient toute demande de l'animal comme étant une demande de nourriture. Ces propriétaires se souciaient évidemment peu d'une alimentation équilibrée. Certains de ces aspects sont bien connus des praticiens mais cette étude a le mérite de l'objectiver par un questionnaire (Bergler, 1988; Kienzle *et al.*, 1997).

Un des problèmes majeurs qui se pose au clinicien est l'évaluation du degré d'obésité de l'animal dans les nombreux cas où le poids optimal est inconnu. L'évaluation de l'obésité peut être réalisée selon des critères simples : importance et localisation des dépôts lipidiques, structure squelettique visible ou non, et aspect de la silhouette de l'animal. Plusieurs types de scores corporels ont ainsi été proposés : en 3 points (1= mince, 2= optimal, 3 = excédentaire), en 5 points (1 = maigre, 2 = mince, 3 = optimal, 4 = gros, 5 = obèse; Edney et Smith, 1986) et même en 9 points (1 à 4 = émacié à mince; 5 = optimal; 6 à 9 = en excès pondéral croissant; Laflamme, 1993; Laflamme *et al.*, 1994a) (Figure 7.1). Ces systèmes de score présentent l'avantage d'être facilement utilisables pour le clinicien. Lors d'une consultation de routine, il est aisé de peser l'animal et de fixer un score. Il est évident que cette appréciation est subjective mais ces données fournissent au moins des renseignements utiles et elles permettent surtout une prévention active de l'obésité.

1. **EMACIE** : Côtes, colonne, os du bassin et toutes les proéminences osseuses visibles à distance - Pas de graisse discernable - Fonte musculaire évidente.
2. **TRES MAIGRE** : Côtes, colonne et os du bassin facilement visibles - Pas de graisse palpable - Autres os visibles - Fonte musculaire minime.
3. **MAIGRE** : Côtes facilement palpables et éventuellement visibles sans graisse palpable - Apophyses épineuses visibles - Os du bassin visibles - Ventre très levretté et taille très marquée.
4. **INSUFFISANCE PONDERALE** : Côtes facilement palpables - Peu de graisse sous cutanée - Taille bien visible, vu de dessus - Ventre levretté.
5. **POIDS IDEAL** : Côtes palpables sans excès de graisse sous-cutanée - Taille visible derrière les côtes et vue de dessus - Abdomen rentré vu de côté.
6. **EXCES PONDERAL** : Côtes palpables avec léger excès de graisse sous-cutanée - Taille visible, vu de dessus - Silhouette de l'abdomen peu modifiée.
7. **LOURD** : Côtes difficilement palpables - Graisse sous-cutanée importante - Dépôts de graisse en région lombaire et à la base de la queue - Taille non visible ou à peine visible.
8. **OBESE** : Côtes non palpables sous un dépôt important de graisse ou palpables à condition de presser fortement - Dépôts de graisse importants en région lombaire et à la base de la queue - Taille non visible - Distension abdominale éventuellement observable.
9. **OBESITE MORBIDE** : Dépôts massifs de graisse sur le thorax colonne et la base de la queue - Taille non marquée, vue de dessus silhouette abdominale très épaissie - Dépôts de graisse sur le cou les membres - distension abdominale importante.

---

Figure 7.1 — Evaluation de l'embonpoint canin par utilisation de scores corporels en 9 points  
Système élaboré par Purina Pet Care Center. D'après Laflamme 1993, 1994 et 1994b

L'utilisation de la DEXA (dual energy X-ray absorptiometry-absorptiométrie biphotonique et aux rayons X à double énergie) (Munday *et al.*, 1994) permet de différencier la nature et la quantité de chaque tissu présent dans les parties de l'organisme soumis à l'examen et ainsi de suivre l'évolution de la composition corporelle du patient au cours de la période d'amaigrissement en conditions expérimentales. Cet examen exige la tranquillisation de l'animal. Les résultats concernent la masse minérale osseuse, le tissu adipeux et la masse maigre de l'organisme. Cette technique est d'utilisation récente chez les carnivores domestiques et elle ouvre des perspectives de comparaison des différents aliments diététiques présents sur le marché.

### **§7.3. Affections cliniques associées à l'obésité**

Il existe relativement peu de données cliniques concernant les affections liées à l'obésité chez le chien. Aussi, certains auteurs ont extrapolé leurs observations à partir des études épidémiologiques réalisées chez l'homme et certaines notions non prouvées ont ainsi été retenues.

Il faut d'abord souligner que l'obésité peut être secondaire à certaines maladies endocriniennes comme le diabète (Krook *et al.*, 1960; Mattheeuws *et al.*; 1984a; Wolfscheimer, 1990; Ford *et al.*, 1993) et l'hypothyroïdie (Kaelin *et al.*, 1986; Forbes et White, 1987; Roche *et al.*, 1991; Ford *et al.*, 1993; Panciera, 1994). Selon les mêmes auteurs, au moins 40% des chiens souffrant d'une de ces affections sont obèses. D'autre part, selon Mattheeuws *et al.* (1984b), 61 % des chiens obèses présentent soit une intolérance au glucose, soit une hyperinsulinémie, soit les deux. L'obésité peut également être secondaire à l'hyperadrénocorticisme (Spearman et Little, 1978). Dans une étude clinique, 5 chiens sur 8 présentaient des dépôts de graisses typiques de l'obésité et différents de l'abdomen pendulaire. Certains traitements médicamenteux peuvent également entraîner une polyphagie et secondairement, une surcharge pondérale; il s'agit notamment des anti-épileptiques et des glucocorticoïdes.

