

**CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON**

Année 2021 - Thèse n° 111

**LECTURE CRITIQUE D'OUVRAGES DE  
VULGARISATION SUR L'ALIMENTATION COMMERCIALE  
NON THERAPEUTIQUE DES CHIENS ET DES CHATS  
DE COMPAGNIE**

**THESE**

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1  
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 9 décembre 2021  
Pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

Par

**HAUWILLER Emilie**



**CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON**

Année 2021 - Thèse n° 111

**LECTURE CRITIQUE D'OUVRAGES DE  
VULGARISATION SUR L'ALIMENTATION COMMERCIALE  
NON THERAPEUTIQUE DES CHIENS ET DES CHATS  
DE COMPAGNIE**

**THESE**

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1  
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 9 décembre 2021  
Pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

Par

**HAUWILLER Emilie**



## Liste des Enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (01-09-2021)

ABITBOL	Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
ARCANGIOLI	Marie-Anne	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
AYRAL	Florence	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BECKER	Claire	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BELLUCO	Sara	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENAMOU-SMITH	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENOIT	Etienne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BERNY	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BOULOCHE	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BOURDOISEAU	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur émérite
BOURGOIN	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BRUYERE	Pierre	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BUFF	Samuel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BURONFOSSE	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
CACHON	Thibaut	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
CADORÉ	Jean-Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
CHABANNE	Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CHALVET-MONFRAY	Karine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DE BOYER DES ROCHES	Alice	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DJELOUADJI	Zorée	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
ESCRIOU	Catherine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
FRIKHA	Mohamed-Ridha	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GALIA	Wessam	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GILOT-FROMONT	Emmanuelle	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
GONTHIER	Alain	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GRANCHER	Denis	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
GREZEL	Delphine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
HUGONNARD	Marine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
JUNOT	Stéphane	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
KODJO	Angeli	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
KRAFFT	Emilie	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
LAABERKI	Maria-Halima	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LAMBERT	Véronique	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LE GRAND	Dominique	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
LEBLOND	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LEDOUX	Dorothée	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LEFEBVRE	Sébastien	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LEGROS	Vincent	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LEPAGE	Olivier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LOUZIER	Vanessa	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
MARCHAL	Thierry	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MOISSONNIER	Pierre	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MOSCA	Marion	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
MOUNIER	Luc	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
PEPIN	Michel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
PIN	Didier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PONCE	Frédérique	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PORTIER	Karine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
POUZOT-NEVORET	Céline	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
PROUILLAC	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
REMY	Denise	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
RENE MARTELLET	Magalie	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
ROGER	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
SAWAYA	Serge	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
SCHRAMME	Michael	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
SERGENTET	Delphine	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
THIEBAULT	Jean-Jacques	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
TORTEREAU	Antonin	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
VIGUIER	Eric	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
ZENNER	Lionel	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur



## **Remerciements**

### **A Monsieur le Professeur François GUEYFFIER**

*De l'Université Claude Bernard Lyon 1, Faculté de médecine de Lyon,*

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse,

Pour l'intérêt porté à mon travail,

Pour votre réactivité lors de nos échanges,

Veillez trouver ici l'expression de toute ma gratitude

### **A Monsieur le Docteur Sébastien LEFEBVRE**

*De VetAgro Sup, Campus Vétérinaire de Lyon,*

Pour m'avoir aiguillée dans ce sujet,

Pour votre encadrement, vos conseils et vos encouragements,

Pour votre aide et vos remarques avisées,

Pour votre disponibilité,

Veillez trouver ici l'expression de toute ma reconnaissance

### **A Monsieur le Docteur Laurent ALVES DE OLIVEIRA**

*De VetAgro Sup, Campus Vétérinaire de Lyon,*

Pour votre participation à ce jury après avoir été mon professeur référent en 5<sup>e</sup> année d'école vétérinaire,

Pour l'intérêt porté à mon travail,

Pour vos corrections et remarques avisées,

Veillez trouver l'expression de toute ma gratitude







## Table des matières

Table des annexes .....	13
Table des figures .....	15
Table des tableaux.....	17
Introduction.....	21
Prologue : place de l’animal de compagnie en France et son influence sur le marché de la vente d’aliment commercial .....	23
I. Pré-requis utiles à la compréhension et à l’étude de la fabrication de l’alimentation commerciale pour animaux de compagnie.....	29
A. Les processus de fabrication des aliments commerciaux pour animaux de compagnie ....	29
1. Les procédés à l’origine d’un aliment sec : les croquettes.....	29
a) Principe général de fabrication .....	29
b) Des procédés de fabrication alternatifs .....	31
(1) Le pressage à froid .....	31
(2) L’extrusion à 90°C et basse pression .....	32
c) Etude de la digestibilité des aliments extrudés .....	32
(1) Rappels sur le calcul de la digestibilité .....	32
(2) Digestibilité des protéines en lien avec les réactions de Maillard.....	33
(3) Effets de l’extrusion sur la digestibilité de l’amidon .....	34
(4) Effets de l’extrusion sur la digestibilité des lipides.....	34
d) Les avantages du procédé d’extrusion .....	35
2. Mention sur la fabrication des aliments humides : pâtées et bouchées.....	36
3. Conclusion partielle .....	37
B. Les aliments commerciaux sont soumis à une réglementation stricte .....	38
1. Définition d’un aliment « complet ».....	38
2. Réglementations européennes quant à l’origine des matières premières.....	39
a) Matières premières d’origine animale .....	39
b) Matières premières d’origine végétale.....	41
3. Encadrement des additifs alimentaires.....	41
4. La transparence de l’étiquetage : un domaine sujet à amélioration. ....	43
5. Conclusion partielle .....	46
II. Etude approfondie des arguments avancés dans les ouvrages de vulgarisation étudiés et confrontations aux publications scientifiques .....	49
A. “Le chien descend du loup, son alimentation doit donc lui être similaire” .....	49

1.	Le chien domestique, un descendant direct du loup gris ? .....	49
2.	Les chiens sont des carnivores et partagent les caractéristiques anatomiques du loup..	50
3.	Conclusion partielle .....	51
B.	Les processus de fabrication remis en cause.....	52
1.	Dénaturation et destruction des nutriments contenus dans les matières premières aboutissant à la fabrication d'un aliment de synthèse.....	52
a)	Déficit en nutriments et enzymes exogènes.....	52
(1)	Les enzymes exogènes .....	53
(2)	Les vitamines.....	54
b)	Des additifs et conservateurs potentiellement cancérigènes : l'exemple de la carraghénane et des nitrites .....	56
(1)	Exemple d'un agent épaississant : la carraghénane (E407) .....	56
(2)	Les nitrites et nitrates à l'origine de nitrosamines.....	57
2.	Les traitements thermiques sur l'alimentation commerciale et leurs conséquences.....	59
a)	A l'origine d'un composé cancérigène : l'acrylamide .....	59
b)	Mention sur la leucocytose digestive.....	60
3.	L'aliment sec et le déficit hydrique .....	61
4.	Les risques de contamination de l'aliment commercial par contamination des matières premières.....	62
a)	Les mycotoxines .....	64
b)	Contamination par des métaux lourds.....	68
5.	Conclusion partielle .....	69
C.	La composition en nutriments remise en question.....	71
1.	Les protéines .....	71
a)	La qualité des protéines animales remise en cause.....	71
b)	Débat autour de la composition en protéines des aliments commerciaux et son rôle dans les maladies rénales chroniques.....	73
c)	La controverse autour des protéines hydrolysées .....	75
d)	Débat autour des sources végétales de protéines .....	76
e)	Conclusion partielle .....	80
2.	Les glucides .....	81
a)	Les fibres.....	81
b)	L'amidon, une source d'énergie inutile ? .....	84
c)	Rôle supposé des glucides dans certaines pathologies .....	87
(a)	<i>Exemple des maladies urinaires et rénales du chat .....</i>	<i>87</i>
(b)	<i>Les glucides à l'origine d'un état inflammatoire chronique ? .....</i>	<i>88</i>

(c) <i>L'amidon à l'origine du diabète et des pancréatites ?</i> .....	90
d) Conclusion partielle .....	91
3. Mention sur les lipides .....	93
4. Brève étude des cendres.....	95
D. Les nouvelles tendances alimentaires pour redorer l'image de la croquette : intérêts et limites des nouvelles gammes commerciales .....	98
a) Les aliments sans céréales : la chasse à l'amidon et au gluten .....	98
b) Le « bio » pour lutter contre les contaminants.....	100
c) Les croquettes végétariennes : plus éthiques ? .....	101
d) Conclusion partielle .....	103
Conclusion générale.....	105
ANNEXE .....	107
Bibliographie.....	109



## **TABLE DES ANNEXES**

Classement des substances cancérogènes par le CIRC.....	107
---	-----



## TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution de la population féline et canine depuis les années 2000 (exprimée en millions) (source : FACCO 2020).....	23
Figure 2: Population des animaux de compagnie (exprimée en millions) en France (source : FACCO 2020).....	23
Figure 3 : Coût annuel moyen en euros alloué à l'alimentation des chats et chiens de compagnie (source Idéalo, données 2018) .....	25
Figure 4 : les différents acteurs du secteur de la vente d'aliments pour animaux de compagnie (Treich, 2020) .....	25
Figure 5 : Schématisation des étapes générales de fabrication des aliments secs.....	29
Figure 6 : Description schématique d'un extrudeur (Diagne et al., 2011).....	30
Figure 7 : Spectre de solubilité et fermentescibilité des principales sources de fibres utilisées dans le pet-food (Wernimont et al., 2020) .....	82
Figure 8: Etapes schématisées de la digestion de l'amidon et de l'absorption du glucose chez le chien.....	85
Figure 9: Métabolisme des acides gras essentiels et rôle dans la réponse inflammatoire .....	94



## TABLE DES TABLEAUX

Table 1 : Comparaison des digestibilités apparentes des protéines et des lipides chez des chiens et des chats soumis à un régime extrudé ou cru (d'après Algya et al. 2018, Kerr et al. 2012).....	33
Table 2 : Principaux règlements européens encadrant la fabrication et la mise sur le marché d'aliments commerciaux pour animaux.....	38
Table 3 : Classification des sous-produits animaux selon leur risque sanitaire et leur devenir d'après (CE) n°1069/29 .....	40
Table 4 : Proportion par rapport à l'ensemble des matières premières dans le cas d'allégation concernant un ingrédient particulier .....	45
Table 5 : Les vitamines et leurs rôles dans l'organisme (d'après l'ANSES, références nutritionnelles en vitamines et minéraux).....	54
Table 6 : Perte en vitamines lors de l'extrusion d'un aliment commercial sec destiné aux chiens (Tran et al., 2008).....	55
Table 7 : Synthèse des effets des principales mycotoxines retrouvées dans le pet-food (d'après Boermans and Leung, 2007) .....	65
Table 8 : Occurrence, intervalle de concentration et valeur maximale recommandée dans le pet-food des principales mycotoxines (Castaldo et al., 2019 ; Recommandation (UE) 2016/1319 de la commission du 29 juillet 2016).....	66
Table 9 : Toxicité des métaux lourds chez le chien (d'après Kim et al., 2018) et teneurs limites tolérées dans l'Union Européenne (2013/1275/EC) .....	68
Table 10 : Liste des acides aminés essentiels et recommandations d'apports minimaux en %MS pour les chiens (BEE = 110 kCal/kg <sup>0,75</sup> ) et les chats (BEE = 100 kcal/kg <sup>0,67</sup> ) adultes (d'après FEDIAF, 2020) .....	72
Table 11 : Apports en acides aminés essentiels en pourcentage de matière sèche pour diverses sources de protéines utilisées en alimentation canine (d'après Brown, 1989).....	79
Table 12 : Effets des acides gras à chaîne courte produits par dégradation des fibres alimentaires sur l'organisme de l'hôte (d'après Wernimont et al., 2020).....	83
Table 13: Principaux minéraux alimentaires et leur rôle dans l'organisme (ANSES) .....	96



## LISTE DES ABREVIATIONS

AA : Acides aminés  
AAE : Acides Aminés Essentiels  
ACVIM : American College of Veterinary Internal Medicine  
AFB1 : Aflatoxine B1  
AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments  
AGV : Acides Gras Volatils  
ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail  
BARF : Biologically Appropriate Raw Food  
BBE : Besoin Energétique à l'Entretien  
CIRC : Centre International de Recherche Contre le Cancer  
CMD : Cardiomyopathie Dilatée  
DGCCRF : Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes  
DGLA : Acide Gamma-Linoléique  
DHA : Acide Docosahexanoïque  
DON : Déoxynivalénol  
EFSA : European Food Safety Authority, Autorité Européenne de Sécurité des Aliments  
ENA : Extractif Non Azoté  
EPA : Acide Eicosapentaénoïque  
FACCO : Fédération des Fabricants d'Aliments pour Chiens, Chats, Oiseaux et autres animaux familiers  
FB1 : Fumonisine B1  
FDA : Food and Drug Administration  
FEDIAF : Fédération Européenne de l'Industrie des Aliments pour Animaux Familiers  
GMS : Grandes et Moyennes Surfaces  
IFOP : Institut Français d'Opinion Publique  
INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement  
MRC : Maladie Rénale Chronique  
MS : Matière Sèche  
NRC : National Research Council (Conseil National de la Recherche des Etats-Unis)  
OGM : Organisme Génétiquement Modifié  
OMS : Organisation Mondiale de la Santé  
OTA : Ochratoxine A  
RASFF : Rapid Alert System for Food and Feed (Réseau d'Alerte Rapide Européen pour l'Alimentation Humaine et Animale)  
RPP : Rapport Protido-Phosphorique  
SNVEL : Syndicat National des Vétérinaires d'Exercice Libéral  
ZEA : Zéaralénone



## INTRODUCTION

### **Droit de courte citation (article L122-5-3° du Code de la propriété intellectuelle) :**

*« Lorsque l'œuvre a été divulguée, l'auteur ne peut interdire : [...] »*

*3° Sous réserve que soient indiqués clairement le nom de l'auteur et la source :*

*a) Les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, polémique, pédagogique, scientifique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées. »*

Aujourd'hui en France, près d'un foyer sur deux possède un animal de compagnie. Le chat et le chien arrivent en tête des animaux préférés des Français et sont également les animaux domestiques les plus présents dans les foyers, avec respectivement 14,2 et 7,6 millions de représentants. Les bienfaits attribués aux animaux de compagnie sont nombreux (tendresse, réconfort, amélioration générale du bien-être) et leurs propriétaires le leur rendent bien. En effet, la garantie du bien-être et de la santé des animaux de compagnie est fondamentale pour les propriétaires, et passe, selon-eux, en priorité par l'apport d'une alimentation adaptée. La place de l'animal ayant évolué dans la société, les modes alimentaires pour les animaux de compagnie ont naturellement suivi cette évolution. Ainsi, les tendances sont passées d'une alimentation constituée de restes de table, à une alimentation commerciale dont la composition n'a cessé d'évoluer depuis sa création durant la période d'après-guerre. L'animal de compagnie étant aujourd'hui considéré comme un membre à part entière du foyer, les aliments commerciaux sont remis en cause au même titre que les aliments transformés à destination de l'Homme. Le vétérinaire ne trouve aujourd'hui que peu de légitimité dans son rôle de conseiller et d'expert en nutrition animale. Son indépendance est régulièrement remise en cause par une faible proportion de propriétaires, l'accusant d'être influencé par les industriels du pet-food dans ses prescriptions alimentaires. Ces propriétaires préfèrent s'informer auprès de sources jugées plus indépendantes, comme les sites internet ou encore les ouvrages de vulgarisation. Cependant, les lecteurs ne prennent habituellement que peu de recul critique sur le contenu de ces ouvrages, et s'imprègnent d'une information, qui, bien souvent, n'est pas vérifiée, malgré leur diffusion auprès du grand public.

L'objectif de ce travail est ainsi de démêler le vrai du faux, de lutter contre la désinformation ou l'imprécision du contenu de ces ouvrages, et ainsi, d'avoir des éléments de discussion face aux propriétaires réticents à l'utilisation d'une alimentation commerciale. Dans une volonté d'aider le vétérinaire à se replacer en expert de la nutrition animale, le but n'est pas de contraindre les propriétaires, mais bien de les conseiller et de les informer avec un argumentaire scientifique justifié. Dans ce travail il s'agit donc, après avoir revu le principe de base de fabrication de l'alimentation commerciale et l'ensemble des réglementations régissant ce domaine, de relever les principaux arguments fréquemment rencontrés dans un échantillon de quatre ouvrages de vulgarisation et de les confronter à la littérature scientifique.



## PROLOGUE : PLACE DE L'ANIMAL DE COMPAGNIE EN FRANCE ET SON INFLUENCE SUR LE MARCHE DE LA VENTE D'ALIMENT COMMERCIAL

Selon les données de la FACCO (Fédération des Fabricants d'Aliments pour Chiens, Chats, Oiseaux et autres animaux familiers) recueillies en 2020, un foyer français sur deux possède au moins un animal de compagnie, et 43,5% au moins un chien ou un chat. L'engouement des foyers français pour les chats n'a jamais faibli. A l'inverse, la population canine a connu une diminution de son effectif des années 2000 à 2014, passant de 9 à 7,3 millions de représentants. Cependant, depuis 2016, l'effectif de la population canine enregistre un début d'ascension avec augmentation de 5% depuis 2014 (figure 1). A l'automne 2020, la France compte 7,6 millions de chiens et 14,2 millions de chats (figure 2). Cette différence s'explique en partie par la perception des chats, dont la garde est jugée moins contraignante. Enfin, 4% des foyers français expriment l'intention d'acquérir un animal en 2020.

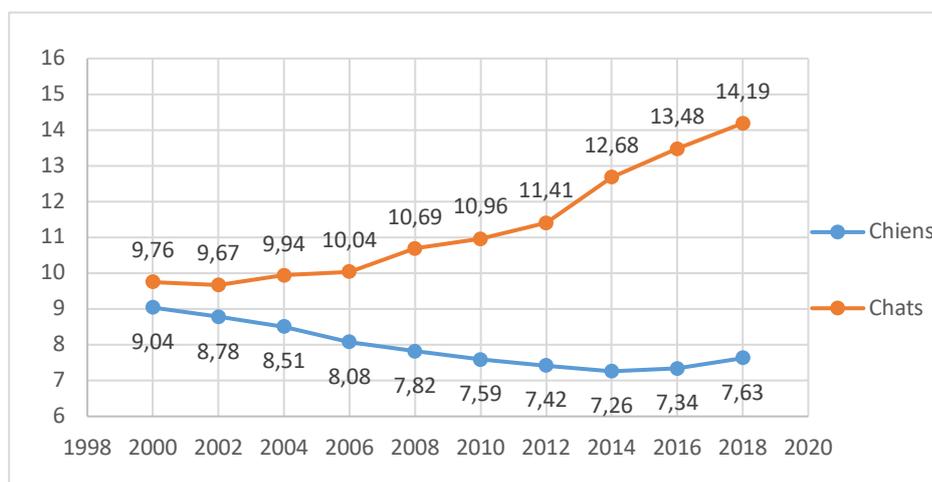


Figure 1 : Evolution de la population féline et canine depuis les années 2000 (exprimée en millions) (source : FACCO 2020)

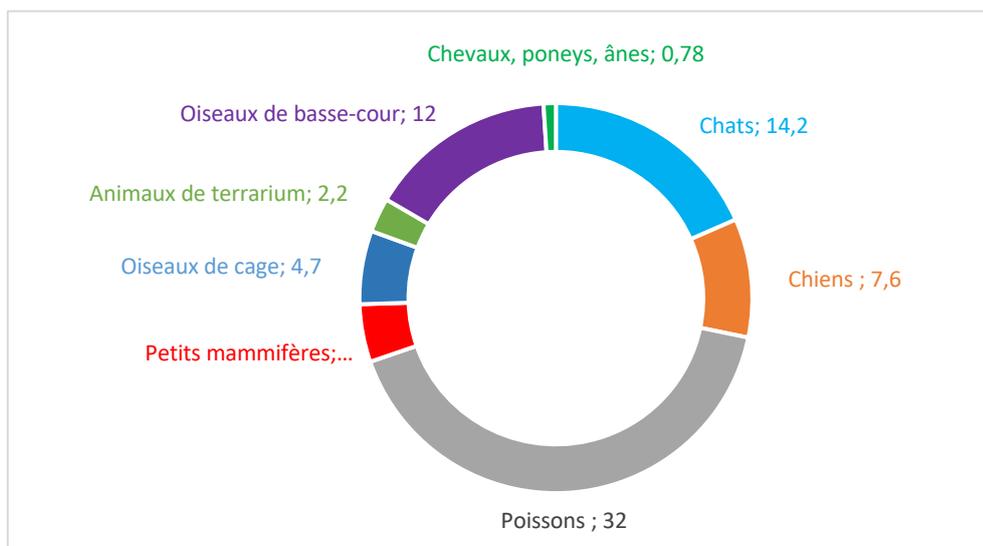


Figure 2: Population des animaux de compagnie (exprimée en millions) en France (source : FACCO 2020)

Le statut juridique de l'animal a beaucoup évolué depuis sa première réification dans le Code Civil, en 1804, sous le règne de Napoléon Bonaparte. L'animal est alors considéré comme un bien meuble, reflet de l'exploitation de l'animal par l'Homme. Puis, dès 1850, de nombreuses lois portant sur la protection animale ont été adoptées, initiées par la loi Grammont punissant « ceux qui auront exercé publiquement et abusivement des mauvais traitements envers les animaux domestiques ». La suppression de notion d'acte public et l'introduction du délit d'acte de cruauté sont établies à partir des années 1960. Le Code Pénal a d'abord puni ces agissements comme une atteinte à la propriété. Il a fallu attendre l'année 2015 pour que soient considérés les animaux, non plus comme des biens meubles, mais comme des « êtres vivants doués de sensibilité ». Ils restent cependant soumis au régime des biens. La société et le développement d'un lien affectif entre l'Homme et l'animal ont été moteur de l'évolution juridique du statut de l'animal depuis l'époque napoléonienne. En effet, considérés comme des outils depuis leur domestication au néolithique, les animaux se font progressivement une place dans la société à partir du XVIIe siècle, avec la naissance de débats sur leur capacité à ressentir ou à souffrir. Les animaux de compagnie s'introduisent dans les foyers, notamment sous l'impulsion de rois tels que Louis XV, qui développe la mode du « chien manchon », chiens de petite taille portés par les dames. Le concept d'animaux de compagnie, selon lequel un animal est toléré dans le foyer pour le seul bénéfice de sa compagnie, reste cependant très récent, comme en témoigne le développement des premiers cabinets vétérinaires exclusivement canins dans la deuxième moitié du XIXe siècle. La perception de l'animal dans la société a ainsi grandement évolué : de la notion d'« animal machine » décrite par Descartes, on aboutit aujourd'hui à un anthropomorphisme de plus en plus poussé avec un essor des services à l'animal (toiletteurs, vêtements pour animaux, hôtels...).

La perception actuelle de l'animal comme un membre à part entière du foyer n'est pas sans conséquences sur le marché animal, et notamment sur le marché de l'alimentation pour animaux de compagnie. Jusque dans les années 1960, les animaux de compagnie sont principalement nourris avec des restes de table. C'est en 1956 qu'est extrudée la première croquette. Très vite, ce mode d'alimentation occupe l'essentiel du marché alimentaire pour animaux de compagnie, et les entreprises introduisent diverses sortes de saveurs et variétés. Entre 1960 et 1977, les ventes d'aliments commerciaux pour animaux de compagnie sont multipliées par 100 du fait de l'augmentation du nombre d'animaux de compagnie et de l'offre d'aliments. Dans les années 1980 apparaissent les premières croquettes dites « de prescription » de la marque Hill's. Enfin, du fait de l'anthropomorphisation des animaux de compagnie, les modes alimentaires humaines se transposent fréquemment à l'alimentation animale. Ainsi, l'aversion actuelle d'une partie de la population pour la nourriture industrielle, avec un retour à une alimentation plus traditionnelle ou plus durable, se répercute également chez les animaux familiers. Les rations ménagères ou à base de viande crue sont alors remises au goût du jour, et la méthode d'extrusion ainsi que la composition des croquettes sont dorénavant débattues par une partie des propriétaires. Un attrait pour les gammes alimentaires premiums est également observé. Selon un sondage Ipsos réalisé en 2017 pour l'assurance animale SantéVet, 84% des propriétaires d'animaux de compagnie privilégient tout de même une alimentation à base de croquettes, tandis que l'utilisation d'une alimentation humide arrive en deuxième position. Celle-ci est un peu plus utilisée chez le chat que chez le chien. Malgré les controverses actuelles sur la qualité des croquettes, seulement 20% des propriétaires de chiens et 6% des propriétaires de chats déclarent préparer eux-mêmes la nourriture pour leur animal de compagnie.

Une autre enquête IPSOS (“Les Français et leurs animaux de compagnie,” 2020.), cette fois-ci en 2020 et pour Royal Canin, a révélé que, pour les propriétaires d’animaux, la garantie du bien-être des animaux de compagnie passe en priorité par l’apport d’une nourriture adaptée. Ainsi, l’alimentation représente le premier poste de dépenses pour les propriétaires de chiens et de chats. L’étude annuelle XERFI 2019 rapporte ainsi un coût moyen annuel de 750€ pour les chats dont 70% sont consacrés à l’alimentation. Les données concernant les chiens sont plus disparates et sont fonction de la taille du chien. Ainsi, l’alimentation d’un chien de 5kg coûte environ 211€ par an au propriétaire, tandis que celle d’un chien de 30kg dépasse les 800€ (figure 3).

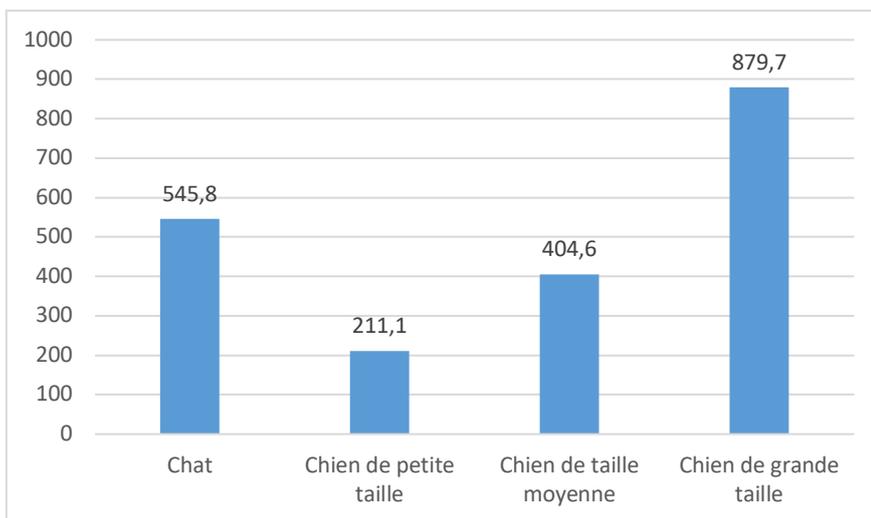


Figure 3 : Coût annuel moyen en euros alloué à l’alimentation des chats et chiens de compagnie (source Idéal, données 2018)

Prenant en compte le contexte exposé précédemment, il est aisé de déduire l’importance stratégique du marché de l’alimentation pour animaux de compagnie. Etant donné la hausse continue des ventes d’aliments pour animaux de compagnie, ce secteur se révèle être très concurrentiel et de nombreux concurrents se font face (figure 4).

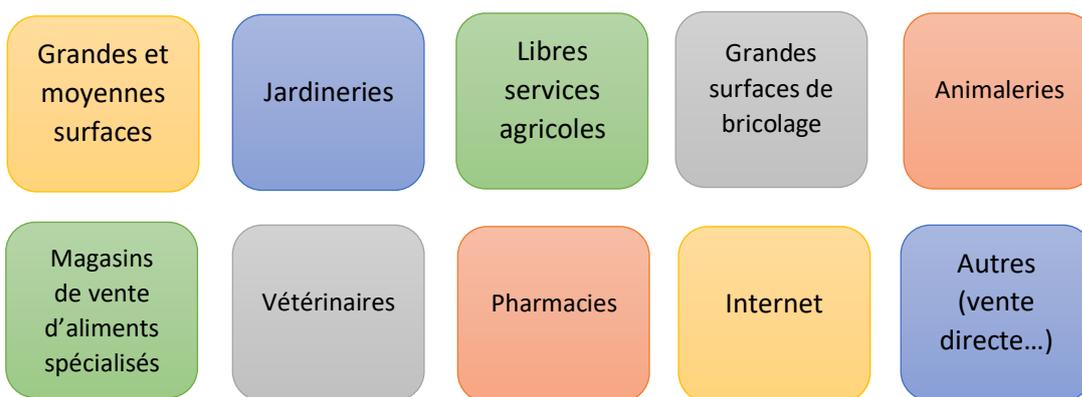


Figure 4 : les différents acteurs du secteur de la vente d’aliments pour animaux de compagnie (Treich, 2020)

- Grandes et moyennes surfaces

Les grandes et moyennes surfaces (GMS) sont les distributeurs majoritaires et historiques d'aliments pour animaux de compagnie. Entre 50 et 63% de propriétaires d'animaux de compagnie (toutes espèces confondues) s'y fournissent. Selon une étude de 2016, les propriétaires de chats semblent plus enclins à se fournir en GMS (78%) que les propriétaires de chiens (59%). Ces surfaces proposent majoritairement des aliments d'entrée de gamme. Pour les propriétaires, il est avantageux de pouvoir accéder aux prix les plus bas du marché tout en faisant leurs propres courses. Cependant, les ventes d'aliments d'entrée de gamme stagnent depuis quelques années. En effet, les propriétaires sont en recherche croissante d'aliment premium pour leurs animaux de compagnie, ce qui n'est pas compatible avec l'offre proposée par les GMS.

- Commerces spécialisés

Les commerces spécialisés correspondent aux jardinerie, aux grandes surfaces de bricolage et aux libres services agricoles. Ces deux derniers ne représentant respectivement que 2 et 10% du marché de la vente d'aliments en France. On s'intéresse plus particulièrement aux jardinerie. Il s'agit du deuxième acteur historique de la vente d'aliments pour animaux de compagnie, représentant 28% du marché actuel. Celles-ci se positionnent sur des aliments de milieu de gamme et proposent une offre très diversifiée. Les jardinerie se concentrent en particulier sur les aliments à destination des chiens. De ce fait, les ventes tendent également à stagner ces dernières années, puisque les aliments pour chat tirent actuellement le marché vers le haut. Appartenant à de grands groupes, les jardinerie vendent des gros volumes, ce qui leur permet de proposer des prix attractifs aux clients. Contrairement aux GMS, ceux-ci bénéficient également de conseils personnalisés de la part des vendeurs. Les animaleries et commerces spécialisés dans la vente d'aliments pour animaux de compagnie représentent 12% du marché et présentent le même positionnement que les jardinerie. Les animaleries se distinguent des jardinerie par leur valeur de spécialiste de l'animal voire de l'alimentation animale pour le grand public.

- Sites internet non vétérinaires

La vente en ligne est actuellement en plein essor et récupère des parts de marché de tous les acteurs précédemment cités. En 2017, elle représente 10% du marché et présente une croissance en valeur de 23% (Treich, 2020). La vente en ligne présente une offre extrêmement large, de l'entrée de gamme au premium, en passant par l'alimentation thérapeutique et les tendances actuelles (BARF, sans gluten, sans céréales...). Tout comme les jardinerie, les volumes de vente importants permettent de nettement réduire le prix des produits. Ainsi, l'écart moyen entre les prix pratiqués par le leader du marché en ligne (Zooplus) et les prix en magasins physiques, est estimé à 20%. Les propriétaires apprécient en particulier la facilité d'achat, les commandes pouvant être effectuées depuis le domicile et à n'importe quelle heure.

- Place des cabinets vétérinaires

Dans ce secteur très concurrentiel, les vétérinaires ont du mal à se faire une place, notamment face à la vente sur internet. En effet, les sites internet proposent également des gammes premiums et thérapeutiques mais à des prix bien plus avantageux que ceux pratiqués en cabinet vétérinaire.

Ainsi, on assiste ces dernières années à une restructuration du marché, avec une forte croissance des ventes en lignes et une légère croissance des ventes en animalerie. Les parts de marché des autres acteurs restent stables. Le volume des ventes réalisées par les vétérinaires est extrêmement faible en comparaison des autres acteurs. Leur statut d'expert de la santé et de la nutrition est contesté, leurs discours étant noyé dans la multitude de propos sur internet et les réseaux sociaux. En effet, même si 8 Français sur 10 considèrent que les vétérinaires sont les référents en santé animale (Etude VetFuturs France par le SNVEL (Syndicat National des Vétérinaires d'Exercice Libéral), 2018), la confiance accordée aux vétérinaires dans le domaine de la nutrition est nuancée. Par ailleurs, certains propriétaires remettent en question l'indépendance du vétérinaire, mettant en avant l'image du professionnel acheté par l'industrie. Pour une part non négligeable de propriétaires, notamment ceux adeptes du régime BARF (Biologically Appropriate Raw Food), internet est la première source d'information sur l'alimentation des animaux, suivi par les livres et les magazines.

A ce titre, quatre ouvrages de vulgarisation sur l'alimentation des animaux de compagnie ont ici été étudiés, choisis à la manière d'un propriétaire se laissant guider par les propositions d'achat sur les sites de vente en ligne. Toxic Croquettes est un ouvrage de 224 pages paru en 2014 aux éditions Thierry Souccar et écrit par Jutta Ziegler, vétérinaire autrichienne spécialisée en homéopathie et nutrition animale. A partir de cas cliniques, elle pointe du doigt une dégradation de la qualité des soins vétérinaires ; et ce notamment dans le domaine de la nutrition, où elle déplore l'influence des industriels sur les professionnels de la santé animale. La santé dans la gamelle a été écrit par Alessandro Prota, paru aux éditions Macro en 2019. Sur 208 pages, ce vétérinaire homéopathe italien analyse les facteurs de risques de l'alimentation commerciale pour animaux de compagnie, et propose une vingtaine de recettes adaptées aux animaux de compagnie. Dans Stop ! A la malbouffe – Croquettes de nos chiens et chats (2012, éditions Marco Pietteur), Sylvia Kramer, secrétaire médico-sociale, explique que la nourriture industrielle permet aux animaux de compagnie de « survivre » mais pas de « prospérer » et préconise ainsi une nourriture telle que « Mère Nature a conçu pour eux ». Elle entend ainsi, par le développement du BARF, rendre santé et vitalité aux animaux de compagnie. Enfin, le dernier ouvrage étudié, Vous êtes fous de leur faire avaler ça ! L'alimentation des chiens et des chats décryptée, a été rédigé par Morgane Kergoat en 2017, paru aux éditions Flammarion. En s'appuyant sur de nombreux exemples, recherches et témoignages vétérinaires, cette journaliste indépendante ayant collaboré avec des sites de vulgarisation scientifique, tente de démêler le vrai du faux concernant l'alimentation des animaux de compagnie. Elle met notamment en lumière la difficulté de l'étude des aliments commerciaux, montrant que les différentes gammes de croquettes ne se valent en rien.