Il appartient donc au clinicien de retenir la surcharge pondérale comme étant primaire ou secondaire, et d'orienter son traitement en conséquence. Les symptômes associés à l'obésité sont principalement une intolérance à l'effort (De Rick et de Schepper, 1980) et des problèmes respiratoires (Ettinger, 1983; Biourge *et al.*, 1987). Il existe aussi une relation entre la fréquence d'apparition du collapsus trachéal et l'obésité même si d'autres facteurs tels que la

race montrent un plus grand degré de corrélation (O'Brien *et al.*, 1966, White et Williams, 1994).

En cas de surcharge pondérale importante, la fréquence des affections cardio-vasculaires est augmentée (Valtonen et Oksanen, 1972; Baba et Arakana, 1984; Edney et Smith, 1986; Van Winkle et Bruce, 1993). L'augmentation du poids chez le chien s'accompagne d'une augmentation du rythme cardiaque, de la pression sanguine et du volume plasmatique (Rocchini *et al.*, 1987). C'est pourquoi le chien a été utilisé comme modèle expérimental pour étudier la pathogénie de l'hypertension induite par l'augmentation de poids (Rocchini *et al.*, 1987). La relation entre obésité et hypertension est cependant controversée. Selon une étude épidémiologique récente, il existe, chez le chien, une relation entre âge et augmentation de la tension mais pas entre obésité et hypertension (Bodey et Michell, 1996).

Les troubles articulaires sont plus fréquents chez les animaux obèses (Edney et Smith, 1986). Les affections couramment citées sont la rupture des ligaments croisés (Janicki et Sendekka, 1991; Brown *et al.*, 1996), les hernies discales ainsi que la dysplasie de la hanche (Kealy *et al.*, 1992; Richardson, 1992). Par contre, il n'existerait pas de relation entre obésité et ostéoarthrose de l'épaule (Pedersen, 1993). Dans ces affections ostéo-articulaires, un cercle vicieux s'installe : un animal atteint aura tendance à réduire son exercice, entraînant une surcharge pondérale si les repas ne sont pas adaptés en conséquence. D'autre part, la surcharge pondérale est un facteur prédisposant à la pathologie locomotrice (Lewis *et al.*, 1987).

Les animaux obèses -ou soumis à un régime à haute teneur en graisses- résistent moins aux infections (Newberne, 1966; Williams et Newberne, 1971; Fiser *et al.*, 1972; Newberne, 1973). Une relation a également été mise en évidence entre obésité et certaines formes d'incontinence urinaire (Gregory, 1994), principalement chez les animaux stérilisés.

Bien qu'une augmentation des taux de cholestérol et de lipoprotéines ait été rapportée chez les animaux obèses (Valtonen et Oksanen, 1972; Chikamune *et al.*, 1995), ce point est cependant sujet à controverse (Barrie *et al.*, 1993; Watson et Barrie, 1993). Selon Joshua (1970), une infiltration graisseuse du foie peut être observée chez les chiens obèses.

Les risques liés à l'anesthésie sont plus importants chez les animaux obèses (Clutton, 1988) et il est plus difficile de mettre en oeuvre certaines techniques exploratoires telles que l'auscultation, la palpation ou la radiographie (Joshua, 1970).

La relation entre obésité et problèmes reproducteurs, cutanés ou cancer n'est pas claire (Edney et Smith, 1986; Sonnenschein *et al.*, 1991; Glickman *et al.*, 1995).



#### **§7.4. Etiologie et pathogénie**

L'étude des courbes pondérales permet de distinguer deux phases dans le processus d'installation de l'obésité : une phase dynamique suivie d'une phase statique (Anderson, 1987; Hand *et al.*, 1989). La première phase peut s'étendre sur quelques mois ou plusieurs années. Elle est caractérisée par des apports énergétiques supérieurs aux besoins; ce surplus d'énergie est d'abord stocké sous forme de graisses, provoquant un gain de poids. Lors de la phase statique, le poids est stabilisé; l'appétit peut être normal ou diminué. Ceci explique que l'on puisse fréquemment voir en clinique des chiens obèses "qui ne mangent pas grand-chose", aux dires des propriétaires. Il est évident que pour atteindre un degré d'obésité, l'apport énergétique a été supérieur aux besoins à un moment donné de leur vie - parfois plusieurs années auparavant. Cependant, une fois ces animaux "stabilisés", leurs besoins énergétiques peuvent paraître faibles, et ce d'autant plus qu'à ce stade, l'exercice est souvent très limité.

Les causes non alimentaires prédisposant à l'obésité sont des besoins alimentaires réduits, des causes génétiques ou le manque d'exercice. Le problème posé est d'estimer les besoins énergétiques des animaux (Legrand-Defretin, 1994). Une équation simple permet de calculer les apports en énergie pour un animal pesant  $x \text{ kg}^{0.75}$  (NRC, 1974) mais cette relation ne peut convenir pour toute la population canine. Certains animaux nécessiteront des quantités supérieures ou inférieures d'énergie pour maintenir leur poids constant. Des facteurs tels que la race, le type de métabolisme et le rapport masse maigre/masse lipidique influencent également les besoins énergétiques. En pratique, chez des animaux adultes à l'entretien, la quantité de nourriture offerte sera donc adaptée pour maintenir le poids constant. Il s'agit probablement de la solution la plus simple pour prévenir l'obésité chez les carnivores.

Les causes alimentaires suivantes ont été clairement identifiées : apports alimentaires sans regard des besoins en énergie (nourriture *ad libitum*, "le chien mange tout ce que je lui donne") et suppléments sous forme de friandises ou de compléments d'acides gras non comptabilisés dans les apports énergétiques. La distribution d'aliments complets très appétissants, riches en graisses et en sucres prédispose également à l'obésité. Selon Lewis *et al.* (1987), la fréquence de l'obésité est plus élevée chez les animaux recevant des rations ménagères mais récemment, ce point a été controversé (Kienzle *et al.*, 1997). Les propriétaires de chiens obèses interprètent généralement un bon appétit comme étant un signe

de bonne santé et ont tendance à distribuer fréquemment des suppléments à un animal qui "mendie" (Kronfeld, 1988). Certains propriétaires commettent également l'erreur d'utiliser les aliments comme palliatifs pour éviter l'ennui ou la destruction chez des animaux non surveillés.

Il apparaît donc clairement que les causes alimentaires comme facteurs d'obésité incombent plus au propriétaire, d'où l'importance de leur information sur les besoins nutritionnels de leur animal.

## **§7.5. Traitement de l'animal obèse**

### **§7.5.1. Généralités**

Le traitement de l'obésité est en principe basé sur 3 points : l'approche psychologique du propriétaire, l'exercice physique et le traitement diététique de l'animal. Les traitements chirurgicaux et médicamenteux sont anecdotiques et ne seront pas développés dans cet article.

1. L'approche psychologique du propriétaire est une étape essentielle; elle a pour but de motiver le propriétaire en lui présentant les causes et les méfaits de l'obésité ainsi que les avantages de posséder un animal en bonne santé. Des explications claires, le suivi régulier de l'animal et l'établissement d'une courbe pondérale sont des éléments de nature à entraîner la réussite du traitement (Norris et Beaver, 1993; Lewis *et al.*, 1987).

2. L'exercice physique a pour but d'augmenter les dépenses en énergie et de prévenir la perte de masse musculaire et de minéraux osseux. L'augmentation de l'activité doit se faire de façon graduelle. Une marche rapide de 30 minutes ou de 2 fois 15 minutes est conseillée chaque jour. L'effet de la réduction pondérale associé à l'exercice physique améliore généralement l'endurance de l'animal; ce sont des éléments positifs pour le propriétaire.

#### 3. Traitement diététique.

Deux techniques peuvent être mises en oeuvre pour la réduction pondérale chez le chien. Le jeûne est applicable à condition que l'animal ne présente pas de pathologie concomitante telles qu'une insuffisance hépatique ou un diabète. Il est nécessaire d'hospitaliser l'animal et de lui fournir des compléments journaliers de minéraux et de vitamines. De nombreux auteurs ont

montré que la privation totale de nourriture est bien supporté par le chien (De Bruijne et Lubberink, 1977; Brady et Armstrong, 1977) mais selon Abel *et al.* (1979), un jeûne prolongé au delà de 36 jours peut entraîner des lésions cardiaques. De plus, cette méthode sera peu utilisée, notamment pour des raisons d'éthique (Anderson, 1987) et de manque d'implication du propriétaire (Lewis, 1978).

La restriction calorique est donc la seule alternative réellement valable. Un protocole très strict doit donc être établi en coopération avec le propriétaire de l'animal (Tableau 1). La ration est calculée pour apporter 40 (Markwell *et al.*, 1990) à 60 (Edney, 1974) % de l'énergie nécessaire au **maintien du poids optimal**. Un des problèmes majeurs posé au clinicien réside dans le choix de l'aliment de régime. Certains propriétaires distribuent le même aliment en quantité réduite bien que cette solution ait peu de chance de réussite (Lewis, 1978). L'animal privé de nourriture peut développer un comportement désagréable : nervosité, aboiements, vol d'aliments et parfois même de l'agressivité (Branam, 1988). Ces comportements décourageront le propriétaire et le régime n'aura guère de chance de succès. Crowell-Davis *et al.* (1995) relatent les effets de la restriction calorique sur le comportement d'un groupe de chiens gardés en chenil. Dans les premiers jours de la restriction calorique, les animaux montrent une plus grande propension à mâcher des objets non alimentaires, une agressivité plus importante chez certains, et une augmentation de la fréquence des aboiements. Le choix d'une alimentation spécialement adaptée est préconisé (Anderson, 1973).

Les modalités de distribution et la composition du régime hypocalorique sont des sujets très controversés. Néanmoins, les points suivants sont unanimement acceptés :

1. La restriction calorique (40 à 60 % de l'énergie nécessaire au maintien du poids optimal) entraîne une réduction pondérale. Si le poids de l'animal ne diminue pas, il faut encore réduire les apports après s'être assuré que le propriétaire ne distribue pas de suppléments (Markwell *et al.*, 1990).
2. Les aliments commerciaux destinés à traiter l'obésité chez les carnivores domestiques doivent présenter une densité énergétique faible. Ceci est par ailleurs une exigence légale (Diez *et al.*, 1995). Parmi les moyens utilisés pour réduire la densité énergétique, citons l'incorporation de fibres alimentaires ou de grandes quantités d'eau dans les aliments.
3. Une teneur réduite en matières grasses (au maximum, 10 % de la matière sèche-MS-) est également recommandée afin de diminuer la densité énergétique de l'aliment (Hand, 1988).