# I. PRE-REQUIS UTILES A LA COMPREHENSION ET A L'ETUDE DE LA FABRICATION DE L'ALIMENTATION COMMERCIALE POUR ANIMAUX DE COMPAGNIE

## A. Les processus de fabrication des aliments commerciaux pour animaux de compagnie

### 1. Les procédés à l'origine d'un aliment sec : les croquettes

#### a) Principe général de fabrication

Les croquettes sont un aliment sec. Le taux d'humidité des croquettes n'est pas une mention obligatoire de l'étiquetage, mais elle est généralement comprise entre 8 et 10%. La majeure partie de l'eau des matières premières est retirée au cours du processus. Les matières premières utilisées sont en général déjà sèches dès réception à l'usine de fabrication. Le procédé industriel agro-alimentaire utilisé s'appelle l'extrusion. Il s'agit d'un procédé combinant plusieurs unités opérationnelles : mélange, cuisson, pétrissage, découpe et mise en forme. Sept étapes sont nécessaires à la réalisation du produit fini, récapitulées dans la figure 5.

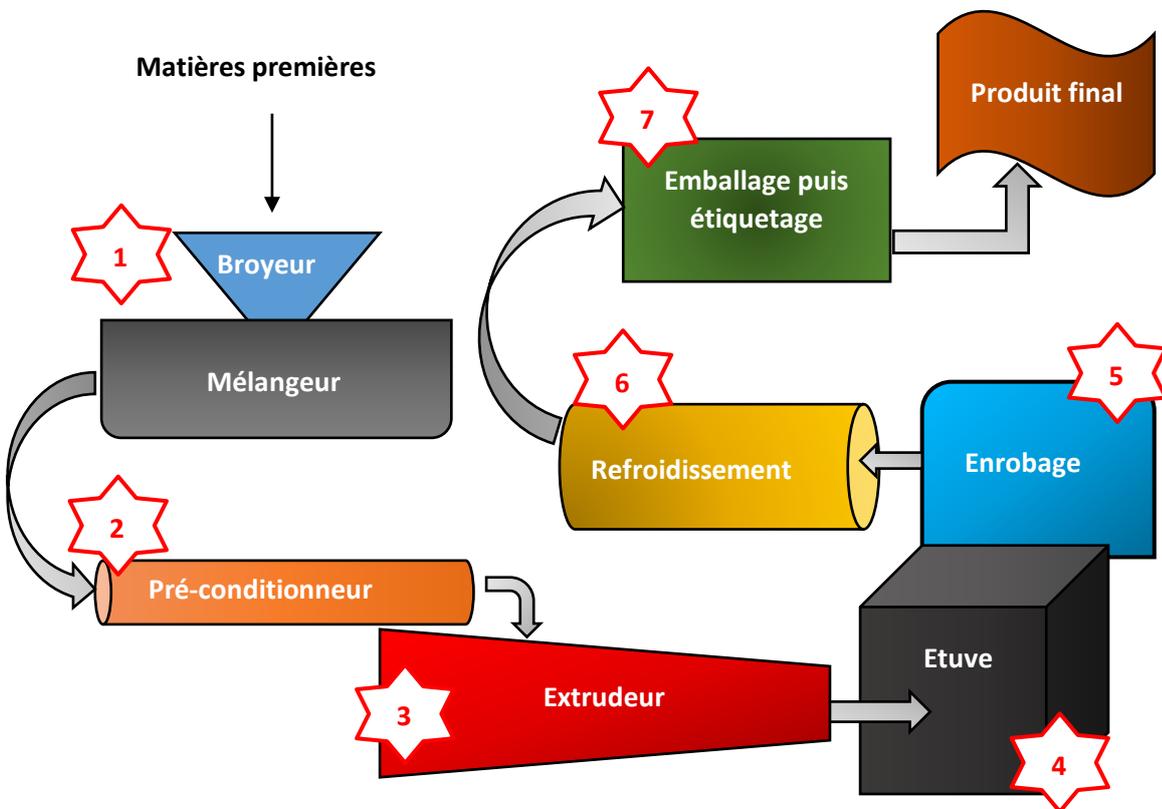


Figure 5 : Schématisation des étapes générales de fabrication des aliments secs

### 1. Broyage et mélange

Les matières premières sont pesées, broyées et mélangées ensemble à l'aide d'un mélangeur, selon des recettes préétablies, spécifiques à chaque gamme et marque de croquettes. Pour un aliment complet, la recette du fabricant est formulée de manière à fournir un apport nutritionnel complet et équilibré à l'espèce cible. La FEDIAF (Fédération Européenne de l'Industrie des Aliments pour Animaux Familiers) a créé un registre de recommandations nutritionnelles sur la base de travaux scientifiques que les membres doivent respecter (FEDIAF, 2020). Ce registre répertorie les apports minimaux nécessaires à la vie des animaux. De l'eau est ensuite ajoutée pour obtenir une pâte.

### 2. Préparation

La pâte obtenue est précuite à la vapeur d'eau. Pendant cette étape, certains fabricants ajoutent des protéines hydrolysées (hydrolysats). Le mélange est ensuite poussé vers l'extrudeur.

### 3. Cuisson et extrusion

Cette étape est le cœur du procédé de fabrication des croquettes. La pâte précuite à la vapeur subit une nouvelle cuisson (130°C) et est pressurisée (30 bars). En parallèle, elle migre jusqu'à la filière d'extrusion, permettant la formation de rubans découpés ensuite par des lames rotatives. La machine qui pousse le mélange est un extrudeur. Il s'agit d'une grande vis rotative s'insérant dans un cylindre au bout duquel se situe la filière d'extrusion (figure 6, (Diagne et al., 2011)). Le mélange est appelé extrudat. Les vis font progresser l'extrudat dans le cylindre. Le volume diminue le long du cylindre, et la résistance au mouvement de l'extrudat augmente, ce qui permet sa compression. La pression exercée sur le mélange augmente au fur et à mesure de la progression dans l'extrudeur. En bout de course, l'extrudat sous pression migre à travers des ouvertures de faible diamètre et de formes variées. Des lames rotatives coupent les rubans en croquettes unitaires. A la pression atmosphérique, l'extrudat se dilate pour atteindre sa forme finale et refroidit rapidement tandis qu'une partie de l'humidité s'évapore (Bordoloi and Ganguly, 2014).

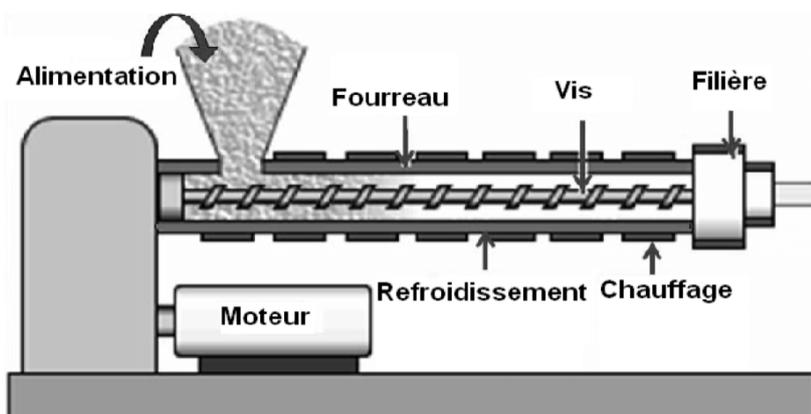


Figure 6 : Description schématique d'un extrudeur (Diagne et al., 2011)

4. Séchage : les croquettes ainsi obtenues sont passées à l'étuve, ce qui permet d'en extraire l'excès d'eau.
5. Enrobage : un mélange de matière grasses et de facteurs d'appétence est pulvérisé sur les croquettes afin d'obtenir une appétence maximale.
6. Refroidissement : les croquettes sont refroidies pour faciliter leur emballage.
7. Conditionnement : le produit final est conditionné de manière à préserver les qualités nutritionnelles des croquettes, limiter leur contamination et détérioration. Elles sont notamment préservées de la lumière et de l'humidité, qui peuvent dénaturer certains nutriments, par exemple la vitamine A.

L'extrusion est utilisée aussi bien en alimentation animale qu'humaine. Ainsi, les céréales de petit déjeuner, les pâtes, les biscottes ou encore les steaks végétaux sont également des produits d'extrusion.

#### **b) Des procédés de fabrication alternatifs**

Dans l'ensemble, les différentes techniques d'extrusion suivent le même schéma. Deux procédés alternatifs existent mais sont relativement peu documentés. Le site internet de la marque AMIKINOS® présente ces modes de fabrication.

##### ***(1) Le pressage à froid***

Ce procédé, très marginal, nécessite des matières premières azotées déshydratées. Ainsi, les sources de protéines sont séchées à 121°C. Les sources de glucides sont cuites à un minimum de 90°C. Des huiles végétales peuvent être intégrées dans le mélange. Trois mélanges successifs sont effectués, la température est montée progressivement à 40°C puis les croquettes sont agglomérées par pressage.

Ce procédé permettrait d'éviter les interactions entre les différents macronutriments. Cependant, il est plus lent et plus coûteux que la cuisson extrusion, donc peu compatible avec des fabrications industrielles.

## (2) *L'extrusion à 90°C et basse pression*

Cette méthode est très similaire à la cuisson extrusion décrite précédemment. Trois points majeurs diffèrent :

- La pression utilisée est réduite de 50 à 75% par rapport à une extrusion classique ;
- L'extrudat est chauffé par de la vapeur d'eau à 90°C. La température de cuisson maximale ne dépasse pas les 95°C ;
- Lors de la phase d'enrobage, les matières grasses sont pulvérisées sous vide, ce qui permettrait leur pénétration dans la croquette, et ainsi une répartition plus homogène.

La fabrication serait plus lente et plus coûteuse qu'avec un extrudeur classique, mais la réduction de pression et de chaleur augmenterait la digestibilité des nutriments et l'agglomération des croquettes serait possible avec moins d'amidon (moins de 10%). La marque AMIKINOS® utilise ce procédé, il faut donc prendre du recul sur les effets bénéfiques énoncés de ce procédé.

### c) **Etude de la digestibilité des aliments extrudés**

#### (1) *Rappels sur le calcul de la digestibilité*

La digestibilité exprime l'efficacité de la digestion d'un aliment. La fraction non digeste correspond aux matières fécales. La digestibilité d'un aliment dans son ensemble est généralement peu intéressante, contrairement à celle d'un composant en particulier, par exemple les protéines. Dans ce cas, on peut exprimer la digestibilité de la manière suivante :

$$d = \frac{I - F}{I}$$

Avec  $d$  la digestibilité des protéines,  $I$  la quantité de protéines ingérée, et  $F$  la quantité de protéines retrouvée dans les fèces.

La digestibilité apparente (CDa) ne prend pas en compte les substances endogènes (produites par l'animal) retrouvées dans les fèces, contrairement à la digestibilité réelle (CDr). La différence entre CDa et CDr est faible pour les glucides mais peut être parfois élevée pour les protéines, les matières grasses ou les minéraux.

$$CDa = d \times 100 = \frac{I - F}{I} \times 100$$

$$CDr = \frac{I - (F - Fe)}{I} \times 100 \quad (\text{avec } Fe \text{ la fraction endogène dans les fèces})$$

La digestibilité apparente des protéines chez le chien est généralement comprise en 82 et 98%.

## (2) *Digestibilité des protéines en lien avec les réactions de Maillard*

Des études de digestibilité apparente des macronutriments ont été réalisées chez des chiens et des chats soumis à deux types de régimes : croquettes extrudées ou régime cru. Les résultats (table 1) montrent que les digestibilités apparentes des protéines et lipides sont plus élevées avec une ration crue. Concernant les protéines, cette différence peut être attribuée aux sources étudiées. En effet, les rations crues contiennent des parties musculaires de bœuf, tandis que les croquettes contiennent moins de viande et plus de protéines issues de farines d'os. Or, les protéines issues de muscles sont plus digestibles que les protéines d'os ou le collagène.

Cependant, notons que les rations extrudées ne sont pas seulement bien tolérées par les sujets d'étude, elles sont également hautement digestibles.

	CDa Protéines brutes (%)		CDa Lipides (%)	
	EXT	RW	EXT	RW
<b>Algya et al. 2018</b>	85,1	88,3	92,1	97,7
<b>Kerr et al. 2012</b>	81,6	93,3	91,3	95,5

EXT : croquettes extrudées, RW : ration crue

Table 1 : Comparaison des digestibilités apparentes des protéines et des lipides chez des chiens et des chats soumis à un régime extrudé ou cru (d'après Algya et al. 2018, Kerr et al. 2012)

La diminution de digestibilité protéique dans les croquettes extrudées s'explique également par les réactions de Maillard. Elles sont à l'origine de brunissement, de molécules aromatiques et d'odeurs caractéristiques. Il s'agit de réactions chimiques complexes de condensation entre le groupement amine d'acides aminés ou de protéines, et le groupement carbonyles d'oses réducteurs (glucose, fructose, lactose), communs dans les aliments. De ce fait, la disponibilité en acides aminés et la digestibilité des protéines diminuent. Les réactions de Maillard peuvent se produire dans tous les types de cuisson, et même à température ambiante. Le pH, la teneur en eau et la température de l'aliment influencent la vitesse à laquelle elles se produisent. Elles peuvent se produire très lentement à température ambiante et à 37°C dans notre organisme. Pour augmenter leur vitesse, il faut que la surface de l'aliment dépasse le point d'ébullition de l'eau (100°C). Ainsi, dès 115°C, les vitesses de réaction augmentent et, dès 130°C, elles se déroulent très rapidement. La lysine est un bon indicateur de dégradation protéique car c'est un acide aminé très réactif dans les réactions de Maillard. Pour ne pas dépasser un seuil acceptable de perte en lysine, il est nécessaire de ne pas dépasser des températures de 180°C pour une humidité inférieure à 15%. La perte en lysine doit être étroitement surveillée car il s'agit d'un acide aminé indispensable, c'est-à-dire que l'organisme est incapable de le synthétiser. L'apport est donc uniquement alimentaire. L'usage de sucres moins réactifs dans le procédé pourrait également permettre de diminuer la dégradation des protéines. Dans ce contexte, l'extrusion à température plus faible favorise la

rétenion d'acides aminés et la digestibilité des protéines. Au contraire, les hautes températures d'extrusion (>200°C) associées à une faible teneur en eau (<15%) devraient être évitées pour préserver la qualité nutritionnelle des aliments (Meade et al., 2005; Singh et al., 2007).

### **(3) Effets de l'extrusion sur la digestibilité de l'amidon**

Au sein des céréales, l'extrusion permet la rupture des granules semi-cristallins d'amidon, ce qui augmente sa solubilité dans l'eau et permet la libération, au moins partielle, d'amylose et d'amylopectine. Dans des conditions de faible humidité, les granules d'amidon sont partiellement transformés en une phase homogène gélatinisée, sous l'effet de la chaleur et du cisaillement. Le degré de gélatinisation de l'amidon joue un rôle prépondérant dans les caractéristiques physiques de l'extrudat, et est donc essentiel à la fabrication des croquettes. De plus, il a été montré que la gélatinisation augmente la digestibilité de l'amidon contenu dans le tapioca, l'orge et le maïs, mais pas de celui contenu dans le blé (Dust et al., 2004; Wolter et al., 1998). Les effets de l'extrusion sur la digestibilité de l'amidon dépendent donc fortement de la source primaire, mais il semblerait qu'une extrusion à haute température et haut degré d'humidité permette la gélatinisation totale de l'amidon et aboutisse ainsi à une meilleure biodisponibilité (Svihus et al., 2005). Enfin, l'extrusion pourrait favoriser la formation de complexes amylose-lipides. Les conséquences de ces complexes ne sont pas bien connues. Une étude a montré que, *in vitro*, ces complexes sont résistants à la digestion lorsqu'ils sont mis en contact avec du chyle iléal de chien. Cette résistance à la digestion survient lorsque l'amylose est complexée avec des monoglycérides à longue chaîne (Murray et al., 1998). Au contraire, si d'autres nutriments sont ainsi complexés avec des lipides (protéines ou acides aminés), ceux-ci limitent leur destruction lors du processus d'extrusion. Ces complexes ont donc autant d'effets bénéfiques que néfastes sur les qualités nutritionnelles du produit fini (Tran et al., 2008). Des études sur ce sujet seraient donc bénéfiques.

### **(4) Effets de l'extrusion sur la digestibilité des lipides**

Enfin, la littérature scientifique concernant les effets de l'extrusion sur les lipides dans le petfood est rare. Il a été montré dans une étude que l'extrusion n'a pas d'effet sur la digestibilité des lipides chez six chiens adultes. Ceci pourrait être en faveur d'une digestion aisée des complexes lipidiques formés pendant l'extrusion (Stroucken et al., 1996). Le panel d'individus reste cependant trop réduit pour en tirer des conclusions significatives. Même si le rôle de l'extrusion sur la digestibilité des lipides n'est que peu connu, ce procédé permet tout de même l'inactivation d'enzymes indésirables telles que la lipase et la lipoxidase, ce qui permet une diminution de l'oxydation des acides gras lors du stockage (Lin et al., 1998).

#### **d) Les avantages du procédé d'extrusion**

Les effets de l'extrusion sur la qualité nutritionnelle des produits finis n'est pas toujours facile à évaluer. Comme évoqué précédemment, plusieurs chercheurs ont exploré le sujet et les résultats ne sont pas toujours concordants. Malgré certaines controverses, l'extrusion est un procédé largement utilisé dans l'industrie agro-alimentaire depuis des décennies, et ce en raison des multiples avantages qu'elle présente.

##### Capacité de production industrielle

A l'heure du productivisme, l'extrusion présente des capacités de production à très haut débit pour un coût peu élevé : un extrudeur standard produit jusqu'à 100 tonnes de croquettes par jour. De même, une ligne d'extrusion peut produire différents types d'aliments, ce qui en fait un outil technologique adaptable et polyvalent. Enfin, la faible teneur en eau au cours du procédé limite grandement les effluents et est ainsi écologiquement intéressant.

##### Praticité et sécurité pour le consommateur

Outre ces avantages techniques, l'extrusion permet la production d'un aliment complet et prêt à l'emploi, pouvant être stocké sur une longue durée. Les croquettes complètes sont le garant d'un apport adapté et équilibré à l'espèce cible : tous les nutriments vitaux sont apportés à l'animal, et ce en proportions correctes. Par ailleurs, la possibilité de stockage sur le long terme est due à la pasteurisation « éclair » et à la déshydratation appliquées pendant le procédé, permettant la destruction d'un certain nombre de microorganismes. Bulut et al., (1999) ont noté que si les forces de cisaillement sont combinées avec le traitement thermique de manière optimale, une stérilité acceptable peut être obtenue à des températures d'extrusion réduites.

##### Neutralisation de facteurs antinutritionnels

L'extrusion permet la gélatinisation de l'amidon et évite l'oxydation des lipides. De plus, elle permet la diminution de 40 à 46% des facteurs antinutritionnels (inhibiteurs de la trypsine, hémagglutinines, tanins et phytates) qui font chuter la digestibilité des protéines (Choton et al., n.d.)

## **2. Mention sur la fabrication des aliments humides : pâtées et bouchées**

*Remarque : dans cette partie, on décrira succinctement les procédés permettant la production d'aliment humide. Les ouvrages de vulgarisation se concentrant davantage sur les croquettes que sur les pâtées, l'étude de digestibilité ne sera pas détaillée comme précédemment.*

Les aliments humides contiennent en général entre 60 et 87% d'humidité et nécessite la présence d'agents gélifiants. La production industrielle d'aliments humides repose sur le même principe que la production de croquettes, à quelques différences près. Six étapes sont cette fois nécessaires.

### 1 & 2 : Pré broyage, mélange et broyage

Les deux premières étapes permettent l'obtention d'une pâte à texture homogène. En effet, dans le cas de l'alimentation humide, les matières premières ne sont pas sèches comme c'est le cas avec les croquettes. Deux phases de broyage sont donc nécessaires à l'obtention d'un mélange homogène.

### 3 : Préparation

La pâte est ensuite cuite à la vapeur, le temps et la température de cuisson étant deux points majeurs de contrôle.

### 4 : Mélange de la gelée

La sauce ou la gelée est ajoutée au mélange cuit vapeur. Cette étape finalise l'apport nutritionnel de l'aliment (des légumes sont également contenus dans les sauces ou gelées) et augmente l'appétence du produit fini.

### 5 : Conditionnement

Le mélange est fractionné en portions adéquates puis transvasé dans des conserves dont le haut est scellé sous vapeur. Ce processus permet de chasser l'air contenu dans la conserve et il en résulte un environnement anaérobie.

## 6 : Stérilisation

Le processus utilisé est similaire à celui utilisé en alimentation humaine pour stériliser les boîtes de conserves. Cette stérilisation s'effectue dans un autoclave, dans lequel une température de 121°C est maintenue pendant un minimum de 3 minutes, permettant la destruction d'agents pathogènes tels que la bactérie *Clostridium botulinum* (Zicker, 2008).

La digestibilité des macronutriments semble meilleure avec une alimentation humide. En effet, à gamme égale, la digestibilité apparente des protéines brutes, acides gras et extractif non azoté est supérieure dans les aliments en boîte pour chat en comparaison des aliments secs (Kendall et al., 1982). Attention, l'étude de Carciofi en 2005 montre également que la digestibilité des nutriments contenus dans une alimentation humide de gamme moyenne est moins bonne que celle analysée dans des croquettes de gamme super premium (Carciofi et al., 2005). Ainsi, il est important de prendre en compte la gamme d'aliment étudié. Toutes les alimentations industrielles ne se valent pas.

### **3. Conclusion partielle**

Les procédés de fabrication des aliments commerciaux se décomposent en plusieurs étapes dont les caractéristiques physiques (température, humidité, pression et cisaillement) sont finement contrôlées. Ainsi, les chaînes de production permettent d'obtenir des produits homogènes, en grande quantité, et conservables pendant plusieurs mois, en partie grâce au processus de stérilisation. Contrairement aux idées reçues, il s'avère que les aliments obtenus par extrusion sont hautement digestibles, notamment grâce à la gélatinisation de l'amidon et la neutralisation de facteurs antinutritionnels.

## B. Les aliments commerciaux sont soumis à une réglementation stricte

De nombreux règlements européens encadrent la production et la vente d'aliments commerciaux pour animaux. Ceux-ci sont répertoriés dans la table 2 ci-dessous.

Domaine	Références
<b>Matières premières d'origine animale</b>	Règlement n°1069/2009 et 142/2011
<b>Hygiène</b>	Règlement n° 183/2005
<b>Additifs</b>	Règlement n°1831/2003
<b>Substances indésirables</b>	Directive n°32/2002
<b>Mise sur le marché et règles d'étiquetage</b>	Règlement n° 767/2009
<b>Objectifs nutritionnels particuliers</b>	Règlement n° 354/2020

Table 2 : Principaux règlements européens encadrant la fabrication et la mise sur le marché d'aliments commerciaux pour animaux

### 1. Définition d'un aliment « complet »

Selon le règlement (CE) n° 767/2009, un aliment complet pour animaux se définit comme « aliment composé pour animaux qui, en raison de sa composition, suffit à assurer une ration journalière ». Un aliment composé correspond à « un mélange d'au moins deux matières premières pour aliments des animaux, comprenant ou non des additifs pour l'alimentation animale, qui est destiné à l'alimentation animale par voie orale, sous la forme d'un aliment complet pour animaux ou d'un aliment complémentaire pour animaux ». Une ration quotidienne, quant à elle, correspond à la « quantité totale d'aliments rapportée à une teneur en humidité de 12 %, nécessaire en moyenne par jour à un animal d'une espèce, d'une catégorie d'âge et d'un rendement déterminés pour satisfaire l'ensemble de ses besoins » (règlement 1831/2003).

En bref, l'aliment complet, en tant que seule source de nutriments, couvre l'ensemble des besoins nutritionnels d'une espèce donnée selon le stade de vie auquel il est destiné. Si aucune catégorie d'âge n'est mentionnée sur l'emballage de l'aliment, il doit pouvoir couvrir les besoins nutritionnels de chaque stade de vie de l'espèce de destination, de la croissance au stade senior.

Pour qu'un aliment soit mis sur le marché, il doit être sûr, ne pas avoir d'effets négatifs directs sur l'environnement ou le bien-être des animaux. De plus, les producteurs doivent s'assurer que leurs produits sont sains, non altérés et adaptés à leur usage. A cet effet, la FEDIAF recommande de procéder à des analyses régulières après la mise sur le marché afin de vérifier que le produit satisfait toujours les objectifs nutritionnels fixés. La fréquence des analyses relève de la responsabilité des fabricants.

## **2. Règlements européens quant à l'origine des matières premières.**

### **a) Matières premières d'origine animale**

L'origine des matières premières utilisées dans la fabrication d'aliments commerciaux pour animaux de compagnie semble être un sujet obscur pour les consommateurs, bien que ce domaine soit soumis à un encadrement strict. L'idée selon laquelle les croquettes ne sont qu'un ensemble de « déchets » provenant d'animaux morts est fréquemment véhiculée. Certains pensent même que les produits d'équarrissage font partie de la formulation du pet-food.

Les matières premières d'origine animale proviennent en fait de morceaux de carcasses propres à la consommation humaine, mais qui ne sont pas ou peu utilisés en raison des coutumes alimentaires. Par exemple, les abats tels que la mamelle ou les poumons ne sont aujourd'hui plus consommés dans les régimes occidentaux. En ce qui concerne les volailles, les Français consomment habituellement des dindes entières en période de Noël mais ne consomment que des morceaux découpés (filet, rôti) le reste de l'année. Certaines parties de volaille restent alors disponibles pour le pet-food, comme le cou ou le bas des cuisses, trop coûteuses en termes de main d'œuvre ou de technique pour être désossées. A l'abattoir, deux inspections sont réalisées pour déterminer l'aptitude à la consommation humaine. Une inspection ante-mortem permet d'établir, entre autres, que l'animal ne provient pas d'une zone à risque sanitaire, est en bonne santé pour autant que puisse en juger l'exploitant agricole et est dans un état satisfaisant de bien-être à son arrivée à l'abattoir. A la fin de la chaîne d'abattage, une inspection sanitaire post-mortem des carcasses permet de juger si la viande est saine, indemne de maladie et ne présentera pas de risque pour la santé humaine.

Il n'existe pas d'élevage spécifiquement destiné à la fabrication d'aliments pour animaux de compagnie. Ces parties d'animaux ou produits d'origine animale qui sont propres à la consommation humaine mais qui n'y sont pas dédiés sont appelées des « sous-produits animaux ». Ce terme paraît péjoratif pour les consommateurs, mais il faut bien rappeler que ce sont des parties de carcasses comestibles par l'Homme. L'utilisation de ces sous-produits permet de diminuer les coûts de traitement des carcasses, de limiter le nombre d'élevages animaux et diminue les risques environnementaux. Il s'agit de rentabiliser au maximum la carcasse saine. S'ils proviennent d'animaux déclarés impropres à la consommation humaine après inspection sanitaire, ils sont strictement interdits dans la formulation du pet-food. Ainsi, quel que soit l'état de la matière première (fraîche, congelée, déshydratée), aucune ne peut provenir d'animaux morts par accident ou de maladie. Attention, aux Etats-Unis la réglementation diffère. Les carcasses d'animaux morts pendant le transport de l'élevage vers l'abattoir sont acceptées sur la chaîne d'abattage au même titre que les animaux arrivés vivants (Food Safety and Inspection Service, § 314.8 (a)). On ne peut donc pas avoir les mêmes exigences en achetant un produit sur internet, et qui n'est pas nécessairement soumis aux réglementations européennes.

Ces sous-produits sont classés en trois catégories selon le risque sanitaire qu'ils représentent. Seuls certains sous-produits de la catégorie 3 sont autorisés dans la fabrication du pet-

food. L'idée selon laquelle les croquettes sont un concentré de déchets animaux provient des éléments retrouvés dans la catégorie 3 (table 3). Or, la réglementation européenne précise que certains produits sont exclus de la valorisation en alimentation pour animaux familiers : les cuirs, peaux, sabots, plumes entières, laine, cornes, poils, fourrures, tissus adipeux et déchets de cuisines ne sont pas autorisés dans le pet-food ((CE) n° 1069/2009, article 10). De même, il est strictement interdit de formuler un aliment pour une espèce donnée avec des carcasses de la même espèce. Les animaux d'expérimentation sont également exclus (exceptés ceux ayant permis de tester un nouvel additif destiné à l'alimentation animale) de la liste de matières premières autorisées.

	Haut risque sanitaire	Risque sanitaire modéré	Risque sanitaire faible
	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3
<b>Liste non exhaustive des sous-produits animaux</b>	MRS dans le cadre d'ESST (encéphale, yeux, amygdales, moelle épinière des bovins > 12 mois, 4 derniers mètres de l'intestin grêle, mésentère...) Déchets de cuisine provenant de moyens de transports opérant au niveau international (ex : avions) ...	Lisier, guano non minéralisé, contenu de l'appareil digestif, matières contenant des résidus de substances autorisées ou des contaminants dépassant les seuils autorisés, présence de corps étranger dans la carcasse, fœtus ...	16 sources provenant d'animaux propres à la consommation humaines (sang, plumes, graisses, cuirs, sabots, cornes, laine, têtes de volaille, carcasses, muscles,...) Déchets de cuisine n'ayant pas fait l'objet d'un transport international ...
<b>Devenir des matières</b>	Incinération (Article 12)	Traitement hygiénique puis méthanisation Digestats : filière engrais (Article 13)	Transformation en alimentation animale Engrais, méthanisation (Article 14)

*MRS : matière à risque spécifié ; ESST : encéphalopathie spongiforme subaiguë transmissible*

*Table 3 : Classification des sous-produits animaux selon leur risque sanitaire et leur devenir d'après (CE) n°1069/29*

La mise sur le marché d'aliments commerciaux pour animaux de compagnie dépend, d'une part, de l'utilisation de sous-produits animaux de catégorie 3 autorisés et, d'autre part, de la maîtrise des risques pour la santé publique et animale. Les matières premières d'origine animale sont donc de qualité comparable à celles utilisées en alimentation humaine. Selon la FACCO, 88% des matières premières animales utilisées en France proviennent de l'Union Européenne, parmi lesquels 51% sont d'origine française.

## **b) Matières premières d'origine végétale**

L'industrie française des aliments commerciaux pour animaux de compagnie utilise chaque année 738 000 tonnes de matière première végétale. 50% sont des céréales et oléagineux sous forme de grain entier ou de farine, et les 50% restants sont des coproduits d'origine végétale issus d'une première transformation. Par exemple, la pulpe de betterave est un sous-produit de l'industrie sucrière. Tout comme les matières premières d'origine animale, les matières premières végétales utilisées en France viennent majoritairement de France et de l'Union Européenne. Plusieurs caractéristiques sont contrôlées : le pourcentage de matière sèche, qui, au-delà de 85%, permet une bonne conservation des grains ; la teneur en protéines ; la teneur en amidon ; le poids spécifique et les qualités organoleptiques, bactériologiques et mycologiques des céréales. En ce qui concerne les organismes génétiquement modifiés (OGM), l'alimentation animale est soumise aux mêmes réglementations que l'alimentation humaine. L'utilisation de tels organismes fait encore débat à l'heure actuelle : certains scientifiques estiment leur consommation sans danger tandis que d'autres demandent plus de preuves d'innocuité. Le règlement (CE) n°2001/18 établit une liste des OGM dont l'utilisation est autorisée. Dans ce cas, l'emballage de l'aliment doit porter la mention « ce produit contient des OGM », ou bien le terme « OGM » doit suivre la matière concernée dans la liste d'ingrédients (par exemple « maïs OGM »). Le règlement (CE) n° 1829/2003 encadre la mention « sans OGM » des aliments. Dans le cadre de matières premières végétales, une mention « Sans OGM » indique que chaque ingrédient de la liste, indépendamment des autres, contient moins de 0,1% d'OGM ou dérivés. Dans le cas de matières premières issues d'une agriculture biologique, ce seuil est élevé à 0,9%. Ainsi, le 0% d'OGM ne peut être garanti dans les matières premières, et ce en raison des contaminations accidentelles et non prévisibles qui ont lieu.

### **3. Encadrement des additifs alimentaires**

Pour de nombreux consommateurs, le terme « additif » est péjoratif car il s'oppose à la notion de « naturel », et fait craindre des effets délétères sur la santé de nos animaux de compagnie. Or, pour satisfaire les besoins des animaux de compagnie ou pour garantir une conservation optimale de l'aliment, il est nécessaire d'ajouter des substances à la formulation initiale. Dans l'Union Européenne sont considérés comme additifs « des substances, micro-organismes ou préparations, délibérément ajoutés aux aliments pour animaux ou à l'eau pour remplir une ou plusieurs fonctions » qui peuvent être :

- **Technologique** : ils facilitent la fabrication de l'aliment ou sa conservation en inhibant le développement de microorganismes et en préservant les qualités organoleptiques et nutritionnelles de l'aliment tout au long de sa durée de conservation (régulation de l'humidité, du pH, lutte contre l'oxydation des lipides... ) ;
- **Sensorielle** : colorant ou substance aromatique ;

- Nutritionnelle : addition d'acides aminés, acides gras, vitamines ou oligo-éléments ;
- Zootechnique : dans le cas où un additif a un effet bénéfique sur la production ou le bien-être animal, cette fonction est surtout présente dans l'alimentation des animaux de rente ;
- Coccidiostatiques et histomonostatiques : lutte contre la coccidiose et l'histomonose, deux pathologies infectieuses particulièrement répandue chez les animaux de production.