Mais cette réduction a une limite : le taux de graisses doit être suffisamment élevé pour maintenir une appétence adéquate et apporter les quantités nécessaires d'acides gras essentiels.

4. L'aliment sera complet, équilibré et si possible, appétissant. En effet, la distribution d'un aliment peu appétissant peut entraîner un refus d'ingestion, ce qui n'est pas le but recherché. Les moyens classiques peuvent être mis en oeuvre pour augmenter l'appétence des aliments : addition d'eau et période de transition alimentaire.

5. Le fractionnement de la ration journalière en 3 ou 4 prises augmente la thermogénèse postprandiale (Leblanc et Diamond, 1985).

6. La perte de poids réalisée, il est impératif de suivre le poids du chien régulièrement et de conseiller le propriétaire pour le choix de l'aliment de maintenance et les quantités distribuées. En l'absence de précautions, un effet "rebond" est généralement observé (Kimura *et al.*, 1991; Laflamme et Kuhlman, 1995).

Les principes de rationnement du chien obèse repris dans le tableau 7.1 ont été recommandés par plusieurs auteurs. (Andersen et Lewis, 1980; Lewis *et al.*, 1987; Parkin, 1993; Laflamme et Kuhlman, 1993; Laflamme *et al.*, 1994b; Wolfsheimer, 1994).

TABLEAU 7.1.—Principes de rationnement du chien obèse.

---

**1. Coopération du propriétaire****2. Examen clinique du chien :**

Examen général

Estimation de la surcharge pondérale (poids actuel - poids optimal)

**3. But à atteindre :**"Bobby doit perdre  $x$  kg en  $y$  semaines"

pertes envisageables :3 % par semaine les 6 premières semaines

2 % par semaine à partir de la 7e semaine

**4. Choix d'un aliment hypocalorique****5. Détermination de la quantité de nourriture à distribuer et fractionnement des repas****6. Etablissement d'une courbe pondérale****7. Suivi assuré après le régime :**

suivi du poids

choix et quantité de l'aliment d'entretien

---

**§7.5.2. Fibres alimentaires et obésité**

La formulation de l'aliment diététique et l'utilisation des fibres alimentaires ont suscité un large débat, autant en nutrition humaine qu'animale. L'incorporation des fibres n'est pas systématique; c'est une approche parmi d'autres.

Rappelons leurs avantages pour le traitement diététique de l'obésité chez le chien:

- les fibres, en général, constituent des éléments de dilution des nutriments et permettent donc de diminuer la densité énergétique des aliments. Un aliment classique d'entretien présente une densité énergétique de 3500 à 4000 kilocalories -Kcal- par kg de MS alors que plusieurs auteurs (Lewis, 1978; Hand, 1988) préconisent une densité de 2500 Kcal par kg de MS pour le régime hypocalorique.

- les fibres solubles permettent de retarder la vidange gastrique et induisent une absorption plus lente des nutriments chez le chien (Russel et Bass, 1985).
- les fibres insolubles sont des éléments de lest, formant un bol alimentaire plus volumineux et accélérant le transit intestinal (Burrows *et al.*, 1982; Fahey *et al.*, 1990).

Mais les fibres présentent aussi quelques désavantages :

- elles sont peu appétissantes (Meyer *et al.*, 1978; Biourge *et al.*, 1987); elles provoquent des diminutions de la digestibilité de certains nutriments (protéines et minéraux) et elles augmentent la fréquence de défécation. Elles peuvent même entraîner des troubles gastro-intestinaux tels que des flatulences ou des diarrhées.

Certains fabricants associent les fibres insolubles utilisées en larges quantités (15-20% MS) à une teneur faible en matières grasses (<10% MS) pour la formulation des aliments hypocaloriques. On parlera donc d'aliments à teneurs élevées en fibres et faibles en graisses : HF-LF-high-fiber, low fat diet-. Ce type de produit contient également de plus grandes quantités de protéines pour limiter la perte de tissu maigre et des taux élevés de minéraux pour compenser les éventuelles diminutions de la digestibilité des nutriments

### **§7.5.3 Etudes cliniques chez les chiens obèses**

#### **§7.5.3.1. Effets sur les ingestions**

Selon Butterwick *et al.* (1994), les fibres insolubles ou solubles, utilisées à des concentrations modérées, ne modifient pas les ingestions chez le chien (Diez et Istasse, 1997). D'autre part, une ration contenant une teneur élevée en fibres insolubles a entraîné une réduction des ingestions chez un chien obèse (cas clinique) soumis à un régime hypocalorique (Biourge *et al.*, 1987) alors que le même aliment distribué en conditions expérimentales chez 7 chiens obèses a été très bien accepté (Borne *et al.*, 1996).

Par comparaison, chez l'homme, l'ingestion d'un supplément journalier de fibres insolubles (Astrup *et al.*, 1990; Rytting *et al.*, 1989), solubles (Krotkiewski, 1984; Di Lorenzo *et al.*, 1988) ou mixtes (Burley *et al.*, 1993) a provoqué une meilleure satiété ou a réduit la sensation de faim chez des patients obèses.

#### **§7.5.3.2. Effets sur le poids et la composition corporelle**

La restriction calorique associée à la distribution d'un régime à haute teneur en fibres et à teneur faible en lipides (HF-LF) a permis une réduction plus importante de la masse de graisse corporelle et des concentrations sériques en cholestérol, en comparaison à un régime à haute teneur en lipides et à teneur faible en fibres (Wolfsheimer *et al.*, 1994). Les réductions de poids corporel et de la pression artérielle étaient également plus importantes avec le régime HF-LF bien que les différences n'aient pas été significatives (Borne *et al.*, 1996). Les deux régimes comparés apportaient 35 % d'énergie métabolisable sous forme de protéines, ce qui est environ 10 % plus élevé qu'un régime d'entretien. L'augmentation de la teneur en protéines a pour but de limiter la perte azotée consécutive aux régimes hypocaloriques aussi bien chez le chien que chez l'homme (Durrant *et al.*, 1980). L'utilisation de la DEXA a permis de mettre en évidence des modifications de composition corporelle suite aux régimes hypocaloriques alors que les pertes pondérales étaient statistiquement comparables. Néanmoins, il faut se garder de toute conclusion hâtive : les effets de deux paramètres (teneur en lipides et teneur en fibres) étant confondus dans l'expérience. De plus, la distribution de régimes à teneur faibles en lipides -et sans ajout de fibres- provoque les mêmes effets chez le rat (Boozer *et al.*, 1993).

Chez l'homme, des pertes spontanées de poids (Krotkiewski, 1984) et de graisse corporelle (Raben *et al.*, 1995) ont également été rapportées suite à l'ingestion de fibres solubles ou insolubles chez des patients obèses ou non obèses. De plus, l'ajout d'un supplément de fibres insolubles (Solum *et al.*, 1987; Ryttig *et al.*, 1989) ou mixtes (Godi *et al.*, 1992) provoque chez des patients obèses soumis à une restriction calorique modérée (1200 Kcal/jour) une réduction pondérale plus importante, en comparaison à un régime témoin. Dans une autre étude, il n'existe pas de différence de réduction pondérale (10 kg/4 semaines) entre les patients obèses recevant des fibres insolubles et des patients témoins soumis à une restriction calorique sévère (400 Kcal/jour) (Astrup *et al.*, 1990). Il est évident que ces études sont difficilement comparables entre elles et leurs conclusions peu applicables chez le chien. Un autre facteur important chez l'humain est la motivation.

## §7.6. Conclusions

Les données publiées à ce jour ne permettent pas de tirer de conclusions sur les effets de l'ingestion de quantités significatives de fibres alimentaires (solubles, insolubles ou mixtes) chez les chiens obèses. Les protocoles expérimentaux développés à ce jour sont peu nombreux et n'apportent pas de réponse satisfaisante. Les comparaisons doivent porter sur plusieurs types de fibres alimentaires incorporées à des niveaux différents. Aussi, il est tout aussi erroné de déconseiller systématiquement les aliments contenant de larges quantités de fibres que de les prescrire d'office. Le choix de l'aliment de régime doit tenir compte de facteurs individuels : pathologie gastro-intestinale ou toute autre contre-indication éventuelle à un régime riche en fibres. Enfin, il faut insister sur le fait que la seule prescription d'un aliment riche en fibres ne suffit pas à entraîner la réussite du régime. D'autres facteurs -tels que l'appétence et la composition globale de l'aliment, le changement des habitudes et le suivi de la courbe pondérale- jouent également un rôle non négligeable.

## §7.7. Bibliographie

- ABEL R.M., GRIMES J.B., ALONSO D., ALONSO M., GAY W.A. Adverse hemodynamic and ultrastructural changes in dog hearts subjected to protein-calorie malnutrition. *Am. Heart J.*, 1979, **97**, 733-744.
- ANDERSEN G.L., LEWIS L.D. Obesity. Current Veterinary Therapy VII, Kirk R.W. ed., 1980, 1034-1039.
- ANDERSON R.S. Obesity in the dog and cat. *Vet. Ann.*, 1973, **14**, 182-186.
- ANDERSON R.S. L'obésité chez le chien. *Animalis Familiaris*, 1987, **2**, 13-16.
- ASTRUP A., VRIST E., QUADE F. Dietary fibre added to very low calorie diet reduces hunger and alleviates constipation. *Int. J. Obes.*, 1990, **14**, 105-112.
- BABA E., ARAKANA A. Myocardial hypoxia in an obese Beagle. *Vet. Med.*, 1984, **79**, 788-791.
- 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.
- BERGLER R. Man and dogs. The psychology of a relationship. Blackwell, Oxford, 1988.
- BIOURGE V., HENROTEAUX M., ISTASSE L., DEGROOTE A., BIENFAIT J.M. Traitement d'un cas d'obésité chez une chienne. *Ann. Méd. Vét.*, 1987, **131**, 419-424.