Concernant les additifs, les réglementations applicables à l'alimentation humaine et à l'alimentation animale sont différentes. Un produit peut être autorisé en alimentation humaine mais pas en alimentation animale, et inversement. La Commission Européenne tient un registre des additifs pour aliments pour animaux autorisés, régulièrement mis à jour. Un additif ne peut être utilisé que s'il a obtenu une autorisation conformément au règlement (CE) n° 1831/2003, qui détermine la composition des additifs, les teneurs minimales et/ou maximales à respecter et les catégories d'animaux visées etc. Cette autorisation se base sur la preuve d'innocuité pour l'animal qui le consomme, pour l'utilisateur qui le manipule et pour l'Homme qui consomme les denrées animales. L'additif ne doit également pas être nocif pour l'environnement. Enfin, des preuves d'efficacité pour la fonction revendiquée doivent être apportées. L'EFSA (European Food Safety Agency) a la charge du contrôle de ces additifs depuis 2012. Pour ce faire, elle s'appuie sur des groupes de scientifiques travaillant selon trois axes :

- Evaluation de la sécurité de nouveaux additifs et réévaluation de ceux déjà sur le marché en regard des avancées scientifiques et travaux dans ce domaine ;
- Evaluation de la sécurité des vitamines et minéraux ajoutés à l'aliment ;
- Evaluation des autres substances à effet nutritionnel ou physiologique (i.e substances non autorisées par le règlement européen).

Cette évaluation a un but sanitaire mais également économique : seuls les additifs ayant prouvé leur efficacité sont mis sur le marché, protégeant ainsi le consommateur de fraudes sur des produits revendiquant des effets non prouvés.

#### **4. La transparence de l'étiquetage : un domaine sujet à amélioration.**

L'étiquetage des aliments pour animaux, et en particulier ceux pour animaux de compagnie, est encadré par le règlement (CE) n°767/2009. Les objectifs de l'étiquetage y sont exposés : les étiquettes doivent fournir à l'acheteur les informations nécessaires leur permettant de choisir le produit le mieux adapté aux besoins de leur animal. Les étiquettes permettent également de veiller à l'application de la réglementation et d'assurer la traçabilité du produit. La FACCO a ainsi édité un guide de bonnes pratiques d'étiquetage pour harmoniser l'application de ce règlement au sein de l'Union Européenne.

L'étiquetage répond à des principes généraux permettant de remplir les objectifs précédemment cités. Ainsi, il doit être conforme à la législation en vigueur et ne doit pas induire le consommateur en erreur. Pour ce faire, le vocabulaire utilisé doit être facilement compréhensible et les informations doivent être rédigées ou représentées de façon claire, visibles, compréhensibles et non ambiguës. Par ailleurs, l'étiquetage ne doit pas présenter d'allégations sur des effets ou des caractéristiques que l'aliment ne possède pas. De même, il ne doit pas suggérer que l'aliment est le seul présentant certaines caractéristiques, alors que d'autres aliments similaires les possèdent également. Enfin, aucune mention sur des propriétés de prévention ou de traitement d'une affection, ainsi que sur des objectifs nutritionnels particuliers, ne doit être affichée, sauf justification contraire (selon (CE) n°354/2020). En cas de doute sur une allégation, l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES) peut être saisie pour avis. A l'inverse, certaines mentions sont obligatoires sur l'étiquette :

- Le type d'aliment (matière première, aliment complet ou complémentaire) ;
- L'espèce de destination et/ou catégorie d'animaux (aliment pour chiens adultes, chiot...)
- Le mode d'emploi (ration journalière en fonction de l'âge, du mode de vie et de la taille), indication sur la nécessité de mettre de l'eau fraîche à disposition dans le cas d'un aliment sec. Il est également recommandé d'indiquer le mode de conservation adapté ;
- La liste des matières premières par ordre décroissant pondéral.

Pour les aliments composés destinés aux animaux de compagnie, les matières premières sont exprimées soit par leur nom spécifique (« protéines de poulet déshydratées », « blé », « tourteau de soja », « graisse de poulet », etc.) soit par la catégorie à laquelle elles appartiennent (« viande et sous-produits animaux », « céréales », « légumes », « huiles et graisses » etc.). La dénomination par la catégorie permet une flexibilité dans la formulation de l'aliment selon la disponibilité en sous-produits animaux ou en matières premières végétales issues de l'industrie agro-alimentaire humaine. Notons cependant que l'utilisation du terme « viande » n'est tolérée que si du muscle squelettique est incorporé dans la formulation de l'aliment, ce qui doit pouvoir être justifié par les fabricants le cas échéant.

- Additifs ayant un taux maximum légal d'incorporation.

Ceux n'ayant pas de maximum légal peuvent être déclarés de manière volontaire. Il est possible de nommer les vitamines par leur nom d'usage plutôt que par le nom scientifique ou le numéro. Par exemple, l'acide ascorbique, numéroté E300, correspond à la vitamine C. Les teneurs indiquées sous le terme « additifs » correspondent à la quantité de substance ajoutée pour compléter celles déjà présentes dans l'aliment.

- Constituants analytiques dans le cadre d'un aliment complet pour animaux familiers

- Teneur en eau si elle dépasse 14%
- « Cendres brutes » ou « matières minérales » ou « matières inorganiques »
- « Protéine brute » ou « Protéine »
- « Cellulose brute »
- « Matières grasses » et/ou « teneur en matières grasses »

Actuellement, la méthode de Weende est la méthode officielle permettant de quantifier les constituants analytiques. Cependant, étant donné son ancienneté, cette méthode comporte des imprécisions, notamment en ce qui concerne les fibres alimentaires. En effet, cette méthode ne renseigne que sur le taux de cellulose brute, qui ne correspond qu'à une partie des fibres. En effet, l'hémicellulose, la pectine et la lignine font également partie de la famille des fibres alimentaires, mais ne que partiellement prises en compte. Par ailleurs, les glucides digestibles ne sont pas obligatoirement mentionnés sur l'étiquette mais peuvent être déduits des autres composants. Ils correspondent à l'extractif non azoté (ENA), qui se calcule comme tel :

$$\text{ENA (\%)} = 100 - \text{Protéines brutes (\%)} - \text{Cellulose brute (\%)} \\ - \text{Matières grasses brutes (\%)} - \text{Cendres brutes (\%)} - \text{Humidité (\%)}$$

Contrairement à une idée répandue, l'ENA ne correspond pas uniquement à l'amidon. De plus, comme la cellulose brute n'est pas un indicateur adapté pour les fibres, on comprend aisément que la teneur en ENA est également très approximative. En effet, les fibres qui ne sont pas prises en compte par la cellulose brute sont assimilées à l'ENA. Il faut donc garder à l'esprit que les analyses officielles fournissent un résultat imprécis sous le terme de « cellulose brute ».

Des tolérances sont admises entre les teneurs indiquées dans les composants analytiques et celles résultant de contrôles officiels. Elles correspondent à des écarts techniques et analytiques. Cependant, faire une allégation quant à un nutriment (par exemple « seulement 2% de matières grasses ») exclut toute tolérance sur la quantité.

➤ Adresse commerciale

Le nom et l'adresse de l'exploitant responsable de l'étiquetage doivent être imprimés sur l'emballage. Un numéro de téléphone doit aussi figurer sur l'étiquette afin de permettre au consommateur d'obtenir des informations complémentaires aux mentions obligatoires.

➤ Numéro de lot et numéro d'agrément attribué à l'établissement de production dans le but d'assurer la traçabilité

➤ Quantité nette

➤ Date de durabilité minimale

➤ Eventuelle présence d'OGM comme évoqué précédemment, l'allégation « sans OGM » n'est pas admise

Enfin, les allégations concernant les ingrédients utilisés sont aussi réglementées. Ainsi, alors que les consommateurs recherchent fréquemment des aliments faisant écho aux racines « sauvages » des chiens et des chats, de multiples gammes « au bœuf », « enrichie en poulet » ou autres viandes se développent. Dans ce cas, les quantités décrites dans la table 4 doivent être présentes et figurer sur l'étiquette.

Allégation	Quantité présente de l'ingrédient X mis en relief
« <b>Aromatisé avec X</b> » / « <b>au goût de X</b> »	Moins de 4%
« <b>Au X</b> »	Au moins 4%
« <b>Riche en X</b> »	Au moins 14%
« <b>Plat au X</b> »	Au moins 26%

Table 4 : Proportion par rapport à l'ensemble des matières premières dans le cas d'allégation concernant un ingrédient particulier

Malgré cette réglementation, la Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes (DGCCRF) a mis en évidence un taux d'anomalie de 38% dans une étude, menée en 2019 sur 141 établissements visités. Les non-conformités les plus récurrentes sont celles liées à l'étiquetage, ce qui englobe les manquements en termes d'allégations mais aussi de composition. Dans certains cas, des mentions obligatoires manquent sur les étiquettes (type d'aliment, espèce de destination, coordonnées du fabricant...) ou bien sont imprécises, notamment par l'usage d'expression non réglementées (« fibre brute » à la place de « cellulose brute » par

exemple). Par ailleurs, certaines informations concernant la composition sont erronées. En particulier, la réelle teneur en matières premières animales est régulièrement inférieure à celle annoncée sur l'emballage. De plus, des prélèvements ont permis de mettre en évidence des surdosages en oligo-éléments et des écarts concernant les constituants analytiques : déficit en protéine brute, matière grasse brute, vitamine A et, surtout, un excès de cendres brutes. Enfin, de nombreuses allégations étaient trompeuses ou non vérifiables. Les mentions « frais », « naturel », « naturellement bon pour eux », ou bien encore « viandes qualité consommation humaine » sont particulièrement concernées, et ne sont pas tolérées sur les aliments pour animaux. De même, il a été maintes fois constaté que des illustrations de matières premières animales étaient trompeuses, des représentations graphiques de magrets de canard ou d'escalopes de poulet ne correspondant pas à la réalité des matières premières utilisées.

Actuellement, les consommateurs font preuve d'un intérêt marqué pour les nouvelles marques émergeant sur le marché du pet-food, promettant des croquettes personnalisées ou bien plus « naturelles », « sans OGM » ou « à la viande fraîche ». Or, ces nouvelles marques font souvent preuve d'une méconnaissance de la réglementation actuelle sur l'alimentation animale et, en particulier, sur les bonnes pratiques d'étiquetage. Si les allégations erronées impactent peu la santé des animaux, elles contribuent à tromper le consommateur dans le choix du produit qui lui correspond. Les marques historiques d'aliments commerciaux pour animaux de compagnie (Nestlé, Mars, Virbac...) sont régulièrement contrôlées par la DGCCRF. De ce fait, leur étiquetage paraît plus fiable que celui des marques émergentes exploitant les nouvelles tendances alimentaires.

## **5. Conclusion partielle**

Le secteur de l'alimentation animale est régi par un plusieurs règlements européens portant sur divers domaines (hygiène, matières premières, étiquetage, conditions de mise sur le marché...). Il est important que le consommateur s'approprie ces règlements, bien que leur compréhension ne soit pas toujours aisée. Leur connaissance permet de ne pas tomber dans le piège d'idées populaires, tirant souvent leur origine d'une mauvaise interprétation des termes employés. Ainsi, les « sous-produits animaux » utilisés dans les aliments commerciaux ne sont pas les déchets des abattoirs, comme on peut parfois le lire sur internet. Certaines marques transposent les modes alimentaires humaines à l'alimentation pour animaux de compagnie, exploitant ainsi les attentes des propriétaires et leur méconnaissance de la réglementation, en utilisant des termes trompeurs ou allégations parfois mensongères à des fins mercantiles. Le respect de la conformité avec la législation sur les aliments pour animaux fait l'objet de contrôles officiels, notamment par des services départementaux sous la tutelle de la Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes. Le règlement (CE) n°882/2004 vise à garantir que les normes applicables aux aliments pour animaux soient respectées dans l'Union Européenne. Il a également pour objectif de prévenir, éliminer et ramener à des niveaux acceptables les risques pour les êtres humains et les animaux ; de garantir des pratiques loyales en ce qui concerne le

commerce des aliments pour animaux ; et enfin de garantir la protection du public. Ainsi, ce règlement prévoit l'exécution de contrôles officiels régulièrement et de manière inopinée, à n'importe quel stade de production ou de la distribution du produit. Le grand public doit avoir accès aux informations et résultats des contrôles exécutés. Les matières premières et les aliments composés peuvent être contrôlés quelle que soit leur origine, nationale, européenne ou des pays tiers. Un réseau d'alerte européen a été mis en place afin que toute anomalie relevée dans un Etat membre puisse être transmise à l'ensemble des pays de l'Union Européenne. Ainsi, les mesures peuvent être prises rapidement par tous les Etats membres concernés par l'alerte.



## II. ETUDE APPROFONDIE DES ARGUMENTS AVANCES DANS LES OUVRAGES DE VULGARISATION ETUDIES ET CONFRONTATIONS AUX PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

### A. “Le chien descend du loup, son alimentation doit donc lui être similaire”

#### 1. Le chien domestique, un descendant direct du loup gris ?

L'idée selon laquelle le chien *Canis lupus familiaris* est un descendant direct du loup gris *Canis lupus lupus* est largement répandue dans le grand public. De même, les ouvrages de vulgarisation étudiés avancent l'idée selon laquelle le chien et le loup gris moderne partageraient un ADN mitochondrial similaire à 99%, ce qui prouverait leur proximité phylogénétique et serait ainsi un argument en faveur d'une alimentation du chien proche de celle du loup. Par exemple, S. Kramer avance que « le développement des races et les transformations génétiques influencées par l'homme n'ont à aucun moment modifié la morphologie digestive d'un chien ou d'un chat » (p.18) par rapport à leurs « cousins sauvages », et qu'il ne faudrait en aucun cas « confondre l'évolution comportementale et raciale avec l'évolution biologique d'une espèce toute entière » (p. 61). L'auteure avance ainsi que, même si les chiens domestiques ont évolué sous l'influence des activités humaines, ceux-ci partagent toujours de nombreux points communs avec le loup moderne, et en particulier en termes de besoins nutritionnels.

Si l'on s'appuie effectivement sur l'étude de l'ADN mitochondrial, il est vrai que celui du chien domestique et du loup gris moderne ne divergent que d'un taux très faible. Une première explication réside dans l'appartenance de ces deux canidés à la même espèce : *Canis lupus*. Le chien (*Canis lupus familiaris*) et le loup (*Canis lupus lupus*) sont ainsi deux sous-espèces d'une même espèce. De plus, d'après une étude analysant des fragments d'ADN mitochondriaux de 7 races de chiens ainsi que de 26 populations de loups réparties dans le monde, le génotype des chiens et des loups présenterait un taux de divergence inférieur ou égal à 0,2% (Wayne et al., 1992). Cependant, une étude se basant sur l'analyse du génome du loup de Taïmyr, placé phylogénétiquement au même niveau que la bifurcation entre le loup moderne et le chien domestique actuel, montre que la divergence entre ces deux canidés débute il y a au moins 27 000 ans (Skoglund et al., 2015). De même, les ancêtres du chien domestique sont eux-même le produit de multiples événements de domestication non contemporains. Aucun consensus quant à la domestication du chien n'a encore été établi. Un élément reste cependant clair : le chien domestique a évolué pendant des milliers d'années séparément du loup sauvage. De la même manière, le loup sauvage a évolué indépendamment du chien domestiqué pendant ce même intervalle de temps. Le chien moderne dérive donc d'un chien « primaire » et non d'un loup. De même, le loup gris actuel est le produit de l'évolution et de la sélection naturelle s'exerçant sur un loup ancestral, très probablement le loup ancestral de Chine ou le loup du Pléistocène, tous deux aujourd'hui disparus. Le chien domestique *Canis lupus familiaris* ne peut donc pas être considéré comme le descendant de *Canis lupus lupus* comme le veut la croyance populaire. Et cette évolution a entraîné avec elle son lot de modifications, qu'elles soient comportementales, ou physiologiques. Le chien

d'aujourd'hui n'a donc plus les mêmes caractéristiques biologiques que celles de ses ancêtres avant la domestication (Smith, 2021). Ces propos sont à nuancer en ce qui concerne les races actuelles de chiens nordiques, dont l'étude génomique montre une plus grande proximité avec le loup de Taïmyr. L'hypothèse la plus probable est une introgression des loups ancestraux chez les chiens primaires en zone de haute latitude.

## **2. Les chiens sont des carnivores et partagent les caractéristiques anatomiques du loup**

Les similitudes anatomiques entre le chien domestique *Canis lupus familiaris* et le loup gris *Canis lupus lupus* sont un argument fréquemment avancé en faveur de la proximité de ces deux espèces. Ces ressemblances sont mises en relation avec le régime alimentaire. Les auteurs avancent notamment que la forme des dents et la puissance de la mâchoire des chiens sont adaptées à la mastication de la viande et au broyage des os, et que leur intestin, court et lisse, ne permet pas l'assimilation de glucides ou végétaux. En effet, S. Kramer pointe l'importance des « puissantes mâchoires, de dents prévues pour déchirer la viande et broyer les os » chez les chiens. Elle déclare de plus qu'« en regardant les dents d'un carnivore, nous avons la validation, que les végétaux ne sont pas appropriés à leur nature digestive » (p.62).

Il convient cependant de prendre garde à la définition de « carnivore » avancée ici. En effet, ce terme peut faire référence au régime alimentaire ou bien à un ordre de mammifères, comprenant des prédateurs mais également des charognards, des espèces omnivores voire végétariennes. Par exemple, le panda géant fait partie de l'ordre des carnivores, tout comme le binturong, tandis que leurs régimes alimentaires sont respectivement herbivore et frugivore. L'ordre des carnivores regroupe des mammifères aux caractéristiques communes, notamment des dents carnassières développées, des canines pointues, une musculature faciale forte, un estomac simple (Universalis, n.d.). Ces critères anatomiques permettent donc la classification taxonomique de mammifères mais ne préjugent en rien de leur régime alimentaire.

L'argument de la morphologie de l'intestin des chiens est également régulièrement avancé pour justifier un régime alimentaire majoritairement carnivore. Celui-ci est décrit par les auteurs J. Ziegler et S. Kramer comme étant court et lisse, le rendant inapte à digérer et assimiler des matières végétales et permettant un transit rapide des matières carnées, ce qui « évite la prolifération bactérienne et la putréfaction des aliments carnés dans le métabolisme » (S. Kramer, p. 85).

La mesure de la longueur de l'intestin chez différentes classes de Vertébrés a été longuement étudiée par de nombreux anciens anatomistes. Il semble se dégager une tendance générale selon laquelle les animaux soumis au régime alimentaire carnivore ont un intestin plus court que les herbivores. Des travaux expérimentaux plus récents ont montré que d'autres facteurs influençaient la morphologie de l'intestin, notamment l'âge et le sexe, mais aussi le statut d'espèce domestique ou sauvage. Le rapport entre la longueur du corps et celle de l'intestin a ainsi été beaucoup étudié. Des comparaisons entre ce rapport chez le loup et le chien, le sanglier et le porc domestique, mais aussi chez le chat domestique et le chat sauvage, semblent être en faveur d'un intestin plus long chez les espèces domestiques. Ces résultats sont cependant à nuancer car les

méthodes de mesures varient d'un auteur à l'autre. Les différentes études sont donc difficilement comparables. En 1882 l'influence du régime alimentaire sur la morphologie intestinale des chiens de même race est étudiée. Il est ainsi montré ainsi que les chiens soumis à un régime carnivore dès le plus jeune âge présentent en moyenne un intestin plus court que celui des congénères nourris par un régime végétarien ou lacté. Ces différences se portaient sur le gros intestin et l'intestin grêle mais pas sur le caecum. Des modifications structurales gastriques ont aussi été mises en évidence, l'estomac des chiens carnivores étant en moyenne plus épais. Des expériences similaires ont été réalisées sur les oiseaux et donnaient des résultats contradictoires à celles effectuées sur les mammifères. Par exemple, des oies soumises à un régime carné présentaient un intestin plus long que celui d'oies herbivores. L'adaptation fonctionnelle de l'intestin au régime ne semble donc pas se faire aussi simplement que les observations de l'anatomie comparée le faisaient prévoir (Revilliod, 2014). Ces résultats sont cependant difficilement interprétables étant donné leur ancienneté et la variation des méthodes d'étude entre chaque auteur. En fait, la correspondance n'est pas souvent évidente entre les structures du tractus digestif d'espèces ayant une alimentation analogue ; des variations importantes sont liées aux différences taxinomiques. (Hladik, 1967)

### **3. Conclusion partielle**

La proximité phylogénétique et anatomique entre le chien et le loup est un des piliers de l'argumentaire visant à pointer du doigt l'inadéquation de l'alimentation commerciale pour les chiens. Cependant, les lignées à l'origine du chien domestique actuel (hors chiens nordiques) et du loup gris moderne ont divergé il y a au moins 27 000 ans, certaines études référencent cette divergence il y a 40 000 ans (Skoglund et al., 2015). Chaque lignée a ensuite évolué séparément aboutissant à des produits ne partageant plus les mêmes caractéristiques biologiques ou comportementales que leurs ancêtres. De même, le chien fait effectivement partie, comme le loup, de l'ordre taxinomique des carnivores. Cependant, cette classification se base sur des critères morphologiques et anatomiques, mais pas sur le régime alimentaire. Par exemple, ce n'est pas parce qu'un animal possède des mâchoires puissantes et des dents carnassières développées qu'il n'est adapté qu'au régime alimentaire carnivore, comme évoqué plus haut pour le panda et le binturong. Enfin, l'étude de l'influence du régime alimentaire sur la morphologie de tractus digestif a montré la tendance des animaux ayant un régime carnivore à avoir un intestin court, mais nombre de résultats sont contradictoires dans ces analyses. De nombreux facteurs entrent en jeu, comme l'âge, le sexe, la domestication, le régime alimentaire ou encore la classification taxinomique. Il ne paraît donc pas judicieux d'utiliser cet argument pour juger de la pertinence d'un régime alimentaire donné.

## B. Les processus de fabrication remis en cause

### 1. Dénaturation et destruction des nutriments contenus dans les matières premières aboutissant à la fabrication d'un aliment de synthèse

#### a) Déficit en nutriments et enzymes exogènes

Comme décrit en première partie, il existe divers procédés de fabrication de croquettes durant lesquels la matière première subit un certain nombre de transformations notamment physiques, sous l'effet de la chaleur et de la pression. Ces processus font craindre une dénaturation des nutriments contenus dans les matières premières, et tout particulièrement la destruction des enzymes présentes dans les matières premières d'origine animale. Ainsi, J. Ziegler, S. Kramer et A. Prota dénoncent toute la pauvreté nutritionnelle de l'aliment commercial. Dans Toxic croquettes, J. Ziegler déplore un procédé de fabrication qui « détruit les enzymes si précieuses pour la digestion et dénature les protéines », les bactéries essentielles à la digestion subiraient également le même sort. Elle aboutit alors à la conclusion « Que reste-t-il de vivant dans les croquettes : rien à part des acariens de stockage. » (p.33). Même constat dans Stop à la malbouffe où S. Kramer dénonce « une nourriture morte, sans vie donc dépourvue d'enzymes digestives qui sont si précieuses au maintien de la santé et de la longévité de tout être vivant » (p.39), due au « raffinement et [à] l'amélioration des méthodes modernes liées à la fabrication des aliments [qui] rendent les enzymes des aliments déficientes en raison de leur destruction massive » (p.69). A. Prota abonde dans le même sens en décrivant une « perte de certaines vitamines jusqu'à 100%, perte de certains acides aminés jusqu'à 60%, perte de certains acides gras jusqu'à 10% » (p.28). Pour ces trois auteurs, la destruction enzymatique et la dénaturation des nutriments des matières premières d'origine animale seraient à l'origine de nombreux troubles tels que les allergies aux acariens de stockage décrites par J. Ziegler. Pour S. Kramer il s'agit également de maladies dégénératives comme « les maladies de la peau, de la thyroïde et des reins, les dégénérescences articulaires, le cancer et le diabète » (p.100) et un vieillissement prématuré de l'organisme consécutif à un affaiblissement du système immunitaire. M. Kergoat, dans Vous êtes fous de leur faire avaler ça, nuance le propos et avance que les procédés de passage à froid ou d'extrusion basse température et basse pression conservent d'avantage les nutriments que l'extrusion classique. De plus, elle avance que, selon le Dr. Blanchard (vétérinaire spécialiste en nutrition animale) « s'agissant des protéines de muscles, la cuisson douce (quelques minutes à 60-70°C à cœur ou vapeur) ne change pas la digestibilité ». En ce qui concerne les vitamines « globalement la viande contient peu de vitamines intéressantes sauf la vitamine B12. Elle est partiellement détruite à la chaleur, surtout si la cuisson est très prolongée. Mais même sans cuisson, elle ne suffit pas à couvrir tous les besoins en vitamines du chien et du chat ». Il s'agirait donc d'un faux problème. (p. 213). Enfin, concernant un acide essentiel chez le chat, la taurine, elle écrit : « la cuisson même à 100°C, diminue la teneur en protéines initiale, mais celle-ci reste généralement suffisante pour couvrir les besoins du chat. Seule la cuisson prolongée, dans le cas d'une préparation maison, la fabrication de conserves, dans le cas de boîtes de pâtée industrielle et l'extrusion classique, mode de fabrication le plus courant des croquettes, sont désavantageuses sur le plan nutritionnel. » (p. 214).

## (1) Les enzymes exogènes

Intéressons-nous particulièrement à la question des enzymes exogènes. Pour les auteurs, elles désignent les enzymes présentes naturellement dans les matières premières, notamment d'origine animale, qui aident les enzymes digestives de l'animal dans la digestion et l'assimilation du bol alimentaire. S. Kramer fait référence au Dr. E. Howell qui, dans son ouvrage Enzyme Nutrition : the food enzyme concept, constate que les animaux de zoo nourris avec des aliments cuits développent des maladies absentes chez leurs congénères en liberté. Il en déduit entre autres que la cuisson détruit les enzymes exogènes, l'organisme doit donc compenser cette perte et « le pancréas doit produire un grand nombre d'enzymes digestives, mais il doit aussi puiser dans les enzymes métaboliques de l'ensemble du corps », ce qui engendre des pathologies car « les diverses fonctions essentielles à la vie commencent à être affectées par le manque d'enzymes exogènes de la nourriture et la compensation répétitive proposée par le métabolisme » (p.98). Aucune littérature scientifique traitant spécifiquement du problème de l'altération des enzymes présentes dans les matières premières du pet-food n'a été trouvée. Cependant, les conditions environnementales influençant la cinétique des enzymes sont la température, le pH, la force ionique et la disponibilité en eau du milieu de réaction. Les enzymes utilisées dans l'industrie agro-alimentaires présentent des zones de stabilité variées. Par exemple, la polygalacturonase et la trypsine sont actives jusqu'à 60°C, mais la glucose-phosphate isomérase n'est active que jusqu'à 20°C. Plus la température augmente, plus les enzymes se dénaturent rapidement. Si cette hausse de température est momentanée, la destruction des enzymes est évitable. Ainsi, l'inactivation d'enzymes délétères et la préservations d'enzymes ajoutées ou endogènes nécessitent le calcul d'une température de réaction optimale (Tucker and Woods, 1995).

Notons par ailleurs, que plusieurs études sur la digestibilité des protéines montrent qu'un aliment cuit raisonnablement est équivalente à la digestibilité d'un aliment cru. Un aliment légèrement cuit est hautement appétent, digestible et réduit la triglycémie, à l'instar d'un aliment cru. Ces résultats sont communs aux chiens et aux chats (Algya et al., 2018; Kerr et al., 2012). Enfin, même si les conditions d'extrusion tendent à dénaturer les enzymes présentes dans les matières premières, celles-ci ne sont pas des enzymes utiles à la digestion. Bien au contraire, certaines de ces enzymes, la thiaminase par exemple, sont néfastes à la digestibilité des nutriments. En dénaturant ces enzymes, l'extrusion permettrait donc d'améliorer la valeur nutritionnelle du produit fini. (Laflamme et al., 2014)

## (2) Les vitamines

Une substance est qualifiée de vitamine si elle répond à cinq critères : c'est un élément organique ne rentrant pas dans les trois classes de macronutriments, elle se trouve dans l'alimentation, elle est essentielle dans de très faibles quantités et son absence cause des signes de carence, elle n'est pas synthétisée en quantité suffisante par l'organisme pour assurer un fonctionnement physiologique normal. Deux grandes catégories de vitamines sont décrites et répertoriées dans la table 5 (Anses 2016). La plupart des substances qualifiées de vitamines chez l'Homme le sont aussi chez les carnivores domestiques, excepté la vitamine C. Celle-ci n'est en effet pas considérée comme une vitamine au sens strict chez les carnivores domestiques, puisque ceux-ci peuvent la synthétiser en quantité suffisante de manière physiologique. Les besoins des chiens et des chats varient en quantité, par exemple, le besoin du chat en pyridoxine (vitamine B6) est quatre fois plus important que celui du chien. Lors du processus de fabrication des croquettes, une attention toute particulière doit être apportée à la thiamine (vitamine B1), facilement détruite par les manipulations industrielles, et dont la carence est à l'origine de troubles nerveux (Kantorosinski and Morrison, 1987).

Vitamines liposolubles		Vitamines hydrosolubles	
<b>A</b>	Vision et croissance, antioxydant	<b>Thiamine (B1)</b>	Métabolisme des glucides
<b>D</b>	Métabolisme phosphocalcique, minéralisation des os, dents et cartilages	<b>Riboflavine (B2)</b>	Métabolisme énergétique
<b>E</b>	Protection des lipides contre la peroxydation	<b>Niacine (B3)</b>	Cofacteur d'oxydo-réduction, métabolisme du glucose, des AA et des AG
<b>K</b>	Coagulation sanguine (K1), métabolisme osseux (K2)	<b>Pyridoxine (B6)</b>	Métabolisme des AA et synthèse de neurotransmetteurs
		<b>Acide pantothénique (B5)</b>	Synthèse de la coenzyme A, métabolisme du glucose, des AA et des AG
		<b>Acide folique</b>	Métabolisme des AA, division cellulaire
		<b>Cobalamine (B12)</b>	Métabolisme du propionate et de l'acide folique
		<b>Biotine</b>	Synthèse des AG, néoglucogenèse, catabolisme de certains AA
		<b>Choline</b>	Métabolisme et transport des lipides et du cholestérol, synthèse de neurotransmetteurs
		<b>Vitamine C</b>	<i>Coenzyme de certaines oxygénases dans la synthèse de carnitine, catécholamines et collagène</i>

Table 5 : Les vitamines et leurs rôles dans l'organisme chez l'Homme (d'après l'ANSES, références nutritionnelles en vitamines et minéraux)

Durant le processus d'extrusion, de nombreux facteurs influencent la stabilité des vitamines. Parmi ceux-ci figurent la nature des matières premières, la température, la pression, l'humidité, la vitesse de la vis, la taille de la matrice d'extrusion... Puis, lors du stockage, l'humidité, la lumière et le contact avec l'oxygène sont des paramètres déterminants. De plus, les vitamines ont chacune leur propre structure chimique et propriétés biologiques. Leur stabilité leur est donc propre. Une étude s'est attachée à étudier le comportement de toutes les vitamines lors du processus d'extrusion quand la plupart des autres travaux ne s'attardaient que sur une ou deux vitamines. Il en ressort que les vitamines les plus sensibles lors de la cuisson extrusion sont les vitamines A, E, C, B1 et l'acide folique. D'autres études montrent que la thiamine est, au contraire, maintenue à 95% avec un extrudeur à 154°C grâce au refroidissement rapide de l'aliment en sortie de matrice d'extrusion (Fellows, 2017). Les autres vitamines du groupe B, les vitamines K et D, quant à elles, restent plutôt stables malgré le processus technologique subi. Lors de la cuisson extrusion, la stabilité des vitamines diminue avec la hausse de température, la vitesse de la vis et la diminution de la taille de la matrice d'extrusion. Par ailleurs, les vitamines A, C, D et E se révèlent également très sensibles à l'oxydation et ne se maintiennent pas lors du stockage, puisque l'exposition à l'oxygène est plus importante que pendant l'extrusion même (Riaz et al., 2009; Singh et al., 2007). La table 6 répertorie l'effet de l'extrusion sur les principales vitamines.

Vitamine	Perte de vitamines (%)	
	Extrusion à 107°C	Extrusion à 135°C
<b>A</b>	20	65
<b>E</b>	0	16
<b>B1</b>	7	20
<b>B2</b>	26	8
<b>B12</b>	0	11
<b>Acide folique</b>	14	30
<b>B6</b>	7	21
<b>Niacine</b>	21	30
<b>Biotine</b>	14	31

Table 6 : Perte en vitamines lors de l'extrusion d'un aliment commercial sec destiné aux chiens (Tran et al., 2008)

Finalement, la vitamine A serait la vitamine la plus sensible à la cuisson extrusion, avec une perte moyenne jusqu'à 50% selon le temps passé à de hautes températures. Les résultats sur la conservation des vitamines varient d'une étude à l'autre, mais il semblerait que la destruction de vitamines lors de la cuisson extrusion, bien que significative, ne soit pas aussi dramatique qu'initialement supposée.

## **b) Des additifs et conservateurs potentiellement cancérigènes : l'exemple de la carraghénane et des nitrites**

Une conséquence directe découlant de la dégradation des nutriments dans l'aliment est l'ajout d'additifs et de conservateurs qui vont compenser la perte et empêcher sa progression dans le produit fini. Bien que, expliqué dans la partie I.B.1, l'utilisation d'additifs soit strictement contrôlée au sein de l'Union Européenne, certaines substances sont sujettes à controverse étant donné leur pouvoir potentiellement cancérigène. Sont tout particulièrement visés la carraghénane, les nitrites et nitrates à l'origine de nitrosamines, les anti-oxydants de synthèse et les perturbateurs endocriniens.

### **(1) Exemple d'un agent épaississant : la carraghénane (E407)**

Un premier additif visé par les auteurs étudiés est la carraghénane, agent épaississant utilisé par exemple dans les aliments pour animaux diabétiques. Elle serait à l'origine d'ulcères du tractus digestif et favoriserait le développement de cancers du sein et de l'intestin chez l'Homme. A. Prota écrit que « les carraghénanes peuvent provoquer des allergies, affaiblir le système immunitaire, réduire l'assimilation de minéraux essentiels et avoir une action potentiellement cancérigène » (p.54). J. Ziegler partage cet avis et précise que les cancers favorisés sont les cancers du sein et de l'intestin (Chapitre 7).

La carraghénane est un agent émulsifiant, stabilisateur, épaississant et gélifiant autorisé dans l'alimentation animale sous le code E407 depuis novembre 2005 (European Commission. Directorate General for Health and Food Safety., 2021). Ce sont des polysaccharides non digestibles obtenus à partir d'algues rouges comestibles. La carraghénane, étant donné son haut poids moléculaire, sa stabilité et ses fortes liaisons aux protéines, n'est ni absorbée ni métabolisée. Elle ne semble pas affecter non plus significativement l'absorption des autres nutriments. Des études menées sur diverses espèces (Rustia et al., 1980; Weiner et al., 2007) ne semblent pas montrer d'effets digestifs indésirables ni d'ulcérations du tractus digestif à une dose de carraghénane équivalente à 5% de la ration alimentaire. Souvent, les études sur la toxicité de carraghénane sont effectuées par l'intermédiaire d'une administration per os de carraghénane ou par ajout dans l'eau de boisson. Or ces voies d'administration ne sont pas représentatives de l'additif alimentaire puisque les liaisons aux protéines ne sont pas présentes sous les formes étudiées. L'absence de liaisons protéiques développe les capacités de la carraghénane dans l'eau de boisson à interagir avec la muqueuse intestinale, ce qui n'est pas le cas sous forme d'additif alimentaire (Weiner, 2014).

L'hydrolyse acide de la carraghénane aboutit à la production de poligénane et de carraghénane dégradée, deux polysaccharides de faible poids moléculaire. Les confusions entre ces

trois molécules sont fréquentes dans la littérature scientifique, se répercutant ainsi sur le grand public mais également au niveau d'autres membres de la communauté scientifique. Par exemple, la poligénane est une molécule exclusivement utilisée dans l'industrie pharmaceutique. L'hydrolyse de la carraghénane nécessite des conditions incompatibles avec le vivant (température supérieure 80°C, pH entre 0,9 et 1,3 pendant 6h). L'additif alimentaire ne peut donc pas produire de poligénane ni de carraghénane dégradée au sein de l'organisme animal. Or, ce sont justement ces produits qui présentent des effets ulcératifs et cancérigènes. (Hotchkiss et al., 2016.; McKim et al., 2019). J. Ziegler fait référence à J. Tobacman dans Toxic Croquettes. Cette chercheuse a mené de nombreux travaux sur les carraghénanes, remettant notamment en cause la sécurité de l'additif alimentaire en termes de cancer. Il semblerait cependant que Tobacman s'appuie sur des travaux menés sur la carraghénane dégradée pour étudier la carraghénane de haut poids moléculaire. La carraghénane dégradée est d'ailleurs classée par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) dans le groupe 2b, comme substance potentiellement cancérigène pour l'Homme.

## (2) *Les nitrites et nitrates à l'origine de nitrosamines*

Les nitrates sont naturellement présents dans l'eau ou dans les légumes. Dans le cadre de l'industrie agro-alimentaire, les nitrites de sodium et de potassium, produits de la réaction de réduction des nitrates, sont utilisés comme additifs (E249, E250). Ils jouent le rôle de conservateurs, les nitrites étant particulièrement efficaces pour inhiber le développement de *Clostridium botulinum* lors du stockage de viande et charcuteries. Ils permettent également la préservation de la couleur des viandes. Le principal problème des nitrates et nitrites réside dans leurs réactions au sein de l'organisme. En effet, les nitrates ingérés peuvent être réduits dans la salive en nitrites par des nitrates réductases bactériennes. Les nitrites, produits par la réaction des nitrates ou par leur ingestion directe en tant qu'additif alimentaire, peuvent se fixer aux acides aminés et aboutir à la formation de nitrosamines. A. Prota déplore les doses massives de nitrites utilisées dans le pet-food « bien supérieures à celles des besoins réels de conservation » (p. 47). Ainsi, si les protéines animales sont essentielles pour l'organisme des chiens et des chats, si elles sont riches en nitrites et nitrates ajoutés [...], elles peuvent devenir un aliment nocif » (p.48), notamment par la production de nitrosamines, « l'un des plus puissants groupes de substances cancérigènes jamais découvert » (p.48).

La question des nitrites et des nitrosamines est très étudiée dans le domaine de l'alimentation humaine, beaucoup moins dans le secteur des animaux de compagnie. Quelques données sont exploitables dans le secteur des animaux de rente. On s'intéressera donc aux travaux réalisés chez l'Homme et chez les animaux de rente.

Les nitrates en tant que tels sont peu toxiques et ne sont étudiés que pour leur capacité à être réduits en nitrites. Les nitrites de potassium (E249) et de sodium (E250) sont utilisés dans la conservation de viande, volaille et gibier inclus, traitée thermiquement, entière ou en morceaux. Chez l'Homme, il a été longtemps supposé que la source principale de nitrites était les additifs alimentaires. Il s'avère aujourd'hui qu'il s'agit plutôt de la réduction salivaire des nitrates. Les

nitrites présentent une toxicité aiguë environ dix fois plus importante que celle des nitrates, les conséquences possibles étant la formation de méthémoglobine et, de manière plus ambiguë, la carcinogenèse (souris femelle). En effet, une expérience *in vitro* a montré que du diéthylnitrosamine peut se former à partir de diéthylamine et nitrite de sodium incubés dans du suc gastrique de rat, chien ou humain (Sen et al., 1969). Plusieurs composés dits « N-nitroso », dérivant de la réaction des nitrites avec les amines de l'organisme, sont classés par le CIRC comme cancérigènes probables. Seules deux nitrosamines sont classées dans le groupe 1 (cancérigène certain pour l'Homme), il s'agit de la N-nitroso nicotine (NNN) et de la nitrosamine cétone (NNK), dérivées de la nicotine et spécifique au tabac. Dans les années 80, des controverses quant à l'utilisation des nitrites ont vu le jour, motivant la réalisation de nombreuses études sur leur cancérigénicité (Sindelar and Milkowski, 2012). En 2006, un groupe de travail de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), sur la base de plusieurs études cas-témoin, conclue à un niveau de preuve faible concernant le rôle des nitrites alimentaires seuls dans le développement de cancers gastriques. En ce qui concerne l'association nitrites – amines, des travaux montrent que cette association administrée oralement chez le rat résulte en une augmentation de l'incidence de tumeurs malignes et bénignes sur plusieurs organes. (Greenblatt et al., 1971 ; Lijinsky, 1984). Le groupe de travail de l'OMS a conclu à un niveau de preuve suffisant en faveur d'une cancérigénicité des nitrites associés à des amines. Par ailleurs, la réaction de nitrosation peut être inhibée en présence d'acide ascorbique (vitamine C) (Tannenbaum et al., 1991). Des études épidémiologiques effectuées chez l'Homme ont mis en évidence une formation accrue de nitrosamines, et donc un risque de cancer plus développé, chez les sujets présentant un régime alimentaire riche en nitrites et pauvre en vitamines C (Grosse et al., 2006). Les nitrites ingérés dans des conditions qui pourraient aboutir à la formation endogène de nitrosamines sont ainsi considérées comme cancérigènes probables pour l'Homme par le CIRC (classe 2A).

La directive européenne 2002/32/EC établit la limite maximale en nitrite de sodium dans les aliments complets pour animaux de compagnie, à l'exception de ceux dont l'humidité est supérieure à 20%, à 15 mg/kg d'aliment. Peu de données sur les animaux de compagnie sont publiées. Chez les animaux de rente, la valeur NOAEL (dose sans effet nocif observé) est évaluée à 3,3mg/kg de poids vif par jour alors que, en accord avec le règlement européen, l'apport en nitrate chez les porcs et bovins en Europe n'est que, respectivement, 0,37 et 0,65 mg/kg de poids vif par jour. Ainsi, la NOAEL correspond respectivement à 9 et 5 fois l'apport européen, ce qui constitue des marges de sécurité satisfaisantes. Le groupe scientifique sur les contaminants de la chaîne alimentaire considère que ces résultats ne mettent pas en danger la santé des animaux. (European Food Safety Authority (EFSA), 2009). En 1997, en Nouvelle Zélande, trois chats nourris avec une même marque de croquettes sont morts d'une intoxication aux nitrites. Leur autopsie est en faveur d'un décès dû à la méthémoglobinémie. L'analyse des croquettes révélait une concentration en nitrites de 2 850 mg/kg d'aliment (Worth et al., 1997). Ainsi, la toxicité aiguë des nitrites semble plus à craindre pour les animaux de compagnie que l'aspect cancérigène. Cet exemple met également en lumière la nécessité d'encadrement et de contrôles des quantités d'additifs dans l'alimentation commerciale. A titre comparatif, la limite maximale de nitrites dans l'alimentation humaine est établie dans le Codex Alimentarius à 80 mg/kg de viande.

La question des nitrites comme additifs alimentaires est donc délicate. Peu de données sont accessibles en ce qui concerne le pet-food. Par analogie avec l'alimentation humaine et l'alimentation des animaux de rente, il semblerait que les nitrites seuls ne présentent que peu de danger pour l'organisme lorsqu'ils sont présents en dessous des valeurs maximales établies. Malgré des controverses périodiques, la communauté scientifique réaffirme régulièrement l'innocuité aux doses utilisées dans l'industrie agro-alimentaire des additifs nitrates. L'EFSA a d'ailleurs réévalué l'innocuité des nitrites et nitrates comme additifs alimentaires en 2017 et a réaffirmé leur sécurité dans les conditions d'utilisation établies par l'Union Européenne. Précisons également que, tandis que le CIRC évalue l'aléa cancérigène d'une substance, l'EFSA étudie également la probabilité d'exposition à cette substance. L'EFSA fournit donc un aperçu plus global du risque cancérigène d'une substance donnée. (European Food Safety Authority., 2017)

## **2. Les traitements thermiques sur l'alimentation commerciale et leurs conséquences**

### **a) A l'origine d'un composé cancérigène : l'acrylamide**

Comme vu dans la partie I.A, le procédé de fabrication des croquettes repose le plus souvent sur des températures de cuisson élevées lors de l'extrusion. Ceci permet, par exemple, une destruction de microorganismes pathogènes, la dénaturation de facteurs antinutritionnels, mais favorise également les réactions de Maillard entre les oses réducteurs et les acides aminés. Ces réactions peuvent aboutir à la formation d'acrylamide (Mottram et al., 2002), un composé considéré cancérigène pour l'animal et cancérigène possible pour l'Homme depuis 1994 par le CIRC (groupe 2A). Ce composé préoccupe notamment A. Prota et S. Kramer. Ainsi, Prota écrit « Si des traces de cette substance ont été observées dans des aliments destinés à la consommation humaine, je crains qu'elle puisse aussi être présente, après la transformation et la stérilisation des matières premières, dans des produits industriels réservés à nos amis à quatre pattes. » (p.51).

L'acrylamide est une substance se formant dans les aliments riches en acides aminés et en amidon. L'asparagine est l'acide aminé qui semble être le plus impliqué dans la formation de cette substance, notamment en présence de sucres réducteurs, par exemple le glucose. De ce fait, les matières premières céréalières semblent être celles qui prédisposent le plus à la formation d'acrylamide, notamment le seigle dont la teneur en asparagine est particulièrement élevée (Singh et al., 2007). En alimentation humaine, l'acrylamide est fréquemment retrouvée dans les chips, les frites ou le pain, qui sont des produits cuits à une température supérieure à 120°C.

En 2015, une réévaluation du risque de carcinogénèse dû à l'ingestion d'acrylamide a conclu à un risque plus faible que ce qui avait été à l'origine établi chez l'Homme. Aucun résultat n'est disponible concernant ce risque chez les chiens et les chats. Les seules données animales proviennent d'études menées sur le rat en 1995, chez qui l'acrylamide induit des tumeurs bénignes de la thyroïde et des glandes mammaires, ainsi que des mésothéliomes testiculaires. Enfin, chez l'Homme, l'acrylamide présente également une neurotoxicité (ataxie, faiblesse musculaire)

cumulative. Chez les rats, chiens et babouins, des effets neurotoxiques similaires à ceux présents chez l'Homme se développent lorsque la dose de 600mg/kg est atteinte (Erkekoglu and Baydar, 2014).

En ce qui concerne le pet-food, les aliments secs et humides subissent chacun un traitement thermique important (extrusion pour les croquettes, stérilisation pour les pâtées). C'est lors de ces étapes que l'acrylamide est le plus probablement produit. En 2021, une étude menée au Japon sur 51 aliments pour animaux de compagnie de grande surface (secs et humides), a mis en évidence la présence d'acrylamide dans tous les échantillons testés. Une différence significative entre aliment sec et aliment humide est notée. On retrouve en moyenne 39,6ng/g (valeurs extrêmes : 14,7 – 68,6) d'acrylamide dans les aliments secs, contre en moyenne 11 ng/g (valeurs extrêmes : 5 – 28) dans les aliments humides (Sugita et al., 2021). En 2013, une étude conduite en République Tchèque avait mis en évidence une concentration variant entre 106 et 358 ng/g (Veselá and Šucman, 2013). De telles différences peuvent partiellement s'expliquer par les variations d'échantillons entre les deux études, tant en termes de nombre que de marques. Comme vu en partie I, les différentes marques et gammes de croquettes ne se valent pas en termes de digestibilité. On peut extrapoler ce constat et supposer que les aliments premiums et les entrées de gamme ne présentent pas la même concentration d'acrylamide. Cette hypothèse n'a pas pu être étayée par manque de littérature scientifique à ce sujet. De plus, près de 10 ans séparent ces deux études. L'acrylamide étant une controverse largement répandue en alimentation animale mais aussi en alimentation humaine, il n'est pas aberrant de penser que les industriels ont amélioré leurs procédés de fabrication grâce à de nombreux auto-contrôles sur leurs produits. Enfin, il n'est pas clairement spécifié qu'un fluide caloporteur ait été utilisé lors du broyage des croquettes. En effet, une première étape à la recherche d'acrylamide est d'obtenir un mélange homogène, passant par un broyage des croquettes. Cette action fournit de l'énergie et donc de la chaleur à l'aliment, pouvant potentiellement accélérer la réaction de Maillard et favoriser la formation d'acrylamide. Les résultats obtenus peuvent alors être des surestimations des réelles concentrations d'acrylamide.

Enfin, si l'on considère un chien de 30 kg mangeant 350g de croquettes par jour titrant à 68,6 ng/g en acrylamide (valeur extrême dans l'étude de Sugita), et considérant qu'il développera des signes nerveux à partir de 600mg/kg d'acrylamide, un calcul simple montre que la neurotoxicité sera clinique à l'âge de 2 054 ans. Il y a donc peu de risques que nos animaux de compagnie développent des symptômes nerveux dus à l'acrylamide contenu dans les croquettes.

## **b) Mention sur la leucocytose digestive**

A. Prota fait état dans La santé dans la gamelle d'un phénomène appelé leucocytose digestive. Il s'agirait, chez l'Homme, d'une « augmentation des globules blancs dans le sang après un repas à base d'aliments cuits et donc dénaturés par la hausse de température » (p. 28), ce qui

aurait pour conséquence un déséquilibre du système immunitaire. Prota suppose que le même phénomène se produit chez les animaux de compagnie.

La littérature sur le sujet est extrêmement réduite et est très ancienne. Cependant, la notion de leucocytose digestive semble controversée, certains pensant que cette notion associe deux phénomènes parallèles mais non liés (“digestive leukocytosis,” 1932). Une autre étude chez le lapin semble montrer que cette espèce n’est pas sujette à ce phénomène (Casey, 1940).

Le manque cruel de données à ce sujet ne permet pas de conclure sur l’influence de la cuisson sur le système immunitaire des animaux de compagnie.

### **3. L’aliment sec et le déficit hydrique**

Les croquettes sont, par définition, des aliments secs produits à partir de matières premières déshydratées. Une fois emballées, les croquettes contiennent en moyenne 8 à 10% d’humidité. Les auteurs des ouvrages de vulgarisation rappellent que ces aliments secs nécessitent une prise de boisson conséquente pour être correctement assimilés. Or, le chat est un animal qui boit peu par nature. Le décalage entre ses besoins et l’apport hydrique réduit apporté par les croquettes, non compensé par la prise de boisson, serait à l’origine de diverses pathologies dont les pathologies urinaires (cristaux urinaires, insuffisance rénale) mais aussi digestive (ulcères, constipation...). S. Kramer déplore ainsi que « la plupart des pathologies urinaires trouvent leur étiologie dans une inadéquate gestion en eau par une nourriture industrielle déshydratée » (p. 89). Chez le chat en particulier, « avec une nourriture sèche, l’animal est stimulé à ingérer trop d’eau par rapport à la nature de son organisme, dès lors, ce phénomène induit une hyperactivité rénale avec les pathologies qui en découlent” (p.89). Dans cette optique, M. Kergoat abonde dans ce sens et avance que « les chats consommant un aliment humide ont trois fois moins de risques de développer des cristaux d’oxalates que les chats mangeant une ration sèche. » (p.130), ainsi, « un chat devrait boire trois fois plus s’il mange des croquettes au risque de se déshydrater et de manquer d’eau » (p. 178).

Les aliments commerciaux se déclinent en aliments humides, contenant de 70 à 85% d’humidité, et les aliments secs contenant moins de 14% d’humidité. Dans le cas d’une ration uniquement sèche, on estime que l’eau est uniquement apportée par la boisson. Les chiens et les chats ne présentent pas le même comportement de prise de boisson, ni la même capacité de réponse à la déshydratation. En effet, les chiens semblent mieux adapter leur prise de boisson en situation de déshydratation par rapport au chat. Les chiens peuvent facilement compenser une déshydratation de 8%, tandis que les chats ne compensent pas les pertes hydriques dès 4% de déshydratation (Anderson, 1982). Ce constat a conduit à de nombreuses études sur l’influence du régime alimentaire sur la boisson du chat. Ainsi, les chats nourris avec une ration humide ont tendance à ne pas boire, tandis que les chats consommant une ration sèche boivent régulièrement au cours de la journée. Pourtant, l’apport total d’eau, comprenant l’eau contenue dans l’aliment et l’eau de boisson, est bien supérieure chez les chats avec une ration humide (Kane et al., 1981). Tandis que les chiens sont capables de réguler leur prise de boisson de manière à avoir toujours le même apport d’eau quelle que soit la ration ingérée, les chats ne comblent pas le déficit hydrique dû à la ration

sèche par la prise de boisson, qui représente pourtant 96% de l'apport en eau. Cet apport ne couvre que 49% de l'eau apportée par une ration humide (Anderson, 1982).

Les rations sèches sont une des variables associées positivement au développement de maladies urinaires chez le chat, notamment les urolithiases. En effet, l'apport hydrique insuffisant conduit à une concentration et une rétention urinaire conséquentes. Or, l'augmentation du volume urinaire diminue la saturation des urines par dilution du matériel calculogénique et augmente la sursaturation minimale requise pour provoquer la cristallisation, diminuant donc le risque de formation de calculs (Buckley et al., 2011). Une étude a notamment montré que, dans son panel d'échantillon, 60% des chats atteints d'urolithiases étaient nourri avec uniquement un aliment sec (Lew-Kojrys et al., 2017). Rappelons cependant que la formation d'urolithes est multifactorielle. L'humidité de l'aliment n'est pas le seul facteur mis en cause. Par exemple, le risque de calculs de struvites (calculs phosphate amoniac-magnésiens) est corrélé avec la teneur en fibre, l'amidon, le calcium, le phosphore et le magnésium dans l'aliment, mais également avec l'hygiène de vie du chat (sédentarité, obésité), son statut physiologique (mâle castré) et son âge (2 à 6 ans). Une prédisposition raciale semble exister : le Sacré de Birmanie, le Persan et le Siamois seraient particulièrement touchés.

Pour pallier ce manque d'eau dans la nourriture sèche, il est judicieux de proposer aux chats une alimentation mixte (ration sèche et humide) dès le plus jeune âge. En effet, les chats ont une tendance à la néophobie alimentaire. Il est donc important de les habituer tôt à l'alimentation humide, qui sera certainement très utile lors du développement d'une maladie rénale chronique, pathologie excessivement fréquente du chat âgé. Il est parfois conseillé de rajouter de l'eau dans les croquettes. Une étude en 2005 a cependant montré que cette technique ne permettait pas d'augmenter significativement l'apport hydrique et l'excrétion urinaire des chats (Carciofi et al., 2005), et serait donc peu efficace. La stimulation de la boisson est également importante, avec des gamelles d'eau régulièrement changées, l'utilisation de fontaines à eau etc...

#### **4. Les risques de contamination de l'aliment commercial par contamination des matières premières**

Malgré le processus d'extrusion, le risque de contamination des croquettes par divers composés n'est pas nul. Les mycotoxines par exemple peuvent être présentes dès la culture des céréales et ne sont pas détruites par les traitements thermiques subis lors de la fabrication des croquettes. Les désordres engendrés peuvent être aigus ou chroniques, mais aucune réglementation n'encadre réellement le taux de mycotoxines dans l'aliment.

De même, des métaux lourds peuvent être présents et être nocifs par effet cumulatif (blocage des activités enzymatiques et des réactions du métabolisme, formation de radicaux libres...) en provoquant des dysfonctionnements immunitaires ou des phénomènes dégénératifs.

M. Kergoat souligne en particulier que la présence des mycotoxines « est normalement contrôlée par le fabricant suivant les normes en vigueur dans son pays » (p.186), mais, selon l'émission *Capital* de M6, « il n'y a pas de normes strictes en matière de mycotoxines ». La seule mycotoxine soumise à réglementation est l'aflatoxine B1 et le dernier texte de réglementation date de 2006 (règlement UE 1881/2006). [...] A ce jour, les industriels ne doivent pas dépasser une teneur maximale définie par les données actuellement disponibles". (p.187). A. Prota se saisit également du sujet. Selon lui, "les aliments pour animaux sont davantage susceptibles de dépasser un certain seuil de mycotoxines, du fait des durées de stockage et de conditions de transport.» (p.57), ce qui est problématique compte-tenu des maladies consécutives à une intoxication. Elles prédisposeraient notamment à « des maladies infectieuses et dégénératives et générant des processus inflammatoires chroniques ». Prota s'inquiète d'une inattention du monde scientifique dans ce domaine, car « souvent, la pathologie apparaît par accumulation, sans manifestations aiguës, et l'on a du mal à penser aux mycotoxines comme cause possible » (p. 58).

A propos des métaux lourds, Prota explique que les croquettes peuvent être contaminées par des matières premières. Ainsi, « certains aliments, comme le maïs, le blé ou le riz mal conservés ou certains poissons pollués (thon, espadon, saumon), contiennent parfois eux-mêmes beaucoup de métaux lourds » (p. 60), ce qui entraînerait une toxicité par accumulation ayant pour conséquence des « phénomènes dégénératifs et des dysfonctionnements immunitaires pouvant conduire à des lésions irréversibles. Insuffisance rénale, gastrite, maladies intestinales, irritabilité, dysfonctionnements cognitifs, épilepsie, myélopathie dégénérative, allergies, dermatites, dysfonctionnements glandulaires ne sont que quelques-unes des modifications possibles associées à l'intoxication par métaux lourds. » (p. 60). Enfin, la contamination par les métaux lourds pourrait également provenir de l'emballage des croquettes ou des conserves de pâtées.

## a) Les mycotoxines

On appelle mycotoxine les toxines produites naturellement par certains champignons sur de nombreuses denrées d'origine végétale au champ ou en cours de stockage. Sont notamment concernées les céréales, mais également les noix, amandes, pommes ainsi que les produits alimentaires dérivés de ces filières. Les animaux de rente peuvent y être exposés au travers de fourrages, contaminant ainsi les denrées animales telles que le lait, les œufs, la viande ou les abats (ANSES). L'exposition de ces animaux est donc particulièrement étudiée dans un cadre de santé publique, ce qui est beaucoup moins le cas pour les animaux de compagnie. Par ailleurs, les toxines sont thermostables et ne sont généralement pas détruites par les procédés habituels de cuisson ou de stérilisation. A l'heure actuelle, plus de 200 mycotoxines ont été identifiées. De plus, 70% des denrées alimentaires à destination de la consommation humaine sont contaminées par au moins une mycotoxine (Streit et al., 2013). Les champignons du genre *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium* produisent la majeure partie des mycotoxines étudiées par la communauté scientifique à savoir les aflatoxines, l'ochratoxine A, les trichotécènes, la zéaralénone et la fumonisine B1 (Fink-Grenmels, 1999).

Les animaux domestiques ont aujourd'hui comme particularité, contrairement aux animaux de rente, de présenter une longue espérance de vie. Ainsi, la toxicité chronique par ingestion de faibles quantités journalières de mycotoxines est autant à craindre que la toxicité aiguë due à une ingestion massive ponctuelle de toxines. Les différents effets des mycotoxines sont répertoriés dans le tableau 7.

Mycotoxine	Toxicité	Doses étudiées	
<b>Aflatoxines</b> <i>(Aflatoxine B1)</i>	<b>Hépatotoxicité</b> (hépatomégalie, coagulation intravasculaire disséminée, hémorragies internes, ictère, anorexie, léthargie)	Toxicité aiguë (quelques jours) : <b>0,5 mg/kg PV</b>	
	<b>Hépatocarcinogène</b>	Toxicité sub-aiguë (2-3 semaines) : <b>0,5 mg/kg d'aliment</b> Toxicité chronique (6-8 semaines) : <b>0,05-0,3 mg/kg d'aliment</b>	
<b>Ochratoxines</b> <i>(Ochratoxine A)</i>	<b>Néphrotoxicité</b> (dégénérescence des tubules proximaux, fibrose interstitielle, anorexie, vomissements, déshydratation, diarrhée hémorragique)	0,2mg/kg PV	
<b>Trichotécènes</b> <i>(Déoxynivalénol)</i>	Affinité pour les cellules à division rapide :  Inflammation intestinale  Immunosuppression	Chien  Dysorexie à partir de 3 mg DON/kg pet-food	Chats Dysorexie à partir de 7,7 mg/kg d'aliment
		Vomissements à partir de 8 mg/kg d'aliment	
<b>Zéaralénone</b>	<b>Reprotoxicité</b> <u>Femelle</u> : réduction du nombre de corps jaunes, l'implantation et le développement embryonnaire, viabilité de fœtus) <u>Mâle</u> : inhibition de la spermatogénèse	<b>1mg/kg d'aliment</b> : Stérilité  <b>200 µg/kg PV/j</b> Œdème et hyperplasie des oviductes et de l'utérus, pyométre	
<b>Fumonisines</b> <i>(Fumonisine B1)</i>	Toxicité cellulaire : inhibition de la synthèse de sphingolipides (apoptose, nécrose cellulaire, hyperplasie compensatrice)  Cardiotoxicité, néphrotoxicité, hépatotoxicité  Immunodépression	<b>32 mg/kg PV/j</b> pendant 3 semaines → lésions hépatiques et rénales chez le rat  Dose journalière létale chez le lapin : <b>1,75 mg/kg PV/j</b>	

Entre parenthèse : toxine la plus répandue de la famille ; PV = poids vif ; sauf mention contraire, les doses exprimées sont étudiées chez le chien

Table 7 : Synthèse des effets des principales mycotoxines retrouvées dans le pet-food (d'après Boermans and Leung, 2007)

Dès les années 1950, des cas d'hépatites chez le chien ont été attribués à une consommation excessive de denrées contaminées par l'aflatoxine B1, considéré comme le plus puissant cancérigène naturel. La confirmation expérimentale en a été faite dix ans plus tard (Newberne et al., 1966), plusieurs cas d'aflatoxicose s'étant depuis confirmés depuis les premières suspicions chez le chien, mais jamais chez le chat jusque-là. La DL50, dose à laquelle 50% des animaux exposés décèdent, est établie à 0,5 mg/kg chez le chien et 1,5 mg/kg chez le chat. Plusieurs cas d'intoxications ont été reportés suite à la consommation d'aliments commerciaux ces dernières décennies amenant à des rappels de produits par les fabricants. Récemment, en juin 2021 au Royaume-Uni, des cas de pancytopenies se développant chez les chats consommant des croquettes hypoallergéniques des marques AVA® et APPLAWS® ont entraîné un rappel des produits, la cause suspectée de cette pathologie rare étant les mycotoxines.

En 2019, 89 aliments commerciaux ont été testés par spectrométrie de masse pour 28 mycotoxines différentes (Castaldo et al., 2019). Les données concernant les principales mycotoxines étudiées sont répertoriées dans le tableau 8. Les valeurs établies pour les aflatoxines sont des limites maximales à ne pas dépasser (Règlement (UE) 574/2011), tandis que les valeurs limites pour les autres mycotoxines sont uniquement des recommandations (Recommandation (UE) 2016/1319)

	Echantillons positifs (%)	Concentrations obtenues (µg/kg d'aliment)	Valeur maximale établie ou recommandée par l'Union Européenne (mg/ kg d'aliment)
<b>AFB1</b>	25,8	3,3 – 7,9	0,01 mg/kg maximum dans les aliments complets pour animaux de compagnie Valeur limite la plus basse pour les animaux de rente : 0,02 (porcs)
<b>OTA</b>	2,2	1,4 – 1,5	0,01
<b>ZEA</b>	91	0,9 – 60,6	0,2 mg/kg d'aliment (pour les animaux qui ne sont pas destinés à la reproduction)
<b>DON</b>	30,3	7,6 – 297,3	Non renseignée pour les animaux de compagnie Valeur la plus basse chez les animaux de rente : 0,9 (porcs)
<b>HT2</b>	32,6	3,3 – 11,1	0,05
<b>T2</b>	47,2	0,7 – 9,0	
<b>FB1</b>	66,3	11,8 – 990,1	

*AFB1 : aflatoxine B1 ; OTA : ochratoxine A ; ZEA : zéaralénone ; DON : déoxynivalénol ; FB1 : fumonisine B1. HT-2 et T2 sont des mycotoxines de la famille des Trichotécènes*

*Table 8 : Occurrence, intervalle de concentration et valeur maximale recommandée dans le pet-food des principales mycotoxines (Castaldo et al., 2019 ; Recommandation (UE) 2016/1319 de la commission du 29 juillet 2016; Règlement (UE) 574/2011)*

Les résultats de cette étude sont en faveur d'une contamination de 99% des échantillons, la plupart étant co-contaminés : jusqu'à 16 analytes peuvent être retrouvés dans un produit. Les mycotoxines montrant la prévalence la plus élevée sont celles du genre *Fusarium* (HT-2, T-2, DON, ZEA, FB1). Cependant, toutes les concentrations trouvées sont en dessous des valeurs limites recommandées.

En définitive, les cas décrits dans la littérature, notamment les plus récents, se rapportent plus à des accidents toxicologiques liés à des matières premières anormalement contaminées qu'à des ingestions de faible dose sur le long terme. Il n'en demeure pas moins que les animaux domestiques, et plus particulièrement le chien, sont particulièrement sensibles à l'action de ces toxines, en particulier à l'action hépatotoxique des aflatoxines B1. Cependant, les mycotoxines se retrouvent aussi bien dans les céréales que dans la viande. Les rations ménagères ou crues ne sont donc pas exemptes de mycotoxines. La recherche de ces toxines n'est pas une obligation en alimentation animale, elle ne se base que sur des recommandations. Dès lors, il est nécessaire de se tourner vers des fabricants de pet-food qui se soumettent à ces recommandations en vigueur et qui analysent régulièrement leurs produits (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, 2009).

## b) Contamination par des métaux lourds

On appelle métaux lourds les éléments métalliques dont la masse volumique est supérieure à 5g/cm<sup>3</sup>. Ils sont présents, soit de manière naturelle soit suite aux activités humaines, sous forme de traces dans les sols, les eaux et l'atmosphère et peuvent, par conséquent, se présenter sous forme de résidus dans les denrées alimentaires. Certains métaux lourds sont également, à dose très faible, des oligo-éléments essentiels au fonctionnement des enzymes, des hormones ou du système immunitaire, comme le zinc, le manganèse, le cuivre et le fer. Ils présentent également une toxicité à partir d'un seuil de concentration plus élevé (Jaishankar et al., 2014). D'autres n'ont aucune utilité biologique reconnue et sont soumis à des mesures de contrôle du fait de leurs effets toxiques reconnus, par exemple le mercure. Les métaux lourds s'accumulent dans les organismes, notamment au niveau du foie, des os et des reins. Le tableau 9 répertorie les toxicités chez le chien des principaux métaux lourds étudiés dans le pet-food.

Mécanismes d'action		Teneur maximale en mg/kg d'aliment pour animaux d'une teneur en humidité de 12%
<b>Arsenic</b>	Intoxication aiguë chez le chien : vomissements, ulcères buccaux et digestifs, abattement, ptyalisme, bruits digestifs augmentés Dermatite ulcéreuse Cause potentielle de myocardite  Indispensable au métabolisme de l'Homme et de la chèvre	Aliment complet pour animaux de compagnie : 2 Aliment complet pour animaux de compagnie à base de poisson ou autres animaux/organismes aquatiques et leurs dérivés : 10
<b>Plomb</b>	Lésions en regard du chiasma optique, cécité corticale, anémie, épilepsie, sclérose des os Cause potentielle de myocardite  Indispensable à la synthèse de globules rouges chez le rat et le porc	5 mg/kg
<b>Cadmium</b>	Lésions cellulaires des tubes séminifères, lésion de la tête de l'épididyme, perturbation de la composition biochimique des testicules, diminution de la production testiculaire d'androgènes  Indispensable au métabolisme de la chèvre	2 mg/kg
<b>Mercure</b>	Signes digestifs : stomatite ulcéreuse, glossite, œsophagite, entérite hémorragique Cause potentielle de myocardite  Pas de rôle biologique connu	0,3 mg/kg

Table 9 : Toxicité des métaux lourds chez le chien (d'après Kim et al., 2018), rôles biologiques dans diverses espèces et teneurs limites tolérées dans l'Union Européenne (2013/1275/EC)

Une étude menée en 2017 sur l'arsenic contenu dans 200 échantillons de pet-food a montré que seuls les aliments préparés à base de poisson présentent une quantité détectable d'arsenic, dûe à la bioaccumulation en zone aquatique. Aucun aliment à base de viande rouge n'était positif. De fait, les produits carnés sont plus susceptibles d'être contaminés par du plomb si les animaux ont été élevés dans des bâtiments avec une peinture au plomb. Cependant, cette étude a démontré que des aliments importés depuis la Thaïlande présentaient des taux d'arsenic bien supérieurs à ceux

tolérés par l'Union Européenne (Squadrone, 2017). Entre 1980 et 2016, les teneurs élevées en métaux lourds étaient d'ailleurs la quatrième cause, en termes de fréquence, de retrait des aliments par la RASFF (Réseau d'Alerte Rapide Européen pour l'Alimentation Humaine et Animale)

Cependant, les normes établies par l'Union Européenne se basent en grande partie sur les recommandations du NRC (National Research Council), qui lui-même ne mentionne que brièvement la problématique des métaux lourds. De plus, les teneurs européennes sont exprimées en mg/kg d'aliment à 12% d'humidité, seule la matière sèche est prise en compte. Cette méthode ne considère donc pas les différences d'apport calorique entre plusieurs aliments, ce qui fausse l'estimation d'exposition aux métaux lourds. L'expression de la teneur maximale en substance indésirable en mg/Mcal d'aliment serait plus exacte. Une étude menée en 2019 aux Etats Unis analyse ainsi la teneur en arsenic, plomb, cadmium et mercure dans 51 aliments commerciaux pour chien, en se référant aux calories de l'aliment. (Kim et al., 2018). Les résultats concordent avec ceux de l'étude italienne de 2017 : les rations à base de poissons contiennent plus d'arsenic que ceux à base de volaille ou viande rouge. Les aliments à base de viande rouge présentent, quant à eux, des taux élevés de plomb. La teneur en métaux lourds du produit fini est donc corrélée à l'origine des protéines. Par ailleurs, il semblerait que les aliments commerciaux ne présentent pas de danger relatif aux métaux lourds pour les animaux de compagnie, bien que la dose d'arsenic dans tout type d'aliment étudié dépasse d'au moins deux fois l'apport journalier des humains.