- BODEY A.R., MICHELL A.R. Epidemiological study of blood pressure in domestic dogs. *J. Small Anim. Pract.*, 1996, **37**, 116-125.
- BOOZER C.N., BRASSEUR A., ATKINSON R.L. Dietary fat affects weight loss and adiposity during energy restriction in rats. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1993, **58**, 846-852.
- BORNE A.T., WOLFSHEIMER K.J., TRUETT A.A., KIENE J., WOJCIECHOWSKI T., DAVENPORT D.J., FORD R.B., WEST D.B. Differential metabolic effects of energy restriction in dogs using diets varying in fat and fiber content. *Obes. Res.*, 1996, **4**, 337-345.
- BRADY L.J., ARMSTRONG M.K. Influence of prolonged fasting in the dog on glucose turnover and blood metabolites. *J. Nutr.*, 1977, **107**, 1053-1061.
- BRANAM J.E. Dietary management of obese dogs and cats. *Vet. Tech.*, 1988, **9**, 490-493.
- BROWN DC, CONZEMIUS MG, SHOFER FS. Body weight as a predisposing factor for humeral condylar fractures, cranial cruciate rupture and intervertebral disease in Cocker Spaniels. *Vet. Comp. Orthop. Trauma.*, 1996, **9**:38-41.
- BURLEY V.J., PAUL A.W., BLUNDELL J.E. Sustained post-ingestive action of dietary fibre : effects of a sugar-beet fibre-supplemented breakfast on satiety. *J. Hum. Nutr. Diet.*, 1993, **6**, 253-260.
- 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.
- BUTTERWICK R.F., MARKWELL P.J., THORNE C.J. Effect of level and source of dietary fibre on food intake in the dog. *J. Nutr.*, 1994, **124**, 2695S-2700S.
- CHIKAMUNE T., KATAMOTO H., OHASHI F., SHIMADA Y. Serum lipid and lipoprotein concentrations in obese dogs. *J. Vet. Med. Sci.*, 1995, **57**, 595-598.
- CLUTTON R.E. The medical implications of canine obesity and their relevance to anaesthesia. *Br. Vet. J.*, 1988, **144**, 21-28.
- CROWELL-DAVIS S.L., BARRY K., BALLAM J.M., LAFLAMME D.P. The effect of caloric restriction on the behavior of pen-housed dogs : transition from unrestricted to restricted diet. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 1995, **43**, 27-41.
- DE BRUIJNE J.J., LUBBERINK A.A.M.E. Obesity. *Current Veterinary Therapy VI*, Kirk R.W. ed., 1977, 1068-1070.
- DE RICK A., DE SCHEPPER J. Decreased endurance as a clinical sign of disease in the dog. *Vlaams Diergeneesk. Tijdschr.*, 1980, **49**, 307-321.
- DIEZ M., LEEMANS M., HOUINS G., ISTASSE L. Les aliments à objectif nutritionnel particulier chez les carnivores domestiques : les nouvelles directives de la Communauté

- Européenne et leur application pratique dans le cadre du traitement de l'obésité. *Ann. Méd. Vét.*, 1995, **139**, 395-399.
- DIEZ M., ISTASSE L. Fibres alimentaires chez le chien : IV. Effets sur les ingestions, le poids, les matières fécales et sur la digestibilité des nutriments. *Ann. Méd. Vét.*, 1997, **141**, 207-214.
- DI LORENZO C., WILLIAMS C.M., HAJNAL F., VALENZUELA J.E. Pectin delays gastric emptying and increases satiety in obese subjects. *Gastroenterology*, 1988, **95**, 1211-1215.
- DURRANT M.L., GARROW J.S., ROYSTON P., STALLEY S.F., SUNKIN S., WARWICK P.M. Factors influencing the composition of the weight lost by obese patients on a reducing diet. *Br. J. Nutr.*, 1980, **44**, 275-285.
- EDNEY A.T.B. Management of obesity in the dog. *Vet. Med. Small Anim. Pract.*, 1974, **69**, 46-49.
- EDNEY A.T.B., SMITH P.M. Study of obesity in dogs visiting veterinary practices in the United Kingdom. *Vet. Rec.*, 1986, **118**, 391-396.
- ETTINGER S.J. Textbook of Veterinary Internal Medicine. Diseases of the dog and cat. 2nd ed., WB Saunders Company, Philadelphia, 1983, 97.99.
- FAHEY G.C., MERCHEN N.R., CORBIN J.E., HAMILTON A.K., SERBE K.A., HIRAKAWA D.A. Dietary fibre for dogs : II. Iso-total dietary fibre (TDF) additions of divergent fibre sources to dog diets and their effects on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. *J. Anim. Sci.*, 1990, **68**, 4229-4235.
- FISER RH., ROLLINS J.B., BEISEL W.R. Decreased resistance against infectious canine hepatitis in dogs fed a high-fat ration. *Am. J. Vet. Res.*, 1972, **33**, 713-719.
- FORBES D.C., WHITE D.E. A case of marked and unresponsive obesity. *Can. Vet. J.*, 1987, **28**, 187.
- FORD S.L., NELSON R.W., FELDMAN E.C., NIWA D. Insulin resistance in three dogs with hypothyroidism and diabetes mellitus. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1993, **202**, 1478-1480.
- GLICKMAN L.T., SONNENSCHN E.G., GLICKMAN N.W., DONOGHUE S., GOLDSCHMIDT M.H. Pattern of diet and obesity in female adult pet dogs. *Vet. Clin. Nutr.*, 1995, **2**, 6-13.
- GODI R., MARCHINI G., CAIRELLA M. Clinical observations on the use of a dietary fibre supplement in the treatment of obese patients. *Clinica Dietologica*, 1992, **19**: 297-299.
- GREGORY S.P. Developments in the understanding of the pathophysiology of urethral sphincter mechanism incompetence in the bitch. *Br. Vet. J.*, 1994, **150**, 135-150.