Malgré ces résultats rassurants, la surveillance des métaux lourds dans le pet-food reste de rigueur. En effet, trop peu d'études sur la possibilité d'intoxication aux métaux lourds par le pet-food sont disponibles. Or, certains taux dans l'aliment commercial pour chien comparativement à l'alimentation humaine posent question. Par exemple, dans l'étude précédente, tous les types d'aliments testés présentaient une concentration médiane d'arsenic excédant d'au moins deux fois l'apport journalier humain. Enfin, il est judicieux de prêter attention à l'origine de l'aliment. En effet, les normes européennes, bien qu'imparfaites, ont le mérite d'exister mais ne sont pas applicables sur les aliments provenant de l'étranger. Ainsi, la plupart des notifications à la RASFF entre 1980 et 2015 concernaient des aliments d'origine chinoise.

## **5. Conclusion partielle**

Les aliments commerciaux, notamment les croquettes, sont souvent décriés car leur processus de fabrication industrielle s'oppose à l'envie de naturel des consommateurs actuels.

Il est vrai que ces procédés industriels apportent leur lot d'imperfections. Comme évoqué précédemment, les traitements physiques (chaleur, pression, cisaillement) subis par les matières premières ne sont pas négligeables. Ceux-ci se répercutent sur la composition primaire des matières premières : les enzymes présentes dans l'aliment primaire sont dénaturées, des vitamines sensibles telles que la vitamine A sont détruites en grande quantité (notamment lors du stockage) et de l'acrylamide, cancérigène, peut se former consécutivement aux réactions de Maillard. Ces aspects sont cependant à nuancer. En effet, les enzymes présentes initialement dans les matières premières

ne sont pas utiles à la digestion par l'animal consommateur. De plus, l'extrusion permet de détruire des facteurs antinutritionnels tels que la thiaminase, enzyme qui dégrade la vitamine B1. D'ailleurs, cette vitamine est conservée à 95% lors de l'extrusion. Les études sur l'influence de l'extrusion sur la qualité nutritionnelle du produit fini (composition, digestibilité) offrent un large panel de résultats qu'il est difficile de comparer. Cependant il semble que l'extrusion, bien qu'imparfaite, ne résulte pas en une « nourriture morte et sans vie » comme certains le mentionnent. Enfin, alors que les croquettes sont décriées pour de supposées carences en minéraux ou vitamines, intéressons-nous brièvement aux rations crues. Une étude allemande parue en 2011 a analysé 95 recettes de BARF. 60% d'entre elles présentent un ou plusieurs déséquilibres nutritionnels majeurs (apport en calcium, vitamine D ou oligoéléments significativement inférieur aux recommandations) (Dillitzer et al., 2011). Notons que ces carences ne sont pas détectables aux analyses sanguines. Les analyses biologiques ne reflètent pas la malnutrition, seules les analyses de rations en sont le reflet (Hajek et al., n.d.)

Des additifs et conservateurs sont également largement répandus dans l'industrie alimentaire. Leur utilité n'est plus à démontrer et leur concentration est encadrée et surveillée au sein de l'Union Européenne. Cet encadrement n'est pas toujours strict, notamment au sein du pet-food, et chaque gamme d'aliment ne se vaut pas. Le consommateur se doit donc d'être rigoureux sur le choix du fabricant des croquettes de son animal, en choisissant un industriel respectant les recommandations européennes en termes de substance indésirable dans l'aliment, qu'il s'agisse d'additifs (nitrites) ou de contaminations involontaires (mycotoxines, métaux lourds). Ces recommandations, bien que basées sur des recherches scientifiques, restent imparfaites. Cependant, leur respect permet d'établir une marge de sécurité quant à l'apparition d'effets nocifs sur l'organisme suite à l'ingestion de ces substances indésirables. Des toxicités aiguës peuvent apparaître lors d'ingestion d'un aliment ne répondant pas à ces marges de sécurité. Ces accidents sporadiques sont la principale cause d'apparition de signes cliniques chez les animaux de compagnie. Notons par ailleurs que seuls 1,7% des intoxications des chiens et des chats sont attribués à leur alimentation (Bischoff and Rumberg, 2012). Cependant, leur grande espérance de vie les expose également au risque cancérigène, bien étudié chez l'Homme mais encore trop peu chez l'animal de compagnie.

## **C. La composition en nutriments remise en question**

### **1. Les protéines**

#### **a) La qualité des protéines animales remise en cause**

Une théorie selon laquelle les protéines contenues dans les aliments commerciaux sont de piètre qualité est fréquemment retrouvée dans la plupart des ouvrages de vulgarisation. Ceux-ci déplorent l'utilisation de matières premières animales nutritionnellement peu intéressantes, comme les farines de volailles, ou encore l'utilisation de protéines végétales pour supplanter les protéines animales. Or, ces protéines végétales, comme le gluten, ne seraient pas assimilables par l'organisme des animaux de compagnie, en particulier celui du chat. Ainsi, J. Ziegler déplore l'utilisation de farines de volailles « issues de sous-produits animaux séchés : plumes, pattes, bec, griffes, etc. » (p. 67) de moindre qualité par rapport à la farine de viande de volaille. Ces farines seraient largement utilisées dans la formulation d'aliments « light ». Or selon elle, « un chien en surpoids a besoin de sources de protéines de grande qualité pour éviter qu'une carence ne génère d'autres maladies » (p. 159). Elle estime donc que ces protéines bas-de-gamme sont dangereuses car responsables de pathologies secondaires.

Revenons tout d'abord sur la notion de « qualité » des protéines. Les protéines dans l'aliment, outre l'énergie qu'elles apportent, sont également source d'acides aminés. La notion de valeur biologique d'une protéine se base d'une part, sur sa composition en acides aminés, notamment ceux indispensables à une espèce donnée dans un état physiologique donné, et, d'autre part, sur sa capacité à fournir ces acides aminés lors du processus de digestion. Certains acides aminés sont qualifiés d'essentiels, ils ne sont pas synthétisés par l'organisme, ou le sont de manière trop lente pour couvrir les besoins. Ils sont au nombre de dix chez le chien et onze chez le chat, chez qui le besoin en taurine est strict (cf. tableau 10). Le concept de « protéine idéale » désigne ainsi une protéine fictive qui fournirait à un animal l'ensemble des acides aminés essentiels, en proportions optimales selon ses besoins. La qualité de l'apport protéique n'est donc pas uniquement question de quantité. Celle-ci est à moduler selon l'origine des protéines. Ainsi, les protéines d'aliments carnés de bonne qualité (viande, abats) ont une valeur biologique bien plus importante que celles des aliments carnés bas de gamme (cartilage, os, plumes, tendons...). Pour une protéine de valeur biologique moyenne et de digestibilité moyenne, le besoin des animaux de compagnie est de 60 g/Mcal pour le chien, 70-80 g/Mcal chez le chat.

AAE	Chiens	Chats
<b>Arginine</b>	0,52	1
<b>Histidine</b>	0,23	0,26
<b>Isoleucine</b>	0,46	0,43
<b>Leucine</b>	0,82	1,02
<b>Lysine</b>	0,42	0,34
<b>Méthionine</b>	0,40	0,17
<b>Phénylalanine</b>	0,54	0,40
<b>Thréonine</b>	0,52	0,52
<b>Tryptophane</b>	0,17	0,13
<b>Valine</b>	0,59	0,51
<b>Taurine</b>		0,20 dans l'aliment humide 0,10 dans l'aliment sec

Table 10 : Liste des acides aminés essentiels et recommandations d'apports minimaux en %MS pour les chiens ( $BEE = 110 \text{ kCal/kg}^{0,75}$ ) et les chats ( $BEE = 100 \text{ kcal/kg}^{0,67}$ ) adultes (d'après FEDIAF, 2020)

L'étude de l'apport protéique des aliments commerciaux n'est pas chose aisée. En effet, la digestibilité des protéines ainsi que leur valeur biologique ne sont que rarement communiquées, et ce uniquement chez les gammes vétérinaires. De plus, comme évoqué lors de l'étude de la digestibilité des produits extrudés, rappelons que toutes les gammes d'aliment ne se valent pas. En 2014, l'étude de huit aliments commerciaux pour chien a montré des différences significatives, en termes de composition et de digestibilité des protéines, entre les gammes économiques et premium (Daumas et al., 2014). Il n'est pas toujours fiable de se référer uniquement à la liste d'ingrédients de l'aliment, un même nom pouvant se référer à plusieurs matières premières de qualité variable. Par exemple, la protéine de volaille déshydratée présente une valeur biologique plus élevée lorsqu'elle est séchée à basse température et basse pression par rapport à une basse température seule (Donadelli et al., 2019). Cependant, la distinction entre ces deux types de séchage n'est pas faite dans la liste des ingrédients. Notons que depuis 2017, le terme de « viande » est encadré et ne

réfère qu'au muscle squelettique, sans os. Il est ainsi plus judicieux de se référer à la composition analytique de l'aliment. En effet, plus cette composition est longue et détaillée, plus l'industriel met en œuvre des contrôles qualités pour garantir l'exactitude de la composition déclarée, ce qui est un bon indice de qualité.

Lors de la sélection d'un aliment, l'analyse de la qualité des protéines peut se réaliser selon plusieurs axes. Le prix de l'aliment est un premier indice. En effet, bien qu'un prix élevé ne soit pas forcément garant de qualité, il est bon de rappeler que les viandes et abats ont un prix d'achat bien plus élevé que les farines de sous-produits animaux. Ainsi, un aliment économique est susceptible de contenir des protéines de qualité médiocre, tel que le collagène. Un deuxième axe de réflexion se porte sur le rapport protéine sur phosphore, appelé RPP (rapport protido-phosphorique). En effet, les protéines à forte valeur biologique sont généralement contenues dans des matières premières carnées à fort RPP (Lefebvre, n.d.). L'étude de ce rapport a fait émerger des différences notables entre les gammes d'aliments. En effet, 46% des marques de grande distribution ne mentionnent pas le taux de phosphore contenu dans l'aliment, ce qui ne permet pas de juger de la qualité des protéines. En revanche, la totalité des marques vétérinaires mettent à disposition cette information. De plus, le RPP calculé est plus élevé dans les marques vétérinaires par rapport aux autres marques, ce qui laisse présager de protéines de meilleure qualité. Attention, ce rapport peut être faussé par un apport de phosphore dans l'aliment ou encore par des conservateurs ou facteurs d'appétence riches en phosphore.

## **b) Débat autour de la composition en protéines des aliments commerciaux et son rôle dans les maladies rénales chroniques**

Le rôle de la teneur en protéines dans l'accompagnement nutritionnel d'une maladie rénale chronique (MRC) est très discuté dans la communauté scientifique. Les ouvrages de vulgarisation étudiés s'emparent largement du problème. En effet, en se basant sur de fausses idées à propos de l'influence des protéines dans le cadre de MRC, les aliments commerciaux pour animaux de compagnie ne contiendraient pas assez de protéines pour couvrir les besoins des chiens et des chats. A. Prota déclare ainsi qu'« en réalité, les chiens et les chats encore plus ont besoin de plus de protéines qu'un être humain. », et que « si l'animal ne consomme pas assez de protéines, il finira par affaiblir les organes, surtout le rein ; de plus, l'organisme prendra les acides aminés dont il a besoin dans les muscles qui se fatigueront rapidement. » (p. 80). Le cœur serait ainsi le muscle le plus touché par cette restriction protéique, commençant par s'hypertrophier puis se dilater. J. Ziegler affirme également que « des études américaines ont clairement montré depuis longtemps qu'un apport réduit en protéines ne permet pas de remédier aux maladies rénales » (p.23). S. Kramer dénonce également la théorie selon laquelle un régime riche en protéines serait néfaste pour les reins, en la qualifiant de « mythe basé sur de l'anthropomorphisme » et de marketing de la part des industriels pour justifier leurs faibles taux de protéines (p. 75). Pour finir, Prota enjoint ses lecteurs à « tordre le cou à l'idée reçue selon laquelle l'excès de protéines est la cause des maladies chroniques rénales. » (p. 81).

Pour commencer, une MRC se définit comme un déficit fonctionnel ou structurel de l'un ou des deux reins depuis plus de trois mois, et s'installant de manière progressive et irréversible. Elle touche plus particulièrement les animaux âgés, 10% des chiens de plus de sept ans et 30% des chats de plus de 15 ans sont atteints. Des étiologies congénitales ont été répertoriées chez certaines races. Par exemple, les Persans ou Beagle sont fréquemment atteints de polykystose rénale, les Abyssins et Siamois sont particulièrement atteints d'amyloïdose. Outre les étiologies congénitales, certaines races semblent être des facteurs de risques, surtout chez le chien, notamment le Cavalier King Charles et le Cocker Spaniel. Chez le chat, certaines affections sont associées aux MRC, telles que l'hyperthyroïdie, les calculs urinaires ou les lymphomes rénaux. L'accompagnement nutritionnel est l'axe clé de la prise en charge thérapeutique.

En 2018, une étude rétrospective a tenté de déterminer le rôle de l'apport en protéines et phosphore dans le développement d'une MRC avant que celle-ci ne soit diagnostiquée. Concernant les chiens, aucune différence significative d'apport en phosphore et en protéine n'a été identifiée entre le groupe témoin et le groupe atteint de MRC. Chez les chats, l'apport en phosphore et en protéines est globalement plus élevé que chez les chiens. Cet apport était également supérieur dans le groupe de chats atteints de MRC par rapport au groupe témoin (Böswald et al., 2018). Les résultats obtenus sont peu concluants sur la question des protéines dans le développement de MRC chez des animaux initialement sains. Cette étude met également en lumière la difficulté à différencier l'effet du phosphore de celui des protéines dans cette pathologie, le phosphore étant un facteur de risque avéré chez l'Homme et les animaux de compagnie.

Dans le cas d'animaux atteints de MRC, le rôle des protéines dans la progression de la pathologie est investigué depuis des décennies. Ainsi, en 1982, il a été montré qu'une ration riche en protéine tend à augmenter le débit de filtration glomérulaire post-prandial ainsi que le débit de perfusion rénale chez divers mammifères, dont les chiens. Ces variations de débit pourraient être à l'origine d'une hypertrophie et d'une hyperfiltration rénale chez les animaux dont la ration quotidienne est riche en protéines, et serait délétère chez les sujets atteints de MRC (Epstein et al., 1982). D'autres études, quant à elles, ne mettent pas en évidence de lien significatif entre un régime riche en protéine et une altération structurelle ou fonctionnelle des reins, ni chez le chien (Robertson et al., 1986), ni chez le chat (Finco et al., 1998). Le débat est toujours d'actualité, comme le montrent les publications parues en 2016 dans *Veterinary Clinics of North America : Small Animal Practice*, où les arguments pour et contre la restriction protéique dans le cas des MRC sont discutés (Polzin and Churchill, 2016; Scherk and Laflamme, 2016).

Enfin, en ce qui concerne l'apport en acides aminés essentiels, il est important de prendre en compte la quantité mais également le ratio des acides aminés. En effet, le potentiel de synthèse protéique est déterminé par ce ratio. Ainsi, lorsqu'on considère la synthèse protéique, il faut veiller à l'apport suffisant de chaque acide aminé essentiel plutôt qu'à la quantité totale de protéine dans l'aliment. Par ailleurs, si les acides aminés sont apportés en quantité supérieure à celle requise pour la synthèse protéique, le surplus sera dégradé par catabolisme, ce qui augmentera la quantité de déchets azotés dans l'urine, et, dans le cas d'un insuffisant rénal, l'azotémie.

### c) La controverse autour des protéines hydrolysées

Dans certains aliments commerciaux, notamment dans les gammes premium, on retrouve des protéines ayant subi des transformations chimiques ou enzymatiques, appelées protéines hydrolysées (ou hydrolysats de protéines). De poids moléculaire diminué, ces protéines seraient plus digestibles et moins susceptibles de causer des allergies. Or, les fabricants manquent de transparence sur la provenance de ces matières azotées, l'espèce d'origine et le type d'hydrolyse n'étant pas mentionnés. M. Kergoat affirme que ce manque de transparence ne permet pas de juger de la qualité des sources protéiques. De même, la qualité de l'hydrolysats dépend de plusieurs facteurs non communiqués au consommateur, tels que le type d'hydrolyse, le type d'enzyme utilisé dans le cas d'une hydrolyse enzymatique, et le degré d'hydrolyse. Le type d'hydrolyse (chimique ou enzymatique) aurait son importance, car « une hydrolyse enzymatique permet d'obtenir de meilleurs peptides, à savoir des peptides dits « fonctionnels », c'est-à-dire qui ont des propriétés physico-chimiques améliorant la transformation, la stabilité et la conservation d'un produit, et des peptides « bioactifs » qui ont de véritables activités bénéfiques pour la santé : ils luttent contre l'hypertension, ont des propriétés antioxydantes, etc. » (p. 157). Ainsi, le consommateur ne sait pas si l'aliment contient des peptides fonctionnels ou bioactifs. Tout comme Kergoat, Prota ne fustige pas l'utilisation de ces hydrolysats, mais déplore en revanche un manque de recul, peu d'études sur les effets à long terme des hydrolysats ayant été menées.

Les protéines hydrolysées permettent l'obtention de peptides de petite taille par des méthodes enzymatiques ou chimiques (hydrolyse acide ou basique). L'hydrolyse est caractérisée par son degré, qui correspond au pourcentage de liaisons coupées par rapport au nombre de liaisons totales dans la protéine initiale. L'hydrolyse chimique, bien que peu coûteuse et simple à réaliser, présente de nombreux désavantages : contrairement à la méthode enzymatique, elle est peu spécifique donc non reproductible. De plus, les conditions d'hydrolyse (températures élevées et pH extrêmes) altèrent les propriétés des peptides et des acides aminés essentiels, comme le tryptophane, sont détruits. Comme décrit par Kergoat, l'hydrolyse enzymatique permet la formation de peptides bioactifs présentant un effet bénéfique pour l'organisme (immuno-modulation, propriétés antioxydantes ou anti-hypertensives) (Dávalos et al., 2004; Miguel et al., 2004; Mine et al., 2004). Les peptides fonctionnels présentent quant à eux des propriétés physico-chimiques avantageuses pour la stabilité ou la conservation du produit final (propriétés texturantes par exemple).

L'utilisation des protéines hydrolysées répond à deux grands objectifs. Le premier consiste à modifier la structure de la protéine initiale, en clivant une liaison d'une séquence antigénique, afin d'éviter une réaction immunitaire chez des sujets sensibilisés à la protéine initiale. Cette propriété dépend du degré d'hydrolyse : plus celui-ci est élevé, plus la probabilité de reconnaissance de l'antigène par les IgE est faible (Olivry et al., 2017). Le deuxième objectif consiste en l'obtention de protéines de digestibilité bien supérieure aux protéines initiales. En effet, le faible poids moléculaire des hydrolysats permet une meilleure absorption à travers la barrière intestinale. Par exemple, il a été reporté qu'une protéine hydrolysée de soja présentait une digestibilité apparente de 90,7% contre 84,7% pour la protéine initiale (Clapper et al., 2001).

Ces hydrolysats sont utilisés depuis plus de 50 ans dans la formulation de laits infantiles pour lutter contre les allergies au lait de vache chez les nouveaux nés. Ils sont utilisés depuis bien moins longtemps dans le pet-food, et les connaissances vétérinaires sur le sujet ne sont encore que peu développées. Quelques problématiques concernant l'utilisation des hydrolysats ont tout de même émergé. Actuellement, il n'existe pas sur le marché de protéines suffisamment hydrolysées pour garantir une absence totale d'immunogénicité des protéines. Ainsi, des cas de réactions immunitaires aux hydrolysats ont déjà été décrites chez le chien (Masuda et al., 2020). Dans le cas d'un animal ayant présenté des allergies à une source de protéines, il est donc conseillé d'utiliser des hydrolysats provenant d'une autre source de protéines. Seulement, il n'est pas toujours facile d'avoir accès à cette information. De façon moins préoccupante, l'hydrolyse des protéines donne une saveur amère à l'aliment et pourrait diminuer l'appétence du produit, bien que des études sur le sujet s'attellent à montrer qu'aucune incidence sur l'appétence n'est observée. Enfin, l'hydrolyse à haut degré des protéines augmente significativement leur osmolarité, ce qui a eu pour effet de provoquer des diarrhées hyperosmolaires chez l'humain. Ce phénomène semble cependant peu répandu chez le chien. (Loeffler et al., 2004).

Peu d'études sur le long terme ont été menées chez les animaux nourris avec des hydrolysats de protéines. Ceci peut être mis en partie sur le compte de la durée des régimes hypoallergéniques, qui, pour la plupart se conduisent sur 4 à 6 semaines avec un retour progressif à une alimentation standard. Plus de données sont disponibles chez l'Homme. Ainsi, une étude de cohorte sur de jeunes enfants ayant reçu des protéines hydrolysées pendant un an n'a mis en évidence aucun effet indésirable sur une période de 5 ans, ce qui suggère l'innocuité de ces protéines (Scalabrin et al., 2017).

#### **d) Débat autour des sources végétales de protéines**

La qualité des protéines animales est fréquemment remise en question par les consommateurs, notamment parce que les sources de bonne qualité, telles que la viande et les abats, sont très chères. Celles-ci sont d'ailleurs très souvent remplacées par des protéines végétales, en partie pour des raisons financières. Pourtant, les protéines végétales ont la réputation d'être très mal assimilées par l'organisme des animaux de compagnie, notamment par celui du chat qui est un carnivore strict. Le gluten est particulièrement visé par les critiques du grand public. Ainsi, J. Ziegler affirme que le gluten de maïs « empêche la diarrhée et maintient ainsi dans le corps des substances non assimilables et toxiques, avec pour conséquence une surcharge du foie et des reins » (p.68) et que, tout comme le gluten de blé, il entraîne « des pathologies secondaires [qui] sont carrément programmées à l'avance ». De même, Prota avance que l'organisme des chiens et chats n'est pas adapté à l'assimilation du gluten car, « à l'état sauvage, le gluten ne fait sûrement pas partie de l'alimentation du chien et du chat » (p. 78). Sa consommation entraînerait une augmentation de la perméabilité intestinale « ce qui conduit alors le système immunitaire à produire des anticorps qui attaquent aussi bien ces particules que les cellules de l'organisme ayant une structure identique, provoquant des maladies auto-immunes. » (p. 78). Ces protéines, de prétendue mauvaise qualité, ne seraient donc utilisées que pour leur coût réduit par rapport aux protéines animales.

Rappelons tout d'abord la définition du gluten : il s'agit d'une substance visqueuse créée par l'hydratation des farines de poacées (blé, épeautre, seigle, avoine...), une fois l'amidon et les protéines solubles éliminées. Le gluten contient des protéines insolubles, principalement les glutélines et les prolamines. Par abus de langage, on désigne souvent par gluten les protéines qu'il contient. Il paraît important de préciser que toutes les protéines végétales ne sont pas des glutens. Ainsi, le soja, les pois, les lentilles ou les noix sont riches en protéines et ne forment pas de gluten. La réticence au gluten est très répandue dans le grand public, notamment à cause de la maladie cœliaque qui touche l'Homme. Cependant, les entéropathies liées au gluten sont très rares chez le chien, excepté chez le Setter Irlandais et le Border Terrier, qui semblent être des races sensibles. Chez ces deux races, une éviction du gluten semble toute indiquée (Hall and Batt, 1992; Lowrie et al., 2016).

Comme évoqué plus haut, les protéines sont d'une part source de calories (donc d'énergie), mais surtout source d'acides aminés. Si on s'intéresse au profil d'acides aminés contenus dans les protéines végétales, on remarque qu'elles présentent une grande disparité. Les sources de protéines végétales les plus utilisées dans le pet-food sont le blé, le maïs, le soja, le riz, l'orge ou encore le colza. Les protéines de soja présentent un profil d'acides aminés plutôt équilibré, mais les acides aminés soufrés (méthionine, cystéine) sont limitants, tout comme dans les espèces céréalières. En revanche, les produits à base de soja sont riches en arginine. D'autre part, les céréales contiennent moins d'histidine que les protéines de porc, cet acide aminé étant essentiel à tout stade physiologique chez le chien. De manière globale, les céréales sont riches en protéines par l'intermédiaire du gluten mais sont carencées en lysine. Les pommes de terre sont, elles, riches en lysine et leur profil d'acides aminés est bien équilibré, mais elles contiennent trop peu de protéines pour couvrir à elles seules les besoins du chat et du chien.

Le tableau 11 répertorie en détail les comparaisons des profils d'acides aminés essentiels (AAE) entre les sources végétales et animales de protéines. On remarque que le tourteau de soja et la semoule de maïs sont des sources d'acides aminés peu intéressantes. Les protéines de soja, farine de soja et corn gluten meal présentent des profils d'AAE à bon potentiel. Il est à noter que la protéine de soja couvre plus largement les besoins en AAE que certaines protéines d'origine animale (farine de viande et farine de volaille). Remarquons cependant que, en règle générale, les sources de protéines animales permettent de couvrir les besoins en AAE plus largement que les protéines végétales. Celles-ci sont rarement utilisées comme seule source d'acides aminés, excepté dans les régimes végétariens. Elles ne contiennent en effet pas assez d'acides aminés par rapport à leur énergie. Le mélange dans un aliment de plusieurs sources de protéines végétales et de protéines animales permet d'équilibrer le profil d'acides aminés apportés par la totalité des protéines de l'aliment. Enfin, la digestibilité apparente des protéines brutes ne semble pas amoindrie lorsqu'une source végétale est utilisée (Carciofi et al., 2009). Elle semblerait même meilleure pour un mélange de protéines végétales et animales qu'avec une source uniquement animale (Fiacco et al., 2018).

Source	Arg	His	Ileu	Leu	Lys	Met + cyst	Phn + Tyro	Threo	Tryp	Val
Tourteau de soja	0,84	0,18	0,41	0,64	0,72	0,30	0,68	0,34	0,14	0,42
Protéine de soja	8,00	2,83	5,02	3,00	2,44	1,09	3,05	1,66	0,54	2,06
Farine de soja	3,39	1,29	2,47	4,27	3,39	1,45	4,44	1,94	0,69	2,55
Farine de viande	3,84	1,02	1,86	3,40	3,45	1,45	2,69	1,75	0,37	2,68
Farine de volaille	4,03	1,08	2,54	4,28	3,10	2,11	2,98	2,08	0,50	3,06
Farine de poisson	4,41	1,47	2,98	4,78	4,96	2,66	4,50	2,82	0,73	3,31
Foie de bœuf	3,56	2,48	2,90	5,29	5,72	2,95	5,35	2,92	0,86	3,89
Poumons de bœuf	3,10	1,13	1,37	2,74	2,59	1,76	2,51	1,42	0,28	1,09
Pansee de bœuf	5,50	2,25	3,12	5,25	6,25	2,88	5,25	3,38	1,00	3,88
Corn gluten meal	1,39	0,97	2,25	7,22	0,80	1,71	3,79	1,42	0,21	2,19
Semoule de maïs	0,47	0,22	0,34	0,99	0,21	0,34	0,81	0,35	0,08	0,44
Orge	0,58	0,28	0,51	0,85	0,44	0,41	1,04	0,42	0,17	0,64
Son de blé	1,34	0,51	0,66	1,23	0,89	0,72	1,29	0,68	0,24	0,93

Arg : arginine ; His : histidine ; Ileu : isoleucine ; Leu : leucine ; Lys : lysine ; Met : méthionine ; cyst : cystéine ; Phn : phénylalanine ; Tyro : tyrosine ; Threo : thréonine ; Tryp : tryptophane ; Val : valine

En rouge : la source de protéine ne permet pas de couvrir le besoin (cf tableau 10)

En jaune : la source de protéine ne permet pas de couvrir le double du besoin

En vert : la source de protéine permet à elle seule de couvrir au moins 4 fois le besoin

Remarque : le tourteau de soja correspond au produit restant après extraction d'huile des flocons de soja grâce à un solvant extracteur, tandis que la farine de soja est le produit du broyage puis du tamisage des flocons dégraissés (Perkins, 1995).

Table 11 : Apports en acides aminés essentiels en pourcentage de matière sèche pour diverses sources de protéines utilisées en alimentation canine (d'après Brown, 1989)

## e) Conclusion partielle

L'idée selon laquelle les chiens et les chats sont des carnivores et doivent être nourris avec un apport conséquent de protéines animales est bien ancrée dans l'esprit des consommateurs. Cette maxime fait cependant abstraction de la notion de qualité des protéines. En effet, celles-ci sont source d'énergie mais aussi d'acides aminés, dont certains sont qualifiés d'essentiels car ne sont pas synthétisés par l'organisme. Ceux-ci doivent être apportés dans les bonnes quantités et selon un ratio défini. Un apport trop important d'acides aminés peut conduire au catabolisme du surplus, produire des déchets azotés et augmenter l'azotémie d'un insuffisant rénal. Le rôle de l'apport protéique dans l'accompagnement nutritionnel des maladies rénales est encore largement débattu aujourd'hui. Par ailleurs, la valeur biologique de la protéine, c'est-à-dire son profil d'acides aminés et sa digestibilité, est le facteur prépondérant dans l'étude de la qualité des sources azotées. Ainsi, toutes les protéines animales ne se valent pas, et certaines protéines végétales peuvent être plus intéressantes que des protéines animales malgré leurs profils d'acides aminés parfois déséquilibrés. Pour résumer très simplement, on pourrait dire « mieux vaut une bonne protéine végétale qu'une mauvaise protéine animale ». Il est également important d'informer le propriétaire sur la rareté des entéropathies liées à l'ingestion de gluten chez les animaux de compagnie, de manière à dédramatiser l'utilisation de protéines végétales. Rappelons également que seules les poacées permettent la formation de gluten.

Si un propriétaire désire nourrir son animal avec des protéines animales de bonne qualité, il doit être prêt à payer un aliment plus onéreux et aurait intérêt à se fournir auprès de gammes vétérinaires, qui sont parmi les seules à prouver la qualité de leurs ingrédients. De même, ces gammes super premiums incorporent régulièrement des hydrolysats de protéines dans leurs ingrédients, depuis longtemps utilisées en alimentation humaine. Ces peptides de faible poids moléculaire présentent une digestibilité apparente supérieure aux protéines standards et permettent également de réduire l'immunogénicité de l'aliment. Ces protéines sont imparfaites, mais des effets secondaires sont rarement observés. Le domaine de la nutrition vétérinaire manque encore de recul sur les effets à long terme de ces protéines chez les animaux de compagnie.

Enfin, réduire le débat de l'origine des matières premières azotées au seul enjeu de la valeur biologique des protéines serait un manque éthique important. En effet, tandis que l'utilisation de protéines végétales dans l'alimentation pour animaux de compagnie permet la préservation des ressources animales, l'utilisation des sous-produits permet quant à elle d'optimiser le rendement des carcasses. En effet, dans une société où les questions de bien-être animal et d'écologie deviennent des axes de consommation plus responsables, est-il envisageable de dédier des élevages animaux à la seule production d'aliment pour animaux de compagnie ? Dans ce cas, qu'advierait-il des parties de carcasse non consommées par l'Homme (poumons, mamelle, foie autre que bovin...) ? Ces questionnements doivent également trouver leur place dans le choix raisonné d'un aliment pour son animal de compagnie.

## 2. Les glucides

Les glucides, parfois appelés carbohydrates ou hydrates de carbone, sont des molécules organiques se décomposant en deux catégories distinctes :

- Les glucides digestibles
- Les glucides non digestibles.

Les glucides digestibles, appelés “sucres” par abus de langage, sont source d'énergie. Une dichotomie peut être effectuée entre les glucides simples, comme les oses et leurs dérivés (glucose, fructose, lactose...), et les glucides complexes comme l'amidon.

Les glucides non digestibles, eux, sont principalement représentés par les fibres alimentaires que sont la cellulose, l'hémicellulose, la pectine et éventuellement la lignine. Ils ne sont pas source d'énergie.

### a) Les fibres

Les croquettes contiennent des fibres alimentaires en quantité variable. Les aliments de régime en particulier présentent une teneur élevée en fibres, notamment pour leurs propriétés rassasiantes. Certains remettent en question cette capacité rassasiant et avancent que ces glucides seraient néfastes pour le processus de digestion. S. Kramer explique ainsi que les carnivores possèdent un intestin court et lisse permettant une digestion rapide. Or « La nourriture végétale nécessite un processus de fermentation pour être décomposée et la conformation de l'intestin d'un carnivore ne lui offre tout simplement pas cette possibilité. [...] Le carnivore n'est pas en mesure d'assimiler efficacement la cellulose, car son organisme ne produit pas l'enzyme cellulase appropriée pour dégrader la coque des végétaux » (p. 85). Les fibres ralentiraient considérablement le transit et seraient ainsi à l'origine de fermentations par stagnation du bol alimentaire. De même, J. Ziegler affirme que la teneur en fibres brutes, difficiles à digérer, aboutit au développement de troubles digestifs persistants, comme la diarrhée, la constipation ou encore des vomissements (p.68). M. Kergoat nuance ces propos et affirme que, si les fibres ne sont pas nécessaires, elles sont au moins intéressantes. Les fibres solubles permettraient la libération d'acides gras volatils qui améliorent l'irrigation du colon et créent un environnement acide limitant le développement de mauvaises bactéries” (p. 149). Les fibres non solubles, elles, favoriseraient le transit digestif en stimulant le renouvellement de la muqueuse digestive et en éliminant les cellules mortes (p. 149).

Selon la définition de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA 2002), les fibres sont « des composés d'origine végétale, de nature glucidique et résistants aux enzymes digestives. Dans la plante, elles sont associées ou non à de la lignine ou à d'autres constituants non glucidiques (polyphénols, cires, saponines, cutine, phytates, polystérols...) ». Plusieurs classifications ont été proposées pour les fibres alimentaires mais la caractérisation de la fermentescibilité et de la solubilité semble la classification la plus appropriée (figure 7). Les fibres solubles regroupent les pectines, les hémicelluloses de l'enveloppe du psyllium (arabinoxylane). Elles forment un gel pendant le transit et permettent, notamment, de ralentir la digestion des glucides digestibles, ce qui est particulièrement intéressant pour éviter une hyperglycémie post-prandiale chez un diabétique. Cellulose, autres hémicelluloses et lignine sont des exemples des fibres insolubles. Celles-ci accélèrent le transit par stimulation du péristaltisme et contribuent au maintien du tonus musculaire intestinal (Brown, 1989). La classification de l'amidon résistant est plus délicate. Considéré comme un nouveau type de fibre alimentaire, cet amidon siège au carrefour entre fibre soluble et insoluble. Ainsi, bien que considéré comme une fibre insoluble, l'amidon résistant présente des bénéfices physiologiques comparables aux fibres solubles (Sajilata et al.,

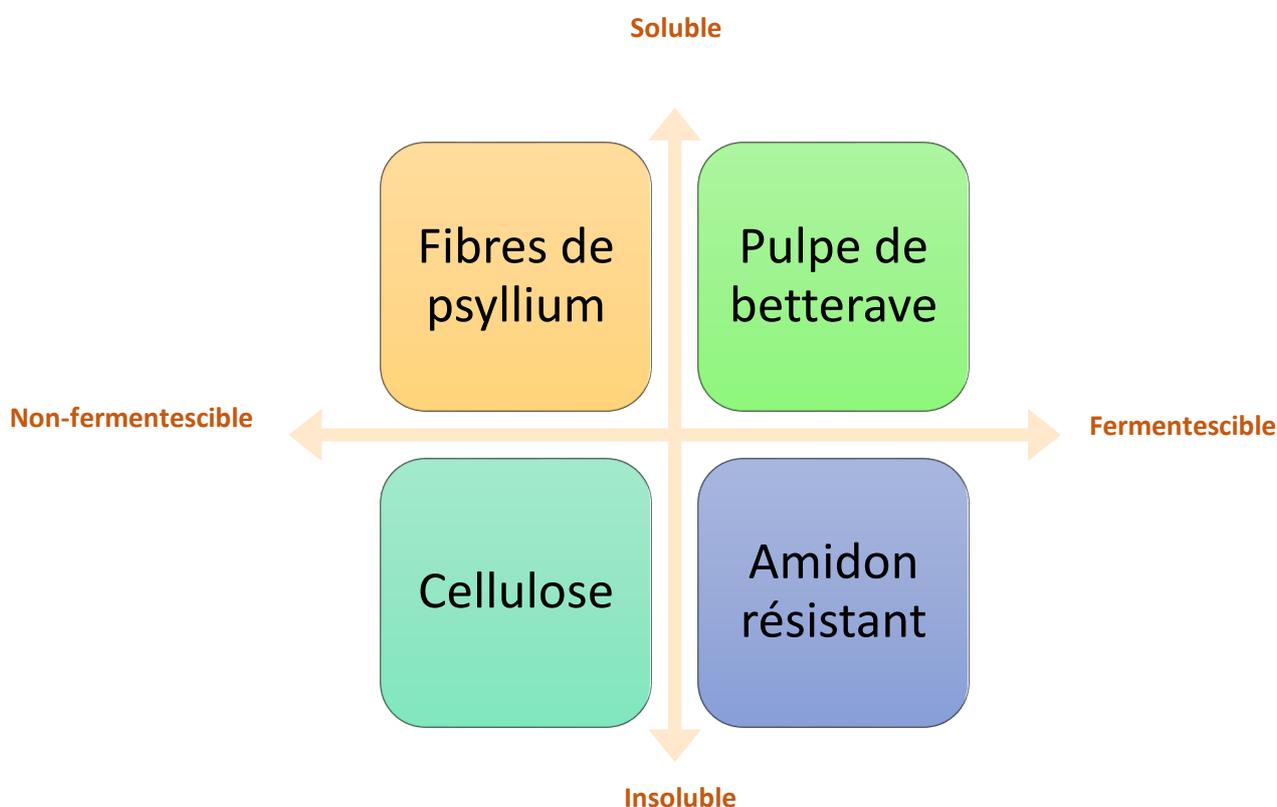


Figure 7 : Spectre de solubilité et fermentescibilité des principales sources de fibres utilisées dans le pet-food (Wernimont et al., 2020)

2006).

La source de fibres la plus utilisée dans le pet-food est la pulpe de betterave, qui contient un mélange de fibres solubles et insolubles. Les fruits, le maïs, le riz, l'orge et l'avoine sont également utilisés car ils sont source d'amidon résistant (non digéré dans l'intestin grêle) et de fibres solubles pouvant être exploités par la flore bactérienne intestinale (de Godoy et al., 2013).

En effet, la plupart des prébiotiques proviennent des fibres végétales. Les prébiotiques se définissent comme des substances permettant des changements spécifiques dans la composition ou l'activité du microbiome gastro-intestinal et bénéfiques pour la santé ou le bien-être de l'hôte (Gibson et al., 2010). Les propriétés physico-chimiques des fibres (surface, volume, capacité d'hydratation...) déterminent leur capacité à être dégradées par la flore, et ainsi leur devenir métabolique. La dégradation des prébiotiques aboutit à la formation de post biotiques, notamment des acides gras à chaîne courte, dont les effets sont répertoriés dans le tableau 12.

Acides gras	Organe ou système cible	Mécanisme d'action
<b>Acétate</b>	Syst. neuroendocrinien, Métabolisme énergétique Syst. immunitaire	Favorise la satiété Substrat de la lipogenèse hépatique Réduction de l'inflammation
<b>Propionate</b>		Favorise la satiété Substrat de la néoglucogenèse hépatique Réduction de l'inflammation
<b>Butyrate</b>	Côlon Syst. immunitaire	Substrat énergétique des colonocytes Régulation épigénétique Equilibre électrolytique du côlon Motilité colique Favorise la circulation sanguine Réduction de l'inflammation

Table 12 : Effets des acides gras à chaîne courte produits par dégradation des fibres alimentaires sur l'organisme de l'hôte (d'après Wernimont et al., 2020)

Chez les chiens, l'apport de glucides complexes non digestibles semble impacter significativement la composition et la diversité de la flore microbienne intestinale, en particulier par l'augmentation des bactéries enrôlées dans la digestion de l'amidon et l'absorption de nutriments. De même, il a été montré que, quelle que soit la ration de base (riche en céréales ou en farine de viande), les mêmes post biotiques étaient formés lorsqu'on y ajoute un mélange de fibres solubles et insolubles. Cet ajout a permis d'améliorer la consistance des selles, de diminuer leur pH, d'augmenter la quantité de bactéries bénéfiques à la digestion et de favoriser la production de métabolites microbiens. Ces paramètres sont en faveur d'une amélioration de la santé du côlon. (Jackson and Jewell, 2019). Beaucoup moins de travaux ont été menés sur le chat, et même si certains résultats se contredisent, il semblerait que de faibles quantités de prébiotiques aient également des effets bénéfiques sur divers aspects de la digestion. (Kanakupt et al., 2011). Par ailleurs, la dégradation des fibres fermentescibles par le microbiome aboutit à la formation d'acides gras à chaîne courte tel que le propionate. Avec ses trois carbones, il peut être utilisé comme un substrat pour la néoglucogenèse, permet ainsi d'épargner les acides aminés et de diminuer le catabolisme protéique en période post-prandiale. Cette propriété semble particulièrement

intéressante dans le cas d'insuffisants rénaux chez qui le catabolisme protéique doit être minimisé. (Wambacq et al., 2016)

Ainsi, les fibres ne sont effectivement pas assimilables par l'organisme des carnivores domestiques et c'est bien là que réside leur intérêt. Comme l'évoque M. Kergoat, les fibres ne sont pas indispensables (particulièrement chez le chat), mais présentent des points d'intérêt majeurs. En plus des effets qui leurs sont bien connus, les fibres permettent la formation de post biotiques bénéfiques à la santé de l'hôte par l'apport de prébiotiques au microbiome intestinal. Enfin, elles se montrent particulièrement intéressantes dans le cas de patients diabétiques ou insuffisants rénaux en régulant la glycémie et le catabolisme protéique. Pour les patients atteints de surpoids, les fibres ne permettent pas seulement une sensation de « satiété mécanique » (J. Ziegler) mais également une satiété hormonale par l'action de l'acétate et du propionate sur le système neuroendocrine.

### **b) L'amidon, une source d'énergie inutile ?**

La présence d'amidon dans les aliments commerciaux est un cheval de bataille majeur pour les anti-croquettes. Ils affirment que les seules sources d'amidon consommées par les carnivores dans la nature sont celles présentes dans l'estomac de leurs proies. Ainsi, la quantité d'amidon apportée par les croquettes serait bien trop élevée par rapport à leurs besoins. Cet apport d'énergie serait inutile, les chiens et les chats étant prétendument incapables d'assimiler l'amidon, en plus de pouvoir synthétiser du glucose à partir des protéines. A. Prota explique ainsi que les chiens et les chats « transforment de plus les protéines et les graisses en sucres par l'intermédiaire du foie, assimilant ainsi la quantité de glucose qui sert surtout aux muscles et au cœur comme source d'énergie » (p. 24). S. Kramer ajoute que, grâce à la néoglucogenèse hépatique, « tant que l'animal reçoit assez de graisses et de protéines, la production de glucose est satisfaisante ». Selon elle, « Physiologiquement, rien ne justifie qu'un carnivore soit nourri sur la base d'une grande quantité d'hydrates de carbone. » (p. 74). De plus, Prota, tout comme Kramer, ajoute que les carnivores domestiques, notamment les chats, « n'arrivent pas à assimiler correctement les glucides présents dans la nourriture industrielle en raison d'une carence en enzymes digestives spéciales » (p.33). Il s'agit en particulier de l'amylase salivaire, dont seraient dépourvus les animaux de compagnie. M. Kergoat, à l'inverse des autres auteurs, explique que l'amidon peut être source d'énergie s'il est digéré, ce qui est le cas de petites quantités d'amidon gélatinisé.

A l'instar des protéines et des lipides, les glucides, comme tout macronutriment, sont source d'énergie. Cependant, il est vrai que cette source d'énergie n'est pas indispensable chez le chien et le chat lorsque les apports lipidiques et protéiques sont suffisants. En effet, il a été montré que des jeunes chiens nourris avec un aliment sans glucides, mais couvrant les besoins en protéines et matières grasses, suivaient une courbe de croissance normale et présentaient une glycémie et une insulinémie dans les normes. (Romsos et al., 1976). De plus, on a remarqué une augmentation de l'activité d'enzymes mitochondriales impliquées dans la néoglucogenèse chez les chiens nourris sans glucides, ce qui suggère une amplification de ce processus biochimique en l'absence de source glucidique pour maintenir la glycémie (Romsos et al., 1976). Il faut cependant prendre garde à l'état physiologique de l'animal. Si les glucides ne sont pas indispensables chez l'adulte en bonne

santé, ils sont nécessaires chez la chienne en gestation. En effet, la gestation accroît le besoin en glucose. Ainsi, chez des chiennes nourries sans glucides, une réduction du nombre de chiots vivants à la mise bas et trois jours après est constatée. Cet effet est attribué au développement d'une hypoglycémie sévère chez la mère en péri-partum (Hilton, 1990).

Si les glucides ne sont généralement pas indispensables aux animaux de compagnie, pourquoi l'aliment en contient-il ? Dans les aliments commerciaux, l'amidon est le glucide digestible majoritairement utilisé. D'une part, les croquettes ne peuvent techniquement pas être extrudées sans amidon. En effet, celui-ci joue un rôle de liant et évite que les croquettes ne s'effritent pas, sans quoi elles ne sont pas consommables par les animaux. D'autre part, l'utilisation de végétaux s'inscrit dans la notion d'aliment durable, plus éthique. En effet, alors que le bien-être des animaux d'élevage est une préoccupation majeure des consommateurs, peut-on envisager d'augmenter le nombre d'élevages pour satisfaire les besoins nutritifs des animaux de compagnie ? Par ailleurs, les végétaux sont source à eux seuls de protéines et de glucides, digestibles et non digestibles, à moindre coût par rapport aux matières carnées de qualité.

L'amidon est donc nécessaire à la fabrication des croquettes, mais peut-il être assimilé par les chiens et les chats ? Comme évoqué en partie II.1, on ne peut considérer le chien comme un loup du fait de sa longue évolution aux côtés de l'Homme. Le chien a accompagné l'Homme alors que l'agriculture se développait. Pendant des milliers d'années, il a ainsi consommé des restes d'aliments destinés à l'Homme, mais également les excréments d'humains ayant eux-mêmes consommé des céréales. Cette évolution a mené à des adaptations phénotypiques permettant l'adaptation du chien à la vie aux côtés de l'Homme, notamment en ce qui concerne la digestion de l'amidon (schématisée en figure 8). Ainsi, le chien possède en moyenne cinq fois plus de copies du gène *AMY2B*, codant pour l'alpha-amylase, que le loup. De même, le gène *MGAM* codant pour la maltase a une expression douze fois plus importante chez le chien par rapport au loup. Un constat similaire est établi pour le gène codant la protéine de transport du glucose dans les entérocytes (*SGLT1*). La domestication des chiens a donc été accompagnée de la sélection de trois gènes ayant un rôle clé dans la digestion de l'amidon : *AMY2B*, *MGAM*, *SGLT1* (Axelsson et al., 2013)

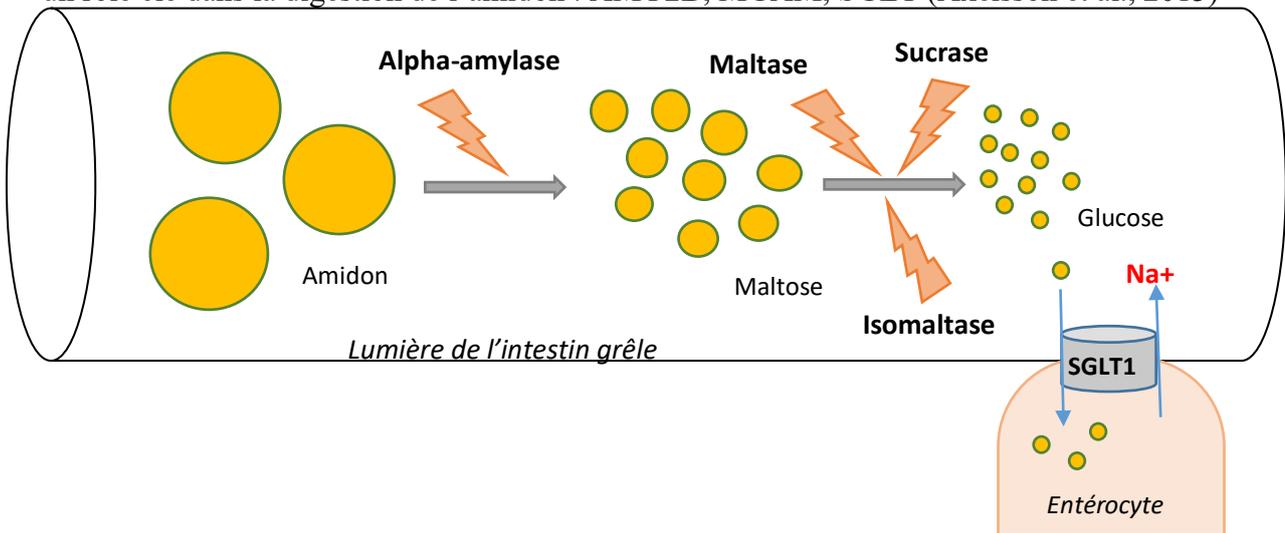


Figure 8: Etapes schématisées de la digestion de l'amidon et de l'absorption du glucose chez le chien

Cependant, cette faculté à digérer l'amidon n'est pas la même d'une race de chien à l'autre. Ainsi, des chercheurs ont analysé le nombre de copies du gène AMY2B dans plusieurs races de chiens différentes. Alors que la plupart des chiens possède 9 copies du gène, certaines races, comme les races nordiques ou le dingo, n'en possèdent que deux, comme le loup. Ces résultats peuvent être reliés à la répartition géographique de ces races, originaires de régions où l'agriculture s'est peu développée. (Arendt et al., 2014). En effet, en étant éloignées des zones d'agriculture, les races nordiques ont très probablement ingéré moins d'amidon que les races ayant accompagné l'Homme dans le développement agricole. De ce fait, la pression de sélection positive ne se serait pas maintenue sur le gène AMY2B dans ces races (Reiter et al., 2016). Enfin, alors qu'on pensait le chien dépourvu d'amylase salivaire, une étude de 2019 a prouvé le contraire. Les chiens posséderaient entre 9 et 19 copies du gène AMY codant pour l'amylase salivaire. Il faut noter cependant qu'il n'existe pas de corrélation linéaire entre le nombre de copies du gène AMY et l'intensité de l'activité salivaire. Par exemple, les babouins ont peu de copies du gène (5-6 copies) mais une activité amylase salivaire bien plus importante que celle du chien (Pajic et al., 2019).

Le chat possède lui aussi des amylases, qui sont majoritairement d'origine pancréatique, mais leur activité enzymatique est modérée voire faible. Alors que l'activité de l'amylase pancréatique du chien s'élève à 3000U/g, celle du chat ne dépasse pas les 70 U/g. A long terme, un régime alimentaire riche en amidon n'a que très peu d'effet inducteur sur l'activité de l'amylase et ne concerne que les enzymes de l'intestin grêle, dont l'activité reste globalement faible (Kienzle, 1993a). Une étude a par ailleurs montré que l'amidon provenant de maïs hautement cuit présente une digestibilité de près de 100% (ce qui n'est pas le cas dans du maïs brut, ou peu cuit, contenant une forte proportion d'amidon résistant). Remarquons que cette digestibilité s'écroule à 36% lorsque la pomme de terre est la source d'amidon (Kienzle, 1993b). Le chat est ainsi capable d'assimiler l'amidon, en quantité réduite et de façon prolongée par rapport au chien (de-Oliveira et al., 2008).

Les glucides, et en particulier l'amidon contenu dans le pet-food, ne sont ainsi pas inutiles pour les animaux de compagnie. Ils ne sont, certes, pas indispensables, mais permettent en tout premier lieu de fabriquer les croquettes et de préserver les ressources animales de l'environnement. Contrairement à une idée reçue, les chiens, et à moindre mesure les chats, sont effectivement capables d'assimiler l'amidon. Rappelons également que lors du processus d'extrusion des croquettes, l'amidon soumis à de fortes températures perd sa structure cristalline et se gélatinise, ce qui augmente considérablement sa digestibilité.

### **c) Rôle supposé des glucides dans certaines pathologies**

#### **(a) Exemple des maladies urinaires et rénales du chat**

Les pathologies urinaires et rénales touchent fréquemment l'espèce féline. Le déficit hydrique des croquettes a déjà été mis en cause et traité dans la partie II.B.3. Il semblerait que les glucides jouent également un rôle dans les insuffisances rénales et dans le développement d'urolithiases. J. Ziegler décrit que, quelques mois après la consommation de croquettes, les taux d'urée, de créatinine et de phosphore augmenteraient, signe d'un développement de maladie rénale. De même, l'incapacité à décomposer et assimiler de manière adéquate les glucides provoquerait, chez le chat, une alcalinisation du pH urinaire menant, en association avec le déficit hydrique de la ration, à la formation de calculs de struvite (chapitre 1).

L'influence des glucides dans le développement du diabète a été largement étudiée par les scientifiques, mais pas dans le développement d'insuffisances rénales chez le chien ou le chat en bonne santé. Quelques études se sont attelées à la détermination des facteurs de risques de développement de MRC chez les chats. Parmi elles, on retrouve les maladies parodontales, l'infection par le virus d'immunodéficience féline (FIV) chez le jeune chat, l'exposition à des substances néphrotoxiques, un faible score corporel. Des facteurs génétiques pourraient être en cause mais ne sont pas identifiés à ce jour. Ainsi, on ne retrouve pas dans ces études de facteur de risque lié aux glucides dans la ration (Finch et al., 2016; Greene et al., 2014). Lorsque la MRC est déjà déclarée, les glucides peuvent influencer la progression de la maladie, en particulier les glucides non digestibles. Ainsi, une ration riche en fibres permet de réduire l'inflammation provoquée par la MRC, cet effet étant probablement lié à une diminution de production et d'absorption de toxines urémiques par le microbiome intestinal (Raj Krishnamurthy et al., 2012). De plus, l'amidon résistant à la digestion, en réduisant le stress oxydatif, permet de ralentir l'évolution de la MRC chez les rats (Vaziri et al., 2014). Chez les chats consommant une ration riche en fibres fermentescibles, on observe également une amélioration de divers marqueurs de la fonction rénale tels que la créatinémie, l'urémie et la circulation systémique de toxines urémiques (Wernimont et al., 2020)

Les urolithiases, quant à elles, représentent une dominante pathologique en médecine vétérinaire. Dans ce cas, l'alimentation joue un rôle dans la prévention mais également dans la survenue des calculs. Celle-ci peut en effet modifier la concentration et les conditions de précipitation des éléments cristallins présents dans les urines. Actuellement, chez les animaux de compagnie, les calculs de struvite et d'oxalate ont une prévalence équivalente et représentent plus de 80% des calculs retrouvés. Tandis que les calculs d'oxalates se forment en milieu acide et sont insolubles, les calculs de struvites, eux, se forment en pH urinaire basique et peuvent être dissouts par acidification du milieu. De nombreux facteurs alimentaires sont à prendre en compte dans la formation de calculs chez le chat. Ainsi, le risque d'apparition de calculs de struvite est corrélé avec la teneur en fibre, amidon, calcium, phosphore et magnésium (Lekcharoensuk et al., 2001). De même, il semblerait que les rations riches en amidon et en hydroxyproline (acide aminé)

augmentent la concentration urinaire en oxalates, sans toutefois atteindre les conditions de sursaturation (conditions dans lesquelles il y a plus d'éléments pouvant se cristalliser que ce qui peut être dissout par les urines).(Mendonça et al., 2018). Notons également que l'urine des chats contient naturellement des concentrations en acide oxalique et en calcium qui entraîneraient leur précipitation dans l'eau. Ainsi, toute diminution des mécanismes inhibant la précipitation ou l'augmentation de la teneur en ces éléments peut conduire à la formation de cristaux (Lefebvre, n.d.). De nombreux facteurs alimentaires entrent en jeu, et il est difficile de définir quel est le rôle spécifique de chacun dans l'apparition de calculs urinaires. Par exemple, alors que Lekcharoensuk affirme que la teneur en fibre et en amidon augmente le risque d'apparition des struvites, l'augmentation du pH urinaire par les céréales pourrait plutôt provenir de leur haute teneur en potassium (Skoch et al., 1991). Ainsi, on ne sait pas avec certitude si les glucides contenus dans les céréales sont un facteur de risque plus ou moins important que la teneur en potassium. Par ailleurs, comme les calculs de struvite et les calculs d'oxalates se forment dans des conditions opposées, la prévention d'un type de calcul peut entraîner la formation de l'autre. Par exemple, l'American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM) recommande de prévenir l'apparition de calculs de struvite par l'acidification de l'urine, tandis que celle-ci est à éviter pour prévenir la formation de calculs d'oxalates (Lulich et al., 2016).

Le rôle spécifique des glucides dans l'apparition de calculs n'est à ce jour pas encore très clair. Face à la multitude de facteurs de risques, il est important de prévenir les urolithes par la mise en place de mesures hygiéniques (lutte contre l'obésité et la sédentarité) en complément de mesures diététiques adaptées aux calculs identifiés.

Les ouvrages de vulgarisation étudiés se sont particulièrement penchés sur les pathologies urinaires du chat. Le chien, bien que moins fréquemment, développe également les pathologies évoquées ici. A noter que le développement de calculs de struvite chez le chien est fréquemment associé à une infection du tractus urinaire. En effet, les bactéries sont capables de convertir l'urée en ammoniacque, qui précipite ensuite avec les ions phosphate et magnésium. A quelques particularités près, la réflexion menée ici est également applicable à l'espèce canine.

### **(b) Les glucides à l'origine d'un état inflammatoire chronique ?**

A plusieurs reprises, les ouvrages de vulgarisation mentionnent le fait que le tube digestif des animaux de compagnie n'est pas adapté à l'assimilation des quantités de glucides contenus dans l'alimentation commerciale. De ce fait, le bol alimentaire stagne dans les intestins et subit des fermentations qui augmenteraient la perméabilité de la barrière intestinale. Ainsi, des composés d'origine alimentaire passent dans le système sanguin et activeraient de manière répétée le système immunitaire jusqu'à le déséquilibrer. On aboutirait alors à un état inflammatoire chronique responsable de nombreuses pathologies, notamment les allergies, l'arthrose ou les cancers. Pour Prota, l'alimentation est étroitement liée à l'inflammation chronique. L'inflammation chronique est en étroite relation avec les maladies dégénératives chroniques « dont les tumeurs, les maladies

cardiovasculaires, les maladies du système nerveux et, non des moindres, le dysfonctionnement cognitif, comparable à la maladie d'Alzheimer chez l'homme » (p. 18). Kramer précise plus particulièrement le rôle des glucides : « les sucres de l'amidon fermentent et enflamment les intestins, qui laissent alors passer dans le sang des particules d'amidon mal dégradées » (p. 73). De même, Prota affirme que « l'excès de glucides est parfois à l'origine du syndrome de surcharge bactérienne dans l'intestin grêle (SIBO) et du syndrome de perméabilité intestinale (leaky gut syndrome) » (p. 75), entraînant une « hausse de l'activité immunitaire », une « inflammation de la paroi intestinale » et une « activation de la production de cytokines inflammatoires ».

Un état inflammatoire chronique se caractérise par une inflammation cellulaire à bas bruit se prolongeant sur plusieurs mois voire années. Aucune douleur n'est associée à cet état, son diagnostic est donc limité et les traitements rarement mis en place. Ainsi, l'inflammation perdure et cause des dommages continus aux organes (Sears and Ricordi, 2012). L'incapacité à éliminer l'agent causal, l'exposition à un faible niveau d'agent irritant, une maladie auto-immune, un dysfonctionnement des cellules immunitaires, des épisodes répétés d'inflammation aiguë ou le stress oxydatif sont autant de causes possibles au développement d'un état inflammatoire chronique (Pahwa et al., 2021).

Chez l'Homme, on observe une diminution des marqueurs de l'inflammation (protéine C réactive) avec un régime riche en fibre. Les résultats sont plus variés en ce qui concerne les glucides digestibles. Alors que certaines études mettent en évidence une augmentation des marqueurs sanguins de l'inflammation lors de la consommation d'aliments ayant un index et une charge (index glycémique x quantité de glucides) glycémique élevés, d'autres ne montrent aucun lien significatif entre les marqueurs de l'inflammation et la charge glycémique. Bien que les résultats restent variables, la plupart des études menées chez l'Homme montrent un effet modéré de la composition alimentaire sur les marqueurs de l'inflammation chronique (Galland, 2010). Il semblerait que, chez l'Homme, le déclenchement de l'inflammation chronique par des facteurs diététiques passe par, entre autres, la consommation excessive de glucides raffinés à index glycémique élevé. Or, on rappelle que ces glucides raffinés ne sont que très peu utilisés dans le pet-food. Quant aux fibres, rappelons que leur dégradation par le microbiome intestinal est à l'origine d'acides gras volatils (AGV) tels que le butyrate, le propionate et l'acétate. Des infusions rectales de ces acides gras volatils, et en particulier du butyrate, ont permis de traiter des humains et des rats atteints de colites ulcéraires, là où les traitements médicamenteux avaient échoué, et ont permis de réduire l'inflammation chronique due à une colite iatrogène chez les rats (Simpson, 1998).

Peu de données sont disponibles quant au rôle des glucides dans l'induction d'un état inflammatoire chronique chez les animaux de compagnie. Cependant, les résultats obtenus chez l'Homme et le rat laissent penser que les glucides utilisés dans le pet-food ne sont pas des instigateurs à eux seuls d'un état inflammatoire chronique. En revanche, l'obésité correspond à une maladie inflammatoire chronique qui prédispose à de nombreuses affections comme les allergies, les cancers et favorise le développement de l'arthrose (Divella et al., 2016; Fantuzzi, 2005). L'obésité est favorisée par des facteurs endogènes (âge, sexe, statut reproducteur, affection endocrinienne et prédisposition génétique) et exogènes (activité physique, prise alimentaire, composition de l'aliment, environnement). En ce qui concerne la composition alimentaire, les matières grasses tendent à rendre la ration appétente et donc à augmenter la quantité d'aliment ingérée en plus d'avoir une densité énergétique élevée. L'apport énergétique est ainsi démultiplié

et la capacité de conversion en graisses corporelles est plus élevée pour les matières grasses que pour les autres macronutriments. De ce fait, ce sont les matières grasses plutôt que les glucides qui seraient incriminées dans l'obésité, d'autant plus que l'apport de fibre diminue la densité énergétique de la ration. Rappelons tout de même que l'obésité est une affection multifactorielle et la composition de l'aliment ne saurait en être seule responsable.

### **(c) L'amidon à l'origine du diabète et des pancréatites ?**

La théorie selon laquelle les glucides contenus dans les aliments commerciaux affaiblissent le pancréas et entraînent le développement d'un diabète ou d'une pancréatite est communément avancée dans les ouvrages de vulgarisation. En effet, l'amylase permettant de digérer l'amidon est majoritairement d'origine pancréatique. S. Kramer explique notamment que « la grande teneur en hydrates de carbone et en amidon des végétaux augmente considérablement le seuil en glucose de l'organisme et conduit à des fluctuations importantes de l'insuline et de la glycémie » (p.74), ce qui serait délétère pour le pancréas puisqu'il travaillerait « deux fois plus fort pour compenser la nature inappropriée de la nourriture » (p. 82). Protta affirme que ce phénomène « explique les épidémies de pancréatite et de diabète qui frappent nos chiens et chats, provoquées par le stress auquel est soumis le pancréas aussi bien pour digérer que pour passer les pics de glycémie dus à l'excès de glucides présents dans la nourriture industrielle. » (p. 32-33). L'ouvrage de M. Kergoat se démarque des autres puisqu'elle affirme, sur la base de témoignages de praticiens vétérinaires, que « les glucides ne sont pas impliqués dans l'apparition de pancréatites. En revanche, les lipides le sont et les protéines dans une moindre mesure [...] En résumé, le seul risque avec les glucides donnés en grande quantité, c'est que l'animal ne les digère pas : les glucides vont passer dans le gros intestin et y être fermentés par des bactéries, ce qui provoquera des ballonnements et perturbera la flore intestinale de l'animal » (p.181).

Le diabète mellitus, ensemble de maladies métaboliques caractérisées par un déficit de sécrétion et/ou d'action d'insuline, représente la principale cause de maladie endocrinienne chez le chat et le chien. Bien que regroupés sous la même terminologie, les diabètes canins et félines sont sensiblement différents. Par analogie avec le diabète humain, le diabète canin ressemblerait plutôt à un diabète de type 1 insulino-dépendant, et le diabète félin à un type 2 souvent insulino-résistant.

Chez le chien diabétique, tout comme chez l'humain, on retrouve souvent des anticorps dirigés contre les cellules des îlots de Langerhans, qui sont les cellules sécrétrices d'insuline (Hoenig and Dawe, 1992). De plus, certains haplotypes du complexe majeur d'histocompatibilité de classe II ont été associés avec le diabète canin (Kennedy et al., 2006). Des composantes auto-immunes et génétiques entrent donc en jeu dans le développement du diabète canin insulino-dépendant. Le diabète félin, similaire à un diabète de type 2, est fortement relié à l'obésité. Les études concernant l'influence du régime alimentaire sur le développement du diabète ont ainsi été menées en grande partie chez le chat. De nombreux facteurs de risque ont été identifiés dans le développement du diabète félin, notamment le sexe, les traitements corticoïdes, la voracité,

l'obésité et l'absence d'accès à l'extérieur. Parmi eux, le principal facteur de risque est l'obésité, suivi de près par le manque d'exercice et la vie en intérieur strict. Ces derniers facteurs sont par ailleurs bien plus importants que la composition de la ration (Öhlund et al., 2017; Slingerland et al., 2009). Bien que les glucides ne semblent pas être un facteur de risque dans le développement d'un diabète, ils peuvent présenter un intérêt dans la prévention et la gestion de cette pathologie. En effet, Rand & al. affirmaient en 2004 que la consommation en quantité excessive de glucides raffinés et facilement digestibles provoque une sécrétion amplifiée et prolongée d'insuline, ce qui pourrait mener à l'épuisement des cellules bêta des îlots de Langerhans et éventuellement à un diabète (Rand et al., 2004). La qualité des glucides est effectivement à prendre en compte, mais notons que dans les croquettes, la source de glucide principalement utilisée est l'amidon. Il s'agit d'un glucide complexe dont la digestion est plus longue que les glucides simples, ce qui permet de diminuer la glycémie postprandiale (Jenkins et al., 1981). Cet effet est également provoqué par l'ingestion de fibres, en particulier les fibres solubles qui sont plus efficaces que les fibres insolubles pour ralentir le transit et réguler la glycémie (Blaxter et al., 1990). En revanche, les fibres insolubles permettent de diminuer la densité énergétique de la ration, ce qui constitue une stratégie efficace de lutte contre l'obésité chez le chien.

La pancréatite est la pathologie la plus fréquente du pancréas exocrine chez les chiens et les chats. Alors qu'elle semblait rare dans l'espèce féline, la pancréatite est de plus en plus diagnostiquée chez les chats, notamment grâce à l'évolution des échographes. Les facteurs de risque ne sont pas bien connus chez le chat. Il semblerait que les pancréatites chroniques dont souffre plus fréquemment le chat soient liées à des comorbidités comme les cholangites et les maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (MICI). On parle alors de triade féline. D'autres liens avec des infections virales, parasitaires ou avec des tumeurs du pancréas ont été mis en évidence. Chez le chien, des facteurs diététiques tels que l'obésité et la haute teneur en lipides de l'aliment ont été découverts (Armstrong and Williams, 2012; Xenoulis et al., 2008). En effet, la sécrétion d'enzymes pancréatiques est stimulée par la cholécystokinine, hormone de la satiété dont la sécrétion est elle-même stimulée par l'apport de protéines et lipides. Ainsi, en accord avec les écrits de M. Kergoat, les glucides ne semblent pas impliqués dans le développement de pancréatites.

#### **d) Conclusion partielle**

Les glucides comme composant à part entière de l'aliment commercial font débat. Les « sucres » sont pointés du doigt sans qu'une définition claire n'en soit donnée. Ainsi, les glucides regroupent plusieurs catégories de molécules, simples ou complexes, digestibles ou non, avec des degrés de solubilité et de fermentescibilité variables.

Les fibres, glucides non digestibles, sont accusées de modifier la vitesse du transit digestif et de ne pas être assimilables par les animaux de compagnie. C'est là tout leur intérêt puisque ces propriétés permettent de limiter l'hyperglycémie postprandiale ou encore de stimuler la motricité du colon. De plus, la dégradation des fibres par la flore intestinale aboutit à la formation de postbiotiques, en particulier les AGV, bénéfiques à la santé de l'hôte. En plus des fibres, les végétaux

et notamment les céréales, fournissent de l'amidon. Contrairement aux idées reçues, il est prouvé que les animaux domestiques sont capables d'assimiler l'amidon en quantité variable grâce à leur évolution auprès de l'Homme et de l'agriculture depuis des millénaires. De plus, les glucides ont été mis en cause dans le développement de nombreuses affections, souvent sans réelle base scientifique. Ainsi, le rôle délétère des glucides dans l'apparition de MRC, de diabète ou de pancréatite n'est pas prouvé. Leur influence dans la variation du pH urinaire, et donc dans le développement de calculs de struvite, est difficilement élucidée. En effet, les céréales ont tendance à alcaliniser les urines, mais on ne sait pas à qui attribuer cet effet : les glucides ou le potassium ? Enfin, il n'existe que peu de preuves selon lesquelles les glucides complexes utilisés dans la formulation du pet-food sont à l'origine d'une inflammation chronique.

Il n'est pas ici question de dédouaner l'aliment commercial de tout effet délétère sur l'organisme animal. Comme il a souvent été dit, toutes les gammes de croquettes ne se valent pas. Ainsi, si les glucides ne sont pas responsables de tous les maux dont on les accuse, leur excès n'est pas souhaitable au risque de grandement diminuer la digestibilité totale de la ration. Il est possible d'estimer la teneur en glucides par le calcul de l'ENA détaillé au début de cette partie. Le chien tolère aisément une teneur en ENA à hauteur de 20 à 40% de la matière sèche. Trop d'amidon sera à l'origine de diarrhées car il n'est jamais totalement digéré. Trop de fibres peut aboutir à une augmentation du volume des selles, une irritation du côlon dans le cas de fibres insolubles et également de la diarrhée. Les fibres solubles ne devraient pas représenter plus de 2% de la matière sèche, ce pourcentage est compris entre 4 et 25 pour les fibres insolubles

### 3. Mention sur les lipides

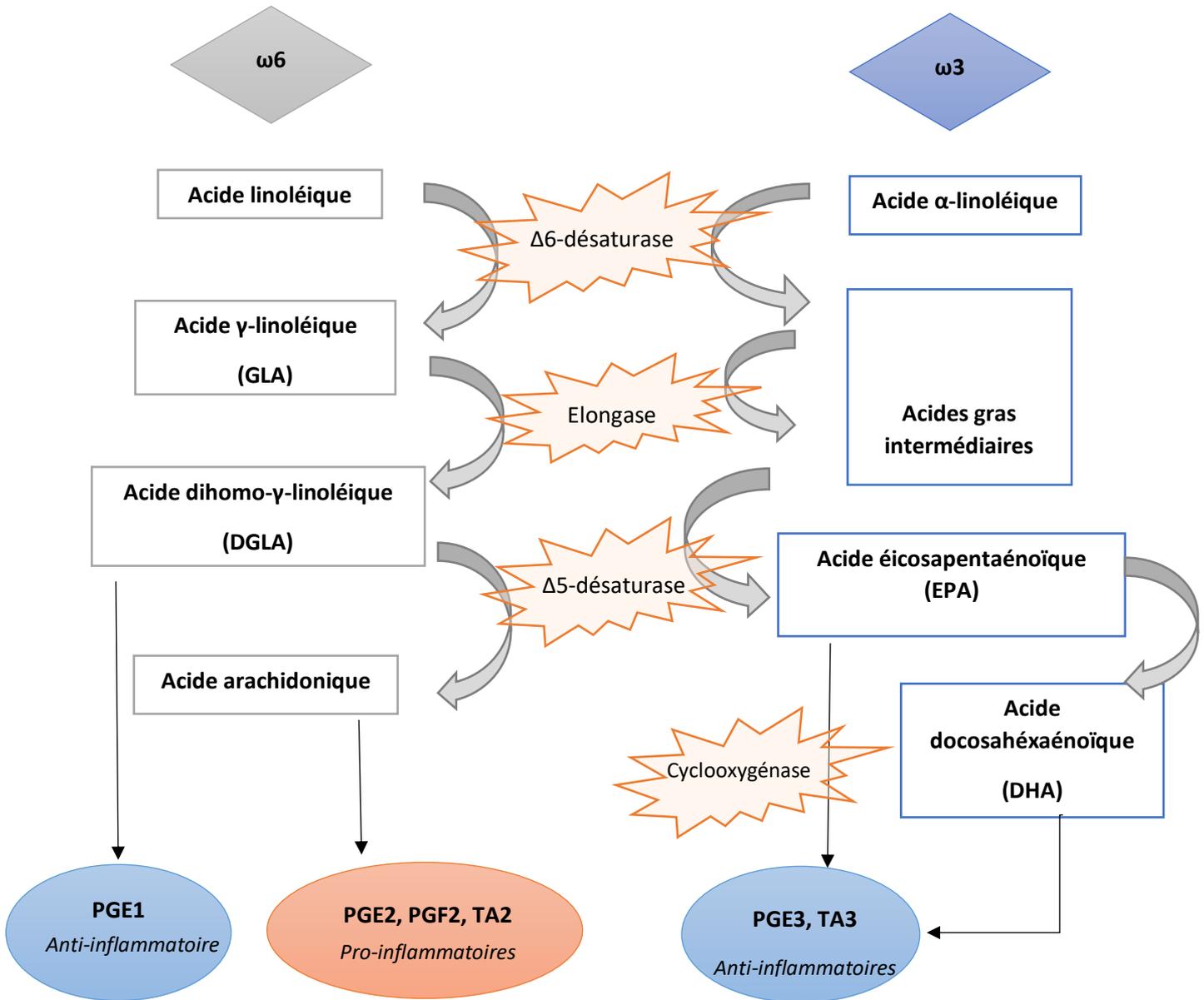
Les lipides sont les macronutriments les moins débattus dans les ouvrages de vulgarisation. Ils sont abordés de manière assez superficielle, notamment au sujet de leur teneur dans les croquettes et sur leur rôle dans les processus inflammatoires. M. Kergoat affirme ainsi que « les croquettes de supermarché sont généralement très grasses car la graisse est un constituant alimentaire qui ne coûte pas cher et qui donne de l'appétence » (p. 137). Cette teneur en lipide serait problématique car, selon Prota, « l'alimentation industrielle pour animaux utilise souvent des huiles de très mauvaise qualité provenant de la transformation » (p. 23) contenant surtout des graisses pro-inflammatoires. Comme évoqué dans la discussion sur l'inflammation chronique, Ziegler explique que « l'absorption de ces graisses est liée à l'apparition de problèmes cardiaques, au développement de tumeurs et à un risque accru de cancer » (p.69)

Les lipides constituent une excellente source d'énergie grâce à leur densité énergétique deux fois supérieure aux protéines et aux glucides. L'augmentation de la teneur en lipide permet la réduction de la part d'amidon, selon la demande des consommateurs qui y sont réfractaires. Malgré cela, certains détracteurs des croquettes pointent du doigt leur teneur en matières grasses jugée trop élevée. Cependant, plusieurs études ont comparé la digestibilité des macronutriments dans des rations extrudées ou crues. Pour ce faire, elles ont préalablement analysé la composition nutritionnelle de chaque type de ration. On remarque alors que les régimes crus sont généralement plus riches en matière grasse que les croquettes (Algya et al., 2018; Kerr et al., 2012). De plus, les lipides utilisés dans la formulation du pet-food sont parfaitement tolérés chez le chien en bonne santé. En effet, il a été montré chez des chiens dont la ration était enrichie en huile de colza, que l'augmentation des graisses alimentaires améliore la digestibilité sans modifier la consistance ou la composition des selles. De même, les paramètres sanguins sont tous restés dans les intervalles de valeur standards (Kilburn and Rossoni Serao, 2019).

Comme les matières grasses ont une densité énergétique élevée, leur surconsommation contribue partiellement au développement de l'obésité, dont l'inflammation chronique associée et ses conséquences ont déjà été évoquées précédemment (allergies, cancers, pathologies cardiovasculaires...). Par ailleurs, les lipides contenus dans l'aliment apportent, majoritairement sous forme des triglycérides, des acides gras polyinsaturés essentiels aux chiens et aux chats. En effet, l'apport exogène en acide linoléique (oméga 6) et alpha-linoléique (oméga 3) est indispensable pour la synthèse de précurseurs eicosanoïdes. Ces précurseurs sont des composés lipidiques synthétisés au niveau de la membrane cellulaire et qui permettent la formation d'hormones :

- Pro-inflammatoires si les précurseurs sont des omégas 6 (acide arachidonique par exemple) ;
- Anti-inflammatoires si elles proviennent d'omégas 3 (EPA, DHA), parfois d'oméga 6 (DGLA).

La figure 9 schématise la production de ces acides gras. Chez le chat, l'absence de l'enzyme  $\Delta 6$ -désaturase nécessite également un apport exogène d'acide arachidonique. Le métabolisme des acides gras essentiels est résumé dans la figure 10. Bien que l'organisme soit en mesure de produire de l'EPA et du DHA à partir d'acide  $\alpha$ -linoléique, cette capacité est très réduite. L'EPA et DHA sont donc également considérés comme des acides gras essentiels.



*PG : prostaglandine ; T : thromboxane*

Figure 9: Métabolisme des acides gras essentiels et rôle dans la réponse inflammatoire

L'origine des matières grasses joue un rôle majeur dans la direction que va prendre la synthèse hormonale. En effet, la plupart des matières grasses d'origine terrestre ont une teneur plus élevée en oméga 6 (excepté l'huile de lin), tandis que les huiles de poisson sont plus riches en oméga 3. Notons également que les huiles végétales sont sources d'acides gras polyinsaturés à 18 carbones (en acide linoléique et alpha-linoléique) tandis que matières grasses animales sont source d'acides gras polyinsaturés à 20 (EPA) et 22 (DHA) carbones.

Plusieurs études chez l'Homme ont montré que la consommation d'acides gras polyinsaturés est corrélée négativement avec les marqueurs de l'inflammation. Cet effet est d'autant plus marqué lorsque les acides gras polyinsaturés sont des omégas 3. Il a été mis en évidence que l'ingestion d'acides gras saturés est le principal facteur alimentaire à l'origine d'une augmentation des marqueurs de l'inflammation (Galland, 2010).

En résumé, les lipides ne sont pas plus présents dans les croquettes qu'ils ne le sont dans les rations crues. Ils sont une excellente source d'énergie mais également d'acides gras essentiels, dont les propriétés anti-inflammatoires de certains sont exploitées en médecine humaine et vétérinaire. Attention cependant aux rations riches en lipides chez les animaux sédentaires. En plus du risque de pancréatite, une mauvaise hygiène de vie associée à une ration de haute densité énergétique peut favoriser l'obésité, provoquant un état inflammatoire chronique prédisposant à de nombreuses affections. Enfin, les lipides sont très sensibles à l'oxydation. Le stockage des croquettes dans des sacs non hermétiques permet donc difficilement de garantir la stabilité des acides gras contenus dans l'aliment.

#### **4. Brève étude des cendres**

Lors de la lecture d'étiquette, la mention « cendres » interpelle couramment les consommateurs novices en matière d'alimentation. Cette terminologie obscure est à la source de nombreuses légendes urbaines, par exemple la présence réelle de cendres d'incinération dans la composition des croquettes. Cette notion est souvent méconnue du grand public, et pourtant, seule M. Kergoat s'empare réellement du sujet. Elle explique dans son ouvrage que les « cendres brutes correspondent à ce qui reste une fois la nourriture complètement incinérée en laboratoire » (p. 151), ce qui représente « la part de minéraux que contient l'aliment ». Ce taux serait également lié à celui des protéines. En effet, les produits carnés dans le pet-food proviennent de carcasses plus ou moins charnues. « Dès lors, si le pourcentage de minéraux est faible dans une croquette, il y a malheureusement fort à parier que le pourcentage de protéines le soit aussi » (p. 152). Ainsi, si le taux de protéines est haut avec peu de cendres, il est à craindre que le taux de protéines ait été rehaussé « non pas par de la véritable viande mais par des protéines extraites de tendons, poils, plumes... ». Par ailleurs, comme les minéraux sont évacués par les urines, « un taux élevé de cendres favorisera la formation de cristaux de minéraux, autrement dit, des calculs urinaires » (p. 151). De même, un excès de calcium inhiberait l'absorption de zinc et serait à l'origine de ce qui est appelé la « Generic food disease » (p. 153).

On appelle cendres brutes l'ensemble des matières minérales obtenu après calcination de l'aliment à 550°C pendant 6h. Les matières minérales comprennent des macroéléments et des oligoéléments, pouvant par la suite être dosés de manière individuelle. Le tableau 13 répertorie les macro- et oligoéléments alimentaires et leurs rôles dans l'organisme.

	Minéraux	Rôles dans l'organisme
<b>MACROELEMENTS</b>	Calcium (Ca)	Ostéogenèse, contraction musculaire, coagulation, échanges cellulaires, perméabilité membranaire, transmission nerveuse, libération d'hormones
	Phosphore (P)	Masse minérale des tissus osseux, maintien du pH, stockage et transport d'énergie dans la cellule (adénosines phosphatées), réactif de nombreuses réactions biochimiques de l'organisme
	Magnésium (Mg)	Masse minérale des tissus osseux, régulateur du métabolisme glucidique et lipidique des tissus musculaires et nerveux
	Sodium (Na)	Régulation de la pression osmotique et de l'équilibre hydro-électrique, principal constituant des liquides extracellulaires
	Potassium (K)	Equilibre électrolytique, métabolisme énergétique
	Chlore (Cl)	Equilibre électrolytique, pression osmotique
	Soufre (S)	Formation d'acides aminés soufrés, de vitamines B,
<b>OLIGOELEMENTS</b>	Zinc (Zn)	Cofacteur de plus de 200 enzymes (protection contre les radicaux libres, synthèse protéique, renouvellement cellulaire...)
	Iode (I)	Synthèse des hormones thyroïdiennes
	Manganèse (Mn)	Cofacteur d'enzymes, formation du cartilage
	Cuivre (Cu)	Transport du fer, cofacteur de nombreuses enzymes, antioxydant
	Cobalt (Co)	Formation d'hémoglobine, métabolisme des hématies
	Fer (Fe)	Fabrication et fonctionnement de l'hémoglobine, constituant de la myoglobine
	Sélénium (Se)	Cofacteur d'enzymes antioxydantes, stimulation de l'immunité

Table 13: Principaux minéraux alimentaires et leur rôle dans l'organisme (ANSES)

On étudiera particulièrement le calcium, phosphore, le magnésium et le zinc. Ce sont en effet les minéraux principalement impliqués dans les affections décrites par M. Kergoat.

➤ Minéraux et développement de calculs urinaires

Comme évoqué à différentes reprises, les calculs les plus communément rencontrés dans les urolithiases du chat et du chien sont les oxalates de calciums et les struvites, autrement appelés

calculs phospho-ammoniaco-magnésiens. De nombreux facteurs de risque ont été identifiés dans le développement d'urolithiases, mais on s'attardera ici sur le rôle de l'apport alimentaire en minéraux, en particulier le phosphore, le magnésium et le calcium.

La présence en quantité suffisante de phosphore, magnésium et ammoniac est un facteur nécessaire à la formation de struvites. Par exemple, l'urine du chat est naturellement concentrée en ammoniac et phosphate, mais l'est peu en magnésium. La concentration urinaire de magnésium est, de ce fait, directement influencée par l'apport alimentaire. Il a ainsi été montré qu'un apport alimentaire élevé de phosphore n'est pas nécessaire à la formation de struvite, mais il augmente le risque d'urolithe lorsque l'apport alimentaire de magnésium est également élevé. Inversement, si l'apport en magnésium est faible, le risque de formation de struvite l'est également, quel que soit l'apport en phosphore (Case et al., 2011).

La formation de cristaux d'oxalate de calcium nécessite des conditions de sursaturation urinaire en calcium et en acide oxalique. L'importance de ces deux éléments semble équivalente. Chez le chat, les urines sont naturellement sursaturées en oxalate et en calcium. Ainsi, un apport alimentaire élevé en calcium n'est pas la cause de la formation de calculs, il s'agit plutôt de la perturbation des mécanismes inhibant la précipitation. Deux minéraux sont mis en cause dans ce phénomène. Il a ainsi été montré que la diminution de la concentration urinaire en magnésium, associée à une diminution du pH urinaire, avait tendance à augmenter le risque de formation de calculs d'oxalates de calcium. A l'inverse, augmenter la concentration urinaire en magnésium permettrait de diminuer le risque de formation d'oxalates de calcium. Cette option thérapeutique, exploitée chez l'Homme, n'est pas envisageable chez le chat en raison du risque de formation de struvites. D'autres études mettent en évidence le rôle du sodium dans la formation d'oxalates de calcium. En effet, celui-ci inhiberait la réabsorption de calcium au niveau de la hanse de Henlé, provoquant alors une hypercalciurie. Cependant, les résultats sur le lien entre apport en sodium et calciurie sont contradictoires d'une étude à l'autre (Nguyen et al., 2017). De plus, il semblerait que l'apport de sodium chez les chiens et les chats soit plutôt bénéfique, puisque la dilution des urines qu'il engendre réduirait les conditions de sursaturation urinaire (Hawthorne and Markwell, 2004; Stevenson et al., 2003).

➤ « Generic food disease » ou « dermatose répondant au zinc »

Le zinc est un oligoélément impliqué dans de multiples fonctions biologiques. Par exemple, il intervient dans la régulation de la réponse immunitaire, de la kératogenèse ou dans la cicatrisation. La dermatose répondant au zinc est une affection cutanée peu fréquente due à un déficit relatif ou absolu en zinc. Les principaux signes cliniques classiquement observés sont un érythème, des squames puis des croûtes très adhérentes et une alopecie. Chez le chien, les lésions sont localisées sur la tête, autour des yeux, du nez et de la bouche, et parfois sur les doigts. Cette affection est connue chez l'Homme sous le nom d'acrodermatite enthéropathique. Il existe deux types de dermatose répondant au zinc :

- Le type 1 touche en particulier les chiens de race nordique chez qui il existe un défaut génétique d'absorption du zinc ;
- Le type 2 touche préférentiellement les chiots de grandes races à croissance rapide (Dogue Allemand, Berger Allemand, Labrador). Il est causé par une alimentation de mauvaise qualité, carencée en zinc, riche en céréales contenant des phytates et en calcium. Ce dernier chélate le zinc dans l'organisme et entraîne des troubles dermatologiques.

Les minéraux apportés par l'aliment doivent donc être en adéquation avec les besoins de l'animal, au risque de favoriser le développement de pathologies, que ce soit par excès ou par carence. La FEDIAF établit des recommandations minimales que la plupart des fabricants respectent dans la formulation des aliments commerciaux. Par exemple, le zinc à hauteur de 5 mg pour 100g de matière sèche permet de couvrir les besoins du chiot en croissance. La législation européenne prévoit des teneurs limites dans l'aliment pour les éléments toxiques tels que l'arsenic ou le plomb, mais il n'existe pas de telles limites pour les minéraux. Classiquement, on recommande un taux de cendre inférieur à 10%. Attention cependant, certains industriels reportent sur l'étiquette le taux de cendres prévu initialement dans la formulation sans en vérifier l'exactitude une fois le produit fini.

## **D. Les nouvelles tendances alimentaires pour redorer l'image de la croquette : intérêts et limites des nouvelles gammes commerciales**

Une multitude de points sont critiquables et critiqués dans l'alimentation industrielle sur la base de raisonnements plus ou moins justifiés. Ces diverses controverses ont fait émerger de nouvelles gammes de croquettes répondant aux attentes des propriétaires. Ces nouvelles tendances alimentaires ont-elles une réelle justification nutritionnelle ou ne sont-elles qu'un mouvement marketing influencé par les modes alimentaires humaines ?

### **a) Les aliments sans céréales : la chasse à l'amidon et au gluten**

L'idée préconçue selon laquelle les chiens sont des loups domestiqués à la peau dure. Cette théorie est à l'origine de beaucoup de réticences sur la présence de glucides et notamment d'amidon. Des gammes sans céréales se sont ainsi développées. Cependant, comme l'évoque M. Kergoat, l'« absence de céréales ne veut pas dire absence d'amidon [...] et ce n'est pas parce que le taux d'amidon est bas que l'aliment est de bonne qualité : encore faut-il que cet amidon soit digestible » (p. 188). En effet, dans ces gammes les céréales sont remplacées « par des tubercules, pommes de terre ou patates douces, ou des légumineuses telles que les pois chiches, les pois verts ou les lentilles » (p.184) dont la digestibilité est parfois peu satisfaisante, notamment à cause de leur teneur en amylose, un polymère peu digestible contenu dans l'amidon. Par ailleurs, Protta met en avant la hausse du nombre d'allergies, qui, selon son expérience, sont dues à « l'excès de blé et de produits à base de gluten, désormais très présents dans de nombreux aliments pour animaux » (p. 79)

Les rations sans céréales occupent une part grandissante du marché de l'alimentation pour animaux de compagnie, notamment pour les chiens. Ces aliments commerciaux se basent sur l'idée selon laquelle l'amidon est associé aux céréales d'une part, et d'autre part sur le fait que le chien « à l'état sauvage » ne mangerait pas de céréales. Rappelons cependant que le chien a évolué aux côtés de l'Homme depuis des milliers d'années, et a acquis au cours de ce processus la capacité de digérer l'amidon. De plus, l'amidon est indispensable à la fabrication des croquettes. Elles peuvent donc se revendiquer sans céréales mais pas sans amidon. Des tubercules ou des légumineuses sont utilisés en remplacement des céréales (pomme de terre, pois, lentilles...). Outre l'argument du « naturel » qui est discutable avec ces végétaux, les légumineuses tendent à diminuer la digestibilité de la matière organique et la consistance des selles tout en augmentant la fréquence de défécation chez les chiens (Lopez, 2019). Ce résultat peut s'expliquer par la structure des légumineuses, qui contiennent 32 à 46 % d'amylose, c'est 10 à 15% de plus que l'amylose contenu dans les céréales (Madhusudhan and Tharanathan, 1995). L'amidon est composé d'amylopectine et d'amylose. L'amylopectine est responsable de la gélatinisation de l'amidon permettant d'augmenter sa digestibilité, et sa teneur est inversement corrélée à la teneur en amylose. Ainsi, l'augmentation de la teneur en amylose tend à diminuer la digestibilité de l'amidon (Noda et al., 2003).

Depuis quelques années, des cas de cardiomyopathies dilatées (CMD) ont été attribués à l'alimentation sans céréales. Les suspicions ont été assez importantes pour déclencher l'ouverture d'une enquête par la Food and Drug Administration (FDA)(Medicine, 2021a). Le rôle exact de l'alimentation sans céréales n'est pas encore clairement défini. Une première hypothèse s'appuie sur les carences en taurine retrouvées dans un certain nombre de cas. Or, les analyses montrent que les aliments sans céréales respectent au même titre que les aliments standards les teneurs minimales recommandées en taurine. De plus, la présence ou non de céréales dans la ration n'influence pas la concentration plasmatique en taurine (Donadelli et al., 2020). Ces résultats ne sont pas étonnants puisque les céréales ne sont pas source de taurine. Cependant, en se penchant sur les points communs des aliments incriminés dans les cas de CMD, il a été noté que 93% contenaient des fabacées (pois, lentilles) (Medicine, 2021b). Etant donné la récurrence de ces résultats, peu d'études ont approfondi le sujet. En l'absence d'explication claire, il convient de rester prudent quant à l'usage des aliments sans céréales.

Le gluten est la principale source de protéines présente dans les céréales « vraies » (poacées) et permet le développement de la graine. Chez l'Homme, plusieurs affections digestives dues à la présence de gluten sont connues : l'allergie, la maladie cœliaque touchant 1% de la population mondiale, et la sensibilité non cœliaque au gluten. Comme expliqué en partie II.C.1, les entéropathies liées au gluten ne sont pas reconnues chez le chat et sont extrêmement rares chez le chien, excepté chez les Setter Irlandais et le Border Terrier. Chez ces chiens, les signes cliniques évocateurs d'entéropathies liées au gluten sont une perte de poids, une perte d'appétit et des diarrhées intermittentes. (Rudinsky et al., 2018). L'hypothèse la plus probable à ce jour est une origine génétique de cette maladie due à la transmission d'un gène autosome récessif. La prévalence estimée serait de 0,8 % chez le Setter Irlandais (Garden et al., 2000). L'éviction du gluten présente alors un réel intérêt et permet l'élimination des troubles digestifs. Ceci est possible par l'utilisation d'aliment sans céréales ou utilisant de « pseudo-céréales » ne faisant pas partie de la famille botanique des poacées (millet, sarrasin, quinoa...).

## **b) Le « bio » pour lutter contre les contaminants**

La préoccupation des consommateurs à propos de la qualité et de la sécurité de leur alimentation s'est intensifiée depuis quelques années. Le lien affectif entre les propriétaires et leurs animaux s'étant développé, cette quête de qualité s'est tout naturellement appliquée à l'alimentation des animaux de compagnie. Ainsi, nombre de propriétaires se tournent vers l'alimentation biologique en espérant y trouver une plus faible quantité de contaminants. M. Kergoat prévient cependant : « Un label ne fait pas la qualité d'un produit. Ce n'est pas parce que des croquettes ou des pâtées sont « bio » que leur composition est bonne. » (p. 222). Par exemple, des vétérinaires reprocheraient aux croquettes « bio » d'être « susceptibles de contenir plus de mycotoxines que les non bio » (p. 222) puisqu'en agriculture biologique, les fongicides sont interdits. Cependant, les variétés utilisées en bio sont des espèces plus « rustiques et moins sensibles aux champignons du genre *Fusarium*, à l'origine des mycotoxines. Le sol est labouré et la culture du maïs n'est pas suivie d'une culture de blé. » (p. 223) Ces facteurs permettent la diminution du risque de développement de mycotoxines.

Un rapport de l'AFSSA publié en 2003 fait le point sur l'évaluation nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de l'agriculture biologique. Plusieurs éléments clés en ressortent. Premièrement, peu de différences nutritionnelles ont été mises en évidence entre les produits issus d'agriculture biologique ou conventionnelle, si ce n'est que les végétaux issus de l'agriculture biologique auraient des teneurs plus élevées en minéraux (fer, magnésium) et en antioxydants (phénols, acide salicylique). Les produits carnés « bio », quant à eux, seraient plus riches en acides gras polyinsaturés, dont les effets bénéfiques pour la santé ont déjà été évoqués. D'un point de vue sanitaire, 94 à 100% des végétaux issus de l'agriculture biologique ne contiendraient aucun résidu de pesticides et leur teneur en nitrite serait réduite de 50% par rapport aux produits issus d'une agriculture conventionnelle. Enfin, la teneur en mycotoxines serait similaire quel que soit le mode d'agriculture utilisé (Lairon, 2010). Il faut tout de même rester prudent quant aux résultats de ce

rapport. En effet, peu de preuves scientifiques solides sont disponibles pour évaluer la sécurité de l'alimentation biologique. Par exemple, on attend des produits « bio » qu'ils contiennent moins de résidus agrochimiques que leurs homologues conventionnels. Or, lors des dosages de ces substances, il est généralement montré que leur teneur dans les produits biologiques et conventionnels sont inférieures au seuil de détection, ce qui permet difficilement de comparer les deux types d'agriculture. De plus, la teneur en nitrates est effectivement réduite dans les racines et tubercules « bio », mais aucun intérêt nutritionnel n'en est clairement tiré puisque les effets des nitrates sur la santé humaine sont encore sujet à débat. Enfin, la teneur en métaux lourds est sensiblement la même entre les produits biologiques et conventionnels et aucune conclusion ne peut être tirée concernant les mycotoxines, étant donné la variabilité des résultats d'analyse (Magkos et al., 2006). Quelques tendances semblent tout de même se dégager. Les produits de l'agriculture biologique contiendraient également des résidus de pesticides mais cette teneur serait inférieure de 30% par rapport à l'agriculture conventionnelle. Par ailleurs, la contamination par les métaux lourds ne semble pas différer selon le mode d'agriculture. En ce qui concerne la contamination par les microorganismes, on isolerait moins de Salmonelles dans les produits carnés à base de volailles et de porcs « bio » et le risque d'isoler des bactéries antibiorésistantes est diminué de 33% en filière biologique (Smith-Spangler et al., 2012). On manque cependant de travaux pour tirer des conclusions pertinentes sur la contamination des viandes par des substances à usage vétérinaire.

Ces tendances sont encourageantes mais difficilement généralisables à tous les produits issus de l'agriculture biologique. En effet, cette mode alimentaire occupe une part de marché grandissante, six fois plus importante en 2018 qu'en 2000. Cependant, 50% des pays pratiquant l'agriculture biologique ne disposent pas d'une législation rigoureuse pour encadrer cette pratique, entraînant un défaut d'harmonisation au niveau mondial. Par exemple, les pays à faible revenu mettent en place des méthodes de traitement peu efficaces et non systématiques des déchets organiques, polluant ainsi les sols, notamment par l'utilisation de composte (Ramakrishnan et al., 2021).

Appréhender les risques sanitaires inhérents aux produits issus de l'agriculture biologique n'est pas chose facile étant donné le peu de données disponibles et les résultats contradictoires dans la littérature scientifique. Bien sûr, la sécurité sanitaire n'est pas le seul aspect de la qualité d'un aliment. Ainsi, l'impact environnemental de chaque type d'agriculture ainsi que leur inscription dans le cadre du développement durable ne sont pas abordés. Cependant, il doit être clair dans l'esprit des consommateurs que la certification « bio » n'est pas synonyme de sécurité sanitaire.

### **c) Les croquettes végétariennes : plus éthiques ?**

La population végétarienne et végane est en constante augmentation depuis une dizaine d'années. Par exemple, le nombre d'individus adeptes du véganisme a quadruplé entre les années 2014 et 2019 en Grande Bretagne. En France, une étude IFOP (Institut Français d'Opinion Publique) réalisée pour FranceAgriMer en 2021 a montré que la part des régimes sans viande reste marginale et ne concerne que 2,2% des Français. Certains propriétaires sont tentés de soumettre

leur animal de compagnie au même régime qu'eux. Ainsi, 1% des véganes nourrit ses animaux avec un régime végétarien et environ un tiers les nourrit avec un aliment végétan (Loeb, 2020). Cependant, rares sont les régimes sans viande qui cochent toutes les cases des besoins nutritionnels du chien et du chat. M. Kergoat s'empare du sujet dans son ouvrage et explique que « les micronutriments provenant de sources végétales sont moins bien assimilés. A long terme, l'animal nourri de façon végétalienne risque des carences. » (p. 225) En effet, certains micronutriments nécessaires à l'organisme sont fortement présents dans les produits d'origine animale « mais en très faible quantité dans les végétaux et sont moins bien assimilés » (p. 225), ce qui serait particulièrement le cas de la taurine, de l'acide arachidonique, de l'arginine, du tryptophane et de la phénylalanine, de la tyrosine et des vitamines A et D.

Les régimes sans viande se décomposent en deux mouvements distincts : le végétalisme est une alimentation composée uniquement de végétaux et est associé au mode de vie végétan qui refuse la consommation de tout produit d'origine animale (vêtements, cosmétiques...); le régime végétarien, lui, exclue toute chair animale (viande ou poisson) mais admet la consommation de produits dérivés d'animaux (œufs, lait...). Selon une étude en ligne destinée aux propriétaires de pays anglophones, 1,6% des chiens et 0,7% des chats des propriétaires questionnés sont nourris avec un aliment sans viande. L'argument le plus fréquemment avancé dans la justification de ce choix est le respect du bien-être des animaux de rente (Dodd et al., 2019). Or, plusieurs analyses d'aliments commerciaux végétan ont mis en évidence leur inadéquation nutritionnelle en regard des besoins du chat et du chien. En effet, bien que les apports en macronutriments soient généralement suffisants, les compositions en micronutriments présentent de multiples anomalies. Le profil d'acides aminés des aliments végétan n'est pas satisfaisant et présente régulièrement des carences en méthionine, taurine, cystine et leucine, qui sont pourtant des AAE (Kanakubo et al., 2015; Zafalon et al., 2020). Des cas de léthargie, amyotrophie, dysorexie et anémie ont été reportés chez des chats quelques temps après une transition vers un aliment végétan. Les analyses nutritionnelles des aliments utilisés ont mis en lumière de multiples carences, notamment en vitamines du groupe B (Fantinati et al., 2021). De même, les vitamines A et D ne se trouvent que dans les produits d'origine animale. La nécessité de compléter un régime végétan fait de la notion d'aliment végétan complet une aberration (Loeb, 2020). Par ailleurs, les régimes sans viande chez des chiots modifient leur croissance en réduisant leur taille et leur gain de poids hebdomadaire (Debnath and Patil, 2010).

Ainsi, alors que l'association de défense des animaux « L214 » assure qu'il est possible de nourrir son chat ou son chien avec une alimentation végétane, les études précédentes tendent à prouver le contraire. Cependant, certains vétérinaires estiment qu'il est possible de nourrir un chien avec un régime végétalien, à condition qu'il soit de petit format, non castré et peu actif, son besoin en protéines s'en trouvant fortement réduit. Ces régimes, bien que viables, sont loin d'être satisfaisants car ils extrapolent le modèle alimentaire omnivore de l'humain au chien, tandis que ses besoins en protéines et calcium sont quatre fois supérieurs à celui de l'Homme. Enfin, à l'inverse du chien, le chat n'est pas capable de synthétiser la vitamine A à partir de bêta-carotène. Ainsi, cet exemple illustre l'impossibilité de mise en place d'une alimentation sans viande chez le carnivore strict qu'est le chat (« Les croquettes végétaliennes pour chiens et chats, une bonne idée? » n.d.).

#### **d) Conclusion partielle**

Ces dernières années, de nombreuses modes alimentaires se sont développées chez l'Homme et ont impacté la nutrition des animaux de compagnie. Cependant, peu de preuves scientifiques permettent la justification nutritionnelle des nouvelles gammes lancées par les fabricants et semblent plutôt destinées à répondre aux attentes des consommateurs à des fins mercantiles. En effet, par la présence d'amidon et de légumineuses, les croquettes sans céréales ne sont pas plus « naturelles » pour les chiens et chats que les aliments classiques et ne garantissent pas une croquette de qualité. Les gammes « bio », quant à elles, ne sont pas gages d'une sécurité sanitaire supérieure comme semblent l'espérer les consommateurs, tant en termes de mycotoxines que de pesticides ou métaux lourds. Enfin, il a été démontré au cours de ce travail que les sources végétales ont leur place dans la formulation des aliments commerciaux. Cependant, ceci ne justifie pas l'emploi d'aliments végétariens ou végane. Ceux-ci sont la plupart du temps carencés à de multiples niveaux, ce qui peut aboutir au développement de pathologies, notamment chez le chat. Les propriétaires, ignorant les différences de besoins nutritionnels entre l'Homme et les animaux, projettent fréquemment leurs convictions alimentaires sur leur chien ou chat. Le dialogue avec le vétérinaire doit permettre d'informer les propriétaires sur les éventuels dangers que représentent certaines tendances alimentaires.



## CONCLUSION GENERALE

Au cours de ce travail, il a été montré que tous les livres de vulgarisation ne sont pas équivalents. Tandis que certains auteurs s'attachent à respecter un point de vue objectif, décrivant avantages et inconvénients de l'alimentation en étudiant des articles scientifiques ou en récoltant des témoignages vétérinaires, d'autres se basent sur leur expérience personnelle et sur certains propos dont la rigueur scientifique n'a pas été démontrée. Ainsi, de fausses idées sont largement véhiculées auprès du grand public, qui accueille ces informations comme des vérités absolues sous prétexte qu'elles sont publiées dans des ouvrages, par des auteurs, vétérinaires ou non, qui se proclament spécialistes en la matière.

Selon les vétérinaires nutritionnistes, une ration ménagère correctement équilibrée reste le « gold standard » de l'alimentation pour les animaux de compagnie. Cependant, les aliments commerciaux ont l'avantage d'être pratiques et prêts à l'emploi, tout en garantissant un apport équilibré en nutriments, à condition de choisir un aliment de qualité. La majorité des ouvrages allant à l'encontre de l'aliment commercial semble mettre dans le même panier toutes les gammes, de l'entrée de gamme à l'aliment premium. Or, il semble difficile de parler de l'alimentation commerciale pour animaux de compagnie au singulier, tant les gammes diffèrent en termes de composition et d'équilibre nutritionnel.

Des arguments sur le mode de fabrication et la composition des aliments commerciaux sont avancés en leur défaveur. Toutefois, les informations transmises manquent fréquemment de rigueur scientifique. Certains points faibles des aliments commerciaux sont indéniables, par exemple le déficit hydrique des aliments secs pouvant jouer un rôle dans les urolithiases du chat, ou encore la destruction de certains nutriments lors du processus de fabrication. Cependant, ces défauts sont compensés par des avantages tels que la sécurité de produits dont la composition est encadrée à diverses échelles, tant au niveau des apports nutritionnels que des contaminations par des substances indésirables. Les aliments commerciaux premium, produits par des grands groupes, se soumettent aux recommandations en vigueur et sont régulièrement contrôlés. Ces gammes proposent ainsi des produits sûrs, répondant aux besoins nutritionnels des animaux de compagnie tout en assurant une digestibilité correcte de l'aliment et un respect des réglementations européennes. Cette affirmation est moins applicable aux petites marques émergentes, surfant sur la vague des tendances alimentaires humaines transposées aux animaux de compagnie. Une certaine réserve est également émise à propos des aliments bas de gamme, notamment trouvés en grande surface.

Il appartient au vétérinaire de retrouver son rôle d'expert et de conseiller en nutrition animale auprès des propriétaires, leur donnant ainsi les clés pour objectiver la qualité de l'aliment qu'ils achètent. Il ne s'agit pas de se positionner en revendeur de croquettes, image qui fait parfois perdre la crédibilité du vétérinaire auprès des propriétaires, mais de recentrer le conseil nutritionnel au sein des consultations, notamment de médecine préventive. Le vétérinaire doit savoir accorder le temps nécessaire à l'écoute et à la prise en compte des attentes du propriétaire. Ainsi, des conseils personnalisés peuvent être prodigués et l'alimentation adaptée dès le plus jeune âge. A l'inverse de ce qu'avancent certains ouvrages de vulgarisation, une alimentation commerciale de haute gamme permettra ainsi de réduire le risque de développement de multiples pathologies.

Dans ce travail, un échantillon non exhaustif de livres de vulgarisation sur les aliments destinés aux animaux de compagnie a été étudié. La lecture de l'ensemble des ouvrages de vulgarisation paraît une tâche peu réalisable. Il faut donc garder à l'esprit que les arguments avancés dans les ouvrages étudiés, bien que souvent très répandus chez les propriétaires d'animaux domestiques, ne sont pas représentatifs de l'ensemble des ouvrages dans ce domaine.

Enfin, les ouvrages de vulgarisation dans le domaine de l'alimentation des animaux de compagnie abordent fréquemment la notion d'alimentation BARF (biologically appropriate raw food). Conceptualisé en 1993 par le vétérinaire australien Ian Billinghurst, ce régime repose sur l'administration de produits en grande majorité carnés crus, visant à se rapprocher au mieux de l'alimentation d'un carnivore sauvage. Il existe également des régimes dits « Raw Feeding » qui excluent totalement la présence de légumes, ou encore des régimes « Whole Prey Feeding » qui consistent à ne donner que des proies entières. Des études ont été effectuées sur ce type de rations proposées sur internet, et a mis en évidence de nombreux déséquilibres nutritionnels de sévérité variable. Ces travaux permettent ainsi au vétérinaire de fournir des explications et des conseils complets sur les principaux types de ration destinés aux animaux de compagnie. Le propriétaire peut alors choisir la manière de nourrir son animal en toute connaissance de cause.

# ANNEXE

## ➤ Classement des substances cancérigènes par le CIRC

(Centre International de Recherche sur le Cancer (acronyme anglais IARC))

Classement établi par le Centre International de Recherche sur le Cancer (Préambule des monographies CIRC – 19 janvier 1999) :

Groupe	Description
<b>Groupe 1</b>	L'agent (le mélange) est cancérigène pour l'homme. Les circonstances d'exposition donnent lieu à des expositions qui sont cancérigènes pour l'homme.
<b>Groupe 2A</b>	L'agent (le mélange) est probablement cancérigène pour l'homme. Les circonstances d'exposition donnent lieu à des expositions qui sont probablement cancérigènes pour l'homme.
<b>Groupe 2B</b>	L'agent (le mélange) est peut-être cancérigène pour l'homme. Les circonstances d'exposition donnent lieu à des expositions qui sont peut-être cancérigènes pour l'homme.
<b>Groupe 3</b>	L'agent (le mélange, les circonstances d'exposition) ne peut être classé quant à sa cancérigénicité pour l'homme (les études ne peuvent pas être interprétées en terme de présence ou d'absence d'effet cancérigène en raison de limites qualitatives ou quantitatives importantes, ou aucune donnée expérimentale de cancérigénicité n'est disponible).
<b>Groupe 4</b>	L'agent (le mélange) n'est probablement pas cancérigène pour l'homme.



# BIBLIOGRAPHIE

Agence française de sécurité sanitaire des aliments, 2009. Évaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaine et animale: rapport final / AFSSA, Agence française de sécurité sanitaire des aliments. Maisons-Alfort.

Algya, K.M., Cross, T.-W.L., Leuck, K.N., Kastner, M.E., Baba, T., Lye, L., de Godoy, M.R.C., Swanson, K.S., 2018. Apparent total-tract macronutrient digestibility, serum chemistry, urinalysis, and fecal characteristics, metabolites and microbiota of adult dogs fed extruded, mildly cooked, and raw diets<sup>1</sup>. *J. Anim. Sci.* 96, 3670–3683. <https://doi.org/10.1093/jas/sky235>

Anderson, R.S., 1982. Water balance in the dog and cat. *J. Small Anim. Pract.* 23, 588–598. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1982.tb02519.x>

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), Les références nutritionnelles en vitamines et minéraux [WWW Document], 2016. (accessed 6.13.22).

Arendt, M., Fall, T., Lindblad-Toh, K., Axelsson, E., 2014. Amylase activity is associated with AMY2B copy numbers in dog: implications for dog domestication, diet and diabetes. *Anim. Genet.* 45, 716–722. <https://doi.org/10.1111/age.12179>

Armstrong, P.J., Williams, D.A., 2012. Pancreatitis in Cats. *Top. Companion Anim. Med., Exocrine Pancreatic Insufficiency and Pancreatitis* 27, 140–147. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2012.09.001>

Axelsson, E., Ratnakumar, A., Arendt, M.-L., Maqbool, K., Webster, M., Perloski, M., Liberg, O., Arnemo, J., Hedhammar, A., Lindblad-Toh, K., 2013. The genomic signature of dog domestication reveals adaptation to a starch-rich diet. *Nature* 495. <https://doi.org/10.1038/nature11837>

Bischoff, K., Rumberiha, W.K., 2012. Pet Food Recalls and Pet Food Contaminants in Small Animals. *Vet. Clin. Small Anim. Pract.* 42, 237–250. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2011.12.007>

Blaxter, A.C., Cripps, P.J., Gruffydd-Jones, T.J., 1990. Dietary fibre and post prandial hyperglycaemia in normal and diabetic dogs. *J. Small Anim. Pract.* 31, 229–233. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1990.tb00790.x>

Boermans, H.J., Leung, M.C.K., 2007. Mycotoxins and the pet food industry: Toxicological evidence and risk assessment. *Int. J. Food Microbiol., Mycotoxins from the Field to the Table* 119, 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.063>

Bordoloi, R., Ganguly, S., 2014. Extrusion technique in food processing and a review on its various technological parameters 4.

Böswald, L.F., Kienzle, E., Dobenecker, B., 2018. Observation about phosphorus and protein supply in cats and dogs prior to the diagnosis of chronic kidney disease. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 102 Suppl 1, 31–36. <https://doi.org/10.1111/jpn.12886>

Buckley, C.M.F., Hawthorne, A., Colyer, A., Stevenson, A.E., 2011. Effect of dietary water intake on urinary output, specific gravity and relative supersaturation for calcium oxalate and struvite in the cat. *Br. J. Nutr.* 106, S128–S130. <https://doi.org/10.1017/S0007114511001875>

- Bulut, S., Waites, W.M., Mitchell, J.R., 1999. Effects of Combined Shear and Thermal Forces on Destruction of *Microbacterium lacticum*. *Appl. Environ. Microbiol.* 65, 4464–4469. <https://doi.org/10.1128/AEM.65.10.4464-4469.1999>
- Carciofi, A.C., Bazolli, R.S., Zanni, A., Kihara, L.R.L., Prada, F., 2005. Influence of water content and the digestibility of pet foods on the water balance of cats. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*
- Carciofi, A.C., de-Oliveira, L.D., Valério, A.G., Borges, L.L., de Carvalho, F.M., Brunetto, M.A., Vasconcellos, R.S., 2009. Comparison of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 151, 251–260. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.01.002>
- Case, L.P., Daristotle, L., Hayek, M.G., Raasch, M.F., 2011. Chapter 30 - Dietary Management of Urolithiasis in Cats and Dogs, in: Case, L.P., Daristotle, L., Hayek, M.G., Raasch, M.F. (Eds.), *Canine and Feline Nutrition (Third Edition)*. Mosby, Saint Louis, pp. 359–380. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-06619-8.10030-1>
- Casey, A.E., 1940. The Diurnal Levels of Blood Leukocytes in the Normal Rabbit. *Exp. Biol. Med.* 45, 863–866. <https://doi.org/10.3181/00379727-45-11863>
- Castaldo, L., Graziani, G., Gaspari, A., Izzo, L., Tolosa, J., Rodríguez-Carrasco, Y., Ritieni, A., 2019. Target Analysis and Retrospective Screening of Multiple Mycotoxins in Pet Food Using UHPLC-Q-Orbitrap HRMS. *Toxins* 11, 434. <https://doi.org/10.3390/toxins11080434>
- Choton, S., Gupta, N., Bandral, J.D., Anjum, N., Choudary, A., n.d. Extrusion technology and its application in food processing: A review. *The Pharma Innovation Journal* 2020; 9(2): 162-168, DOI: 10.22271/tpi.2020.v9.i2d.4367
- Clapper, G.M., Grieshop, C.M., Merchen, N.R., Russett, J.C., Brent, J.L., Jr., Fahey, G.C., Jr., 2001. Ileal and total tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs as affected by soybean protein inclusion in dry, extruded diets. *J. Anim. Sci.* 79, 1523–1532. <https://doi.org/10.2527/2001.7961523x>
- Daumas, C., Paragon, B.-M., Thorin, C., Martin, L., Dumon, H., Ninet, S., Nguyen, P., 2014. Evaluation of eight commercial dog diets. *J. Nutr. Sci.* 3, e63. <https://doi.org/10.1017/jns.2014.65>
- Dávalos, A., Miguel, M., Bartolomé, B., López-Fandiño, R., 2004. Antioxidant Activity of Peptides Derived from Egg White Proteins by Enzymatic Hydrolysis. *J. Food Prot.* 67, 1939–1944. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.9.1939>
- de Godoy, M.R.C., Kerr, K.R., Fahey, G.C., 2013. Alternative dietary fiber sources in companion animal nutrition. *Nutrients* 5, 3099–3117. <https://doi.org/10.3390/nu5083099>
- de-Oliveira, L.D., Carciofi, A.C., Oliveira, M.C.C., Vasconcellos, R.S., Bazolli, R.S., Pereira, G.T., Prada, F., 2008. Effects of six carbohydrate sources on diet digestibility and postprandial glucose and insulin responses in cats. *J. Anim. Sci.* 86, 2237–2246. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0354>
- Debnath, B.C., Patil, M.B., 2010. Evaluation of vegetarian and non-vegetarian dry pet food on body measurements of growing dogs. *Indian Vet. J.* 87, 1274–1275.
- Diagne, M., Valérie, D.S.M., Couenne, F., Maschke, B., Jallut, C., 2011. Modélisation d'un procédé d'extrusion par deux systèmes d'équations d'évolution couplés par une interface mobile.

Digestive leukocytosis, 1932. J. Am. Med. Assoc. 98, 1811–1812. <https://doi.org/10.1001/jama.1932.02730470033016>

Dillitzer, N., Becker, N., Kienzle, E., 2011. Intake of minerals, trace elements and vitamins in bone and raw food rations in adult dogs. *Br. J. Nutr.* 106, S53–S56. <https://doi.org/10.1017/S0007114511002765>

Divella, R., De Luca, R., Abbate, I., Naglieri, E., Daniele, A., 2016. Obesity and cancer: the role of adipose tissue and adipo-cytokines-induced chronic inflammation. *J. Cancer* 7, 2346–2359. <https://doi.org/10.7150/jca.16884>

Dodd, S.A.S., Cave, N.J., Adolphe, J.L., Shoveller, A.K., Verbrugghe, A., 2019. Plant-based (vegan) diets for pets: A survey of pet owner attitudes and feeding practices. *PLOS ONE* 14, e0210806. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210806>

Donadelli, R.A., Aldrich, C.G., Jones, C.K., Beyer, R.S., 2019. The amino acid composition and protein quality of various egg, poultry meal by-products, and vegetable proteins used in the production of dog and cat diets. *Poult. Sci.* 98, 1371–1378. <https://doi.org/10.3382/ps/pey462>

Donadelli, R.A., Pezzali, J.G., Oba, P.M., Swanson, K.S., Coon, C., Varney, J., Pendlebury, C., Shoveller, A.K., 2020. A commercial grain-free diet does not decrease plasma amino acids and taurine status but increases bile acid excretion when fed to Labrador Retrievers. *Transl. Anim. Sci.* 4. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa141>

Dust, J.M., Gajda, A.M., Flickinger, E.A., Burkhalter, T.M., Merchen, N.R., Fahey, G.C., 2004. Extrusion conditions affect chemical composition and in vitro digestion of select food ingredients. *J. Agric. Food Chem.* 52, 2989–2996. <https://doi.org/10.1021/jf049883u>

Epstein, F.H., Brenner, B.M., Meyer, T.W., Hostetter, T.H., 1982. Dietary Protein Intake and the Progressive Nature of Kidney Disease:: The Role of Hemodynamically Mediated Glomerular Injury in the Pathogenesis of Progressive Glomerular Sclerosis in Aging, Renal Ablation, and Intrinsic Renal Disease. *N. Engl. J. Med.* 307, 652–659. <https://doi.org/10.1056/NEJM198209093071104>

Erkekoglu, P., Baydar, T., 2014. Acrylamide neurotoxicity. *Nutr. Neurosci.* 17, 49–57. <https://doi.org/10.1179/1476830513Y.0000000065>

European Commission. Directorate General for Health and Food Safety., 2021. European Union register of feed additives pursuant to Regulation (EC) No 1831/2003. Annex I, List of additives (Released date 08.06.2021) . Publications Office, LU.

European Food Safety Authority., 2017. EFSA explains risk assessment: nitrites and nitrates added to food. Publications Office, LU.

European Food Safety Authority (EFSA), 2009. Nitrite as undesirable substances in animal feed - Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA J.* 7. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1017>

Fantinati, M., Dufayet, R., Rouch-Buck, P., Priymenko, N., 2021. Relationship between a plant-based 'vegan' pet food and clinical manifestation of multiple nutrient deficiencies in two cats. *J Anim Physiol Anim Nutr.* <https://doi.org/10.1111/jpn.13510>

Fantuzzi, G., 2005. Adipose tissue, adipokines, and inflammation. *J. Allergy Clin. Immunol.* 115, 911–919. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2005.02.023>

FEDIAF, 2020, Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs, disponible sur <https://www.fediaf.org/self-regulation/nutrition.html> (consulté le 27 juillet 2021)

Fellows, P.J., 2017. 17 - Extrusion cooking, in: Fellows, P.J. (Ed.), *Food Processing Technology* (Fourth Edition), Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Woodhead Publishing, pp. 753–780. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100522-4.00017-1>

Fiacco, D.C., Lowe, J.A., Wiseman, J., White, G.A., 2018. Evaluation of vegetable protein in canine diets: Assessment of performance and apparent ileal amino acid digestibility using a broiler model. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 102, e442–e448. <https://doi.org/10.1111/jpn.12764>

Finch, N.C., Syme, H.M., Elliott, J., 2016. Risk Factors for Development of Chronic Kidney Disease in Cats. *J. Vet. Intern. Med.* 30, 602–610. <https://doi.org/10.1111/jvim.13917>

Finco, D.R., Brown, S.A., Brown, C.A., Crowell, W.A., Sunvold, G., Cooper, T.L., 1998. Protein and calorie effects on progression of induced chronic renal failure in cats. *Am. J. Vet. Res.* 59, 575–582.

Fink-Grenmels, J., 1999. Mycotoxins: Their implications for human and animal health. *Vet. Q.* 21, 115–120. <https://doi.org/10.1080/01652176.1999.9695005>

Galland, L., 2010. Diet and Inflammation. *Nutr. Clin. Pract.* 25, 634–640. <https://doi.org/10.1177/0884533610385703>

Garden, O.A., Pidduck, H., Lakhani, K.H., Walker, D., Wood, J.L., Batt, R.M., 2000. Inheritance of gluten-sensitive enteropathy in Irish Setters. *Am. J. Vet. Res.* 61, 462–468. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2000.61.462>

Gibson et al., 2010. Dietary prebiotics: current status and new definition. *Food Sci. Technol. Bull. Funct. Foods* 7, 1–19. <https://doi.org/10.1616/1476-2137.15880>

Greenblatt, M., Mirvish, S., So, B.T., 1971. Nitrosamine studies: induction of lung adenomas by concurrent administration of sodium nitrite and secondary amines in Swiss mice. *J. Natl. Cancer Inst.* 46, 1029–1034.

Greene et al. , 2014. Risk factors associated with the development of chronic kidney disease in cats evaluated at primary care veterinary hospitals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 244, 320–327. <https://doi.org/10.2460/javma.244.3.320>

Grosse, Y., Baan, R., Straif, K., Secretan, B., El Ghissassi, F., Coglianò, V., 2006. Carcinogenicity of nitrate, nitrite, and cyanobacterial peptide toxins. *Lancet Oncol.* 7, 628–629. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(06\)70789-6](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(06)70789-6)

Hajek, V., Zablotzki, Y., Kölle, P., n.d. Computer-aided ration calculation (Diet Check Munich©) versus blood profile in raw fed privately owned dogs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* n/a. <https://doi.org/10.1111/jpn.13601>

Hall, E.J., Batt, R.M., 1992. Dietary modulation of gluten sensitivity in a naturally occurring enteropathy of Irish setter dogs. *Gut* 33, 198–205.

Hawthorne, A.J., Markwell, P.J., 2004. Dietary Sodium Promotes Increased Water Intake and Urine Volume in Cats. *J. Nutr.* 134, 2128S-2129S. <https://doi.org/10.1093/jn/134.8.2128S>

Hilton, J., 1990. Les glucides et l'alimentation des chiens. *Can. Vet. J.* 31, 229–230.

Hladik, c.m., 1967. Surface relative du tractus digestif de quelques primates, morphologie des villosités intestinales et correlations avec le regime alimentaire. *Mammalia* 31. <https://doi.org/10.1515/mamm.1967.31.1.120>

Hoenig, M., Dawe, D.L., 1992. A qualitative assay for beta cell antibodies. Preliminary results in dogs with diabetes mellitus. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 32, 195–203. [https://doi.org/10.1016/0165-2427\(92\)90046-s](https://doi.org/10.1016/0165-2427(92)90046-s)

Hotchkiss, S., Brooks, M., Campbell, R., Philp, K., Trius, A., 2016. THE USE OF CARRAGEENAN IN FOOD.

Jackson, M.I., Jewell, D.E., 2019. Balance of saccharolysis and proteolysis underpins improvements in stool quality induced by adding a fiber bundle containing bound polyphenols to either hydrolyzed meat or grain-rich foods. *Gut Microbes* 10, 298–320. <https://doi.org/10.1080/19490976.2018.1526580>

Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B.B., Beeregowda, K.N., 2014. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdiscip. Toxicol.* 7, 60–72. <https://doi.org/10.2478/intox-2014-0009>

Jenkins, D.J., Wolever, T.M., Taylor, R.H., Barker, H., Fielden, H., Baldwin, J.M., Bowling, A.C., Newman, H.C., Jenkins, A.L., Goff, D.V., 1981. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am. J. Clin. Nutr.* 34, 362–366. <https://doi.org/10.1093/ajcn/34.3.362>

Kanakubo, K., Fascetti, A.J., Larsen, J.A., 2015. Assessment of protein and amino acid concentrations and labeling adequacy of commercial vegetarian diets formulated for dogs and cats. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 247, 385–392. <https://doi.org/10.2460/javma.247.4.385>

Kanakupt, K., Vester Boler, B.M., Dunsford, B.R., Fahey, G.C., Jr., 2011. Effects of short-chain fructooligosaccharides and galactooligosaccharides, individually and in combination, on nutrient digestibility, fecal fermentative metabolite concentrations, and large bowel microbial ecology of healthy adults cats. *J. Anim. Sci.* 89, 1376–1384. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3201>

Kane, E., Rogers, Q.R., Morris, J.G., 1981. Feeding behavior of the cat fed laboratory and commercial diets. *Nutr. Res.* 1, 499–507. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(81\)80053-X](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(81)80053-X)

Kantorosinski, S., Morrison, W.B., n.d. *A Review of Feline Nutrition* 50, 12.

Kendall, P.T., Smith, P.M., Holme, D.W., 1982. Factors affecting digestibility and in-vivo energy content of cat foods. *J. Small Anim. Pract.* 23, 538–554. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1982.tb02515.x>

Kennedy, L.J., Davison, L.J., Barnes, A., Short, A.D., Fretwell, N., Jones, C.A., Lee, A.C., Ollier, W.E.R., Catchpole, B., 2006. Identification of susceptibility and protective major histocompatibility complex haplotypes in canine diabetes mellitus. *Tissue Antigens* 68, 467–476. <https://doi.org/10.1111/j.1399-0039.2006.00716.x>

Kerr, K.R., Vester Boler, B.M., Morris, C.L., Liu, K.J., Swanson, K.S., 2012. Apparent total tract energy and macronutrient digestibility and fecal fermentative end-product concentrations of domestic cats fed extruded, raw beef-based, and cooked beef-based diets. *J. Anim. Sci.* 90, 515–522. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3266>

Kienzle, E., 1993a. Carbohydrate metabolism of the cat 1. Activity of amylase in the gastrointestinal tract of the cat. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 69, 92–101. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1993.tb00793.x>

Kienzle, E., 1993b. Carbohydrate metabolism of the cat 2. Digestion of starch. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 69, 102–114. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1993.tb00794.x>

Kilburn, L.R., Rossoni Serao, M.C., 2019. 164 Digestibility, fecal characteristics, and blood parameters of adult dogs fed high fat diets. *J. Anim. Sci.* 97, 94–95. <https://doi.org/10.1093/jas/skz122.170>

Kim, H.-T., Loftus, J.P., Mann, S., Wakshlag, J.J., 2018. Evaluation of Arsenic, Cadmium, Lead and Mercury Contamination in Over-the-Counter Available Dry Dog Foods With Different Animal Ingredients (Red Meat, Poultry, and Fish). *Front. Vet. Sci.* 0. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00264>

Laflamme, D., Izquierdo, O., Eirmann, L., Binder, S., 2014. Myths and misperceptions about ingredients used in commercial pet foods. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 44, 689–698, v. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2014.03.002>

Lairon, D., 2010. Nutritional quality and safety of organic food. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30, 33–41. <https://doi.org/10.1051/agro/2009019>

Lefebvre, S., n.d. *Nutrition vétérinaire du chien et du chat*, seconde édition 282.

Lekcharoensuk, C., Osborne, C.A., Lulich, J.P., Pusoonthornthum, R., Kirk, C.A., Ulrich, L.K., Koehler, L.A., Carpenter, K.A., Swanson, L.L., 2001. Association between dietary factors and calcium oxalate and magnesium ammonium phosphate urolithiasis in cats. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 219, 1228–1237. <https://doi.org/10.2460/javma.2001.219.1228>

Les croquettes végétaliennes pour chiens et chats, une bonne idée ? [WWW Document],. . BFMTV. URL [https://www.bfmtv.com/animaux/les-croquettes-vegetaliennes-pour-chiens-et-chats-une-bonne-idee\\_AN-202002070051.html](https://www.bfmtv.com/animaux/les-croquettes-vegetaliennes-pour-chiens-et-chats-une-bonne-idee_AN-202002070051.html) (accessed 8.24.21).

Les Français et leurs animaux de compagnie [WWW Document]. . Ipsos. URL <https://www.ipsos.com/fr-fr/les-francais-et-leurs-animaux-de-compagnie> (accessed 4.9.22).

Lew-Kojrys, S., Mikulska-Skupien, E., Snarska, A., Krystkiewicz, W., Pomianowski, A., 2017. Evaluation of clinical signs and causes of lower urinary tract disease in Polish cats. *Veterinárni Medicína* 62, 386–393. <https://doi.org/10.17221/170/2016-VETMED>

Lijinsky, W., 1984. Induction of tumours in rats by feeding nitrosatable amines together with sodium nitrite. *Food Chem. Toxicol. Int. J. Publ. Br. Ind. Biol. Res. Assoc.* 22, 715–720. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(84\)90198-4](https://doi.org/10.1016/0278-6915(84)90198-4)

Lin, S., Hsieh, F., Huff, H.E., 1998. Effects of lipids and processing conditions on lipid oxidation of extruded dry pet food during storage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 71, 283–294. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00157-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00157-0)

Loeb, J., 2020. The trouble with vegan cats and dogs. *Vet. Rec.* 186, 197–197. <https://doi.org/10.1136/vr.m663>

Loeffler, A., Lloyd, D.H., Bond, R., Kim, J.Y., Pfeiffer, D.U., 2004. Dietary trials with a commercial chicken hydrolysate diet in 63 pruritic dogs. *Vet. Rec.* 154, 519–522. <https://doi.org/10.1136/vr.154.17.519>

Lopez, L., 2019. Evaluation of Ancient Grains and Grain Free Dog Food on Nutrient Utilization and Stool Consistency in Dogs. *Kans. State Univ. Undergrad. Res. Conf.*

Lowrie, M., Hadjivassiliou, M., Sanders, D.S., Garden, O.A., 2016. A presumptive case of gluten sensitivity in a border terrier: a multisystem disorder? *Vet. Rec.* 179, 573. <https://doi.org/10.1136/vr.103910>

Lulich, J.P., Berent, A.C., Adams, L.G., Westropp, J.L., Bartges, J.W., Osborne, C.A., 2016. ACVIM Small Animal Consensus Recommendations on the Treatment and Prevention of Uroliths in Dogs and Cats. *J. Vet. Intern. Med.* 30, 1564–1574. <https://doi.org/10.1111/jvim.14559>

Madhusudhan, B., Tharanathan, R.N., 1995. Legume and Cereal Starches — Why Differences in Digestibility? Part 1: Isolation and Composition of Legume (Greengram and Bengalgram) Starches. *Starch - Stärke* 47, 165–171. <https://doi.org/10.1002/star.19950470502>

Magkos, F., Arvaniti, F., Zampelas, A., 2006. Organic Food: Buying More Safety or Just Peace of Mind? A Critical Review of the Literature. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 46, 23–56. <https://doi.org/10.1080/10408690490911846>

Masuda, K., Sato, A., Tanaka, A., Kumagai, A., 2020. Hydrolyzed diets may stimulate food-reactive lymphocytes in dogs. *J. Vet. Med. Sci.* 82, 177–183. <https://doi.org/10.1292/jvms.19-0222>

McKim, J.M., Willoughby, J.A., Blakemore, W.R., Weiner, M.L., 2019. Clarifying the confusion between poligeenan, degraded carrageenan, and carrageenan: A review of the chemistry, nomenclature, and *in vivo* toxicology by the oral route. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 59, 3054–3073. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1481822>

Meade, S.J., Reid, E.A., Gerrard, J.A., 2005. The Impact of Processing on the Nutritional Quality of Food Proteins. *J. AOAC Int.* 88, 904–922. <https://doi.org/10.1093/jaoac/88.3.904>

Medicine, C. for V., 2021a. Vet-LIRN Update on Investigation into Dilated Cardiomyopathy. FDA.

Medicine, C. for V., 2021b. FDA Investigation into Potential Link between Certain Diets and Canine Dilated Cardiomyopathy. FDA.

Mendonça, F.S., Pedreira, R.S., Loureiro, B.A., Putarov, T.C., Monti, M., Carciofi, A.C., 2018. Hydroxyproline and starch consumption and urinary supersaturation with calcium oxalate in cats. *Anim. Feed Sci. Technol.* 246, 72–81. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.10.001>

Miguel, M., Recio, I., Gómez-Ruiz, J.A., Ramos, M., López-Fandiño, R., 2004. Angiotensin I–Converting Enzyme Inhibitory Activity of Peptides Derived from Egg White Proteins by Enzymatic Hydrolysis. *J. Food Prot.* 67, 1914–1920. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.9.1914>

Mine, Y., Ma, F., Lauriau, S., 2004. Antimicrobial Peptides Released by Enzymatic Hydrolysis of Hen Egg White Lysozyme. *J. Agric. Food Chem.* 52, 1088–1094. <https://doi.org/10.1021/jf0345752>

Mottram, D., Wedzicha, B., Dodson, A., 2002. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* 419, 448–449. <https://doi.org/10.1038/419448a>

Murray, S.M., Patil, A.R., Fahey, G.C., Merchen, N.R., Wolf, B.W., Lai, C.S., Garleb, K.A., 1998. Apparent digestibility of a debranched amylopectin-lipid complex and resistant starch incorporated into enteral formulas fed to ileal-cannulated dogs<sup>1</sup>. *J. Nutr.* 128, 2032–2035. <https://doi.org/10.1093/jn/128.11.2032>

Newberne, P.M., Russo, R., Wogan, G.N., 1966. Acute Toxicity of Aflatoxin B1 in the Dog. *Pathol. Vet.* 3, 331–340. <https://doi.org/10.1177/030098586600300403>

Nguyen, P., Reynolds, B., Zentek, J., Paßlack, N., Leray, V., 2017. Sodium in feline nutrition. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 101, 403–420. <https://doi.org/10.1111/jpn.12548>

Noda, T., Nishiba, Y., Sato, T., Suda, I., 2003. Properties of Starches from Several Low-Amylose Rice Cultivars. *Cereal Chem.* 80, 193–197. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2003.80.2.193>

Öhlund, M., Egenvall, A., Fall, T., Hansson-Hamlin, H., Röcklinsberg, H., Holst, B.S., 2017. Environmental Risk Factors for Diabetes Mellitus in Cats. *J. Vet. Intern. Med.* 31, 29–35. <https://doi.org/10.1111/jvim.14618>

Olivry, T., Bexley, J., Mougeot, I., 2017. Extensive protein hydrolyzation is indispensable to prevent IgE-mediated poultry allergen recognition in dogs and cats. *BMC Vet. Res.* 13. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1183-4>

Pahwa, R., Goyal, A., Bansal, P., Jialal, I., 2021. Chronic Inflammation, in: *StatPearls*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).

Pajic, P., Pavlidis, P., Dean, K., Neznanova, L., Romano, R.-A., Garneau, D., Daugherty, E., Globig, A., Ruhl, S., Gokcumen, O., 2019. Independent amylase gene copy number bursts