- HAND M.S. Effects of low-fat/high-fibre in the dietary management of obesity. Proceedings of the 6th Annual veterinary forum, Madison, Omnipress, 1988, 702-703.
- HAND M.S., ARMSTRONG J., ALLEN T.A. Obesity : occurrence, treatment and prevention. *Vet. Clin. N.A. Small Anim. Pract.*, 1989, **19**, 447-474.
- JANICKI A.M., SENDECKA H. Pathological rupture of the cranial cruciate ligament in dogs. *Medycyna Weterynaryjna*, 1991, **47**, 489-491.
- JOSHUA J.O. The obese dog and some clinical repercussions. *J. Small Anim. Pract.*, 1970, **11**, 601-606.
- KAELIN S., WATSON A.D.J., CHURCH D.B. Hypothyroidism in the dog : a retrospective study of sixteen cases. *J. Small Anim. Pract.*, 1986, **27**, 533-539.
- KARCZEWSKI W., OSTRZESZEWICZ G., NAGAJEWSKI M. Analysis of factors predisposing to pyometra and the results of surgical treatment. *Medycyna Weterynaryjna*, 1987, **43**, 487-489.
- KEALY R.D., OLSSON S.E., MONTI K.L., LAWLER D.F., BIERY D.N., HELMS R.W., LUST G., SMITH G.K. Effects of limited food consumption on the incidence of hip dysplasia in growing dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1992, **201**, 857-863.
- KIENZLE E., BERGLER R., MANDENACH A. Comparison of the feeding behaviour and the man-animal relationship in owners of normal and obese dogs. The Waltham International Symposium 1997, Orlando, Florida, USA, 26-29th May 1997, p 92.
- KIMURA T., OHSHIMA S., LIDA K. A clinical report of the diet therapy on an obese dog. *J. Jpn. Vet. Med. Assoc.*, 1991, **44**, 933-938.
- KRONFELD D.S. Cutting down on canine obesity. *Vet. Pract.*, 1988, 9-10.
- KROOK L., LARSSON S., ROONEY J.R. The interrelationship of diabetes mellitus, obesity, and pyometra in the dog. *Am. J. Vet. Res.*, 1960, **21**, 120-124.
- KROTKIEWSKI M. Effect of guar gum on body-weight, hunger ratings and metabolism in obese subjects. *Br. J. Nutr.*, 1984, **52**, 97-105.
- LAFLAMME D.P. Body condition scoring and weight maintenance. *Proc. N.A. Vet. Conf.*, 1993, 290-291.
- LAFLAMME D.P., KUHLMAN G. Obesity management : it can work. *Proc. N.A. Vet. Conf.*, 1993, 291-293.
- LAFLAMME D.P., KEALY R.D., SCHMIDT D.A. Estimation of body fat by body condition score. *J. Vet. Int. Med.*, 1994a, **8**, 154A.
- LAFLAMME D.P., KUHLMAN G., LAWLER D.F., KEALY R.D., SCHMIDT D.A. Obesity management in dogs. *Vet. Clin. Nutr.*, 1994b, **1**, 59-65.

- LAFLAMME D.P., KUHLMAN G. The effect of weight loss regimen on subsequent weight maintenance in dogs. *Nutr. Res.*, 1995, **15**, 1019-1028.
- LEBLANC J., DIAMOND P. The effect of meal frequency on postprandial thermogenesis in dogs. *Fed. Proc.*, 1985, **44**, 1678.
- LEGRAND-DEFRETIN V. Energy requirements of cat and dogs-what goes wrong ? *Int. J. Obes.*, 1994, **18**, suppl 1, S8-S13.
- LEWIS L.D. Obesity in the dog. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.*, 1978, **14**, 402-409.
- LEWIS L.D., MORRIS M.L., Jr, HAND M.S. Alimentation clinique des petits animaux III. Mark Morris Associates, Topeka, Kansas, 1987.
- MARKWELL P.J., VAN ERK W., PARKIN G.D., SLOTH, C.J. SHANTZ-CHRISTIENSON. Obesity in the dog. *J. Small Anim. Pract.*, 1990, **31**, 533-538.
- MARKWELL P.J., BUTTERWICK R.F. Obesity. The Waltham book of clinical nutrition of the dog and cat, Ed. J.M. Wills & K.W. Simpson., 1994, 131-148.
- MASON E. Obesity in pet dogs. *Vet. Rec.*, 1970, **86**, 612-616.
- MATTHEEUWS D., ROTTIERS R., KANEKO J.J., VERMEULEN A. Diabetes mellitus in dogs : relationship of obesity to glucose tolerance and insulin response. *Am. J. Vet. Res.*, 1984a, **45**, 98-103.
- MATTHEEUWS D., ROTTIERS R., BAYENS D., VERMEULEN A. Glucose tolerance and insulin response in obese dogs. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.*, 1984b, **20**:287-293.
- MEYER H., DROCHNER W., WEIDENHAUPT C. Ein Beitrag zum Vorkommen und zur Behandlung der Adipositas des Hundes. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 1978, **85**, 133-136.
- MIYAKE Y.I., KANEDA Y., HARA S., FUJII Y. Studies on the effects of spaying in small animals : results of a questionnaire survey. *J. Jpn. Vet. Med. Assoc.*, 1988, **41**, 267-271.
- MUNDAY H.S., BOOLES D., ANDERSON P., POORE D.W., EARLE K.E. The repeatability of body composition measurements in dogs and cats using dual energy X-ray Absorptiometry. *J. Nutr.*, 1994, **124**, suppl, 2619S-2621S.
- NEWBERNE P.M. Overnutrition on resistance of dogs to distemper virus. *Fed. Proc.*, 1966, **25**, 1701-1710.
- NEWBERNE P.M. The influence of nutrition response to infectious disease. *Adv. Vet. Sci. Comp. Med.*, 1973, **17**, 265-289.
- NORRIS M.P., BEAVER B.V. Application of behavior therapy techniques to the treatment of obesity in companion animals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1993, **202**, 728-730.

- N.R.C. National Research Council. Nutrients requirements of dogs, 1974, National Academy Press, Washington, D.C.
- O'BRIEN J.A., BUCHANAN J.W., KELLY D.E. Tracheal collapse in the dog. *J. Am. Vet. Radiol. Soc.*, 1966, **7**, 12-20.
- PANCIERA D.L. Hypothyroidism in dogs : 66 cases (1987-1992). *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1994, **204**, 761-767.
- PARKIN G.D. Management of obesity-the practitioner's experience. *Int. J. Obes.*, 1993, **18** (Suppl. 1), S36-S38.
- PEDERSEN G.J. Elbow osteoarthritis. 2. A study of a cross section of the dog population. *Dansk Veterinaertidsskrift*, 1993, **76**, 353-358.
- RABEN A., JENSEN N.D., MARCKMANN P., SANDSTOM B., ASTRUP A. Spontaneous weight loss during 11 week's *ad libitum* intake of a low fat/high fiber diet in young, normal weight subjects. *Int. J. Obes.*, 1995, **19**, 916-923.
- RICHARDSON D.C. The role of nutrition in canine hip dysplasia. *Vet. Clin. NA. Small Anim. Pract.*, 1992, **22**, 529-540.
- ROCCHINI A.P., MOOREHEAD C., WENTZ E., DEREMER S. Obesity-induced hypertension in the dog. *Hypertension*, 1987, **9**, suppl III, III64-III68.
- ROCHE E.A., ROSELER B.J.E., MASON K.V., BELFORD C. Observations on five cases of canine hypothyroidism. *Aust. Vet. Pract.*, 1991, **21**, 114-120.
- RUSSELL J., BASS P. Canine gastric emptying of fibre meals : influence of meal viscosity and antroduodenal motility. *Am. J. Physiol.*, 1985, **249**, G662-G667.
- RYTTIG K.R., TELLNES G., HAEG L., BOE E., FAGERTHUN H. A dietary fibre supplement and weight maintenance after weight reduction : a randomized, double-blind, placebo-controlled long-term trial. *Int. J. Obes.*, 1989, **13**, 165-171.
- SOLUM T.T., RYTTIG K.R., SOLUM E., LARSEN S. The influence of a high-fibre diet on body weight, serum lipids and blood pressure in slightly overweight persons. A randomized, double-blind, placebo-controlled investigation with diet and fibre tablets. *Int. J. Obes.*, 1987, **11**, Suppl.1, 67-91.
- SONNENSCHN E.G., GLICKMAN L.T., GOLDSCHMIDT M.H., Mc KEE L.J. Body conformation, diet, and risk of breast cancer in pet dogs : a case-control study. *Am. J. Epidemiol.*, 1991, **133**, 694-703.
- SPEARMAN J.G., LITTLE P.B. Hyperadrenocorticism in dogs : a study of eight cases. *Can. Vet. J.*, 1978, **19**, 33-39.
- STEININGER E. Die Adipositas und ihre diätetische Behandlung. *Wien. Tierarztl. Mschr.*, 1981, **68**, 122-130.

- VALTONEN M.H., OKSANEN A. Cardiovascular disease and nephritis in dogs. *J Small Anim. Pract.*, 1972, **13**, 687-697.
- VAN WINCKLE T.J., BRUCE E. Thrombosis of the portal vein in eleven dogs. *Vet. Pathol.*, 1993, **30**, 28-35.
- 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.
- WHITE R.A.S., WILLIAMS J.M. Tracheal collapse in the dog-is there really a role for surgery ? A survey of 100 cases. *J.Small Anim. Pract.*, 1994, **35**, 191-196.
- WILLIAMS G.D., NEWBERNE P.M. Decreased resistance to salmonella infection in obese dogs. *Fed. Proc.*, 1971, **30**, 572.
- WOLFSHEIMER K.J. Problems in diabetes mellitus management. *Probl. Vet. Med.*, 1990, **2**, 591-601.
- WOLFSHEIMER K.J., WEST D.B., KIENE J., WOJCIECHOWSKI T., ATTERBERRY A., BORNE A., FORD R., DAVENPORT D. Differential metabolic effects of caloric restriction using high-fat Vs low-fat diets in dogs. *J.Vet. Int. Med.*; Abstracts, 1994, **8**, 154.
- WOLFSHEIMER, K.J. Obesity in dogs. *Comp. Cont. Educ. Small Anim. Pract.*, 1994, **16**, 981-998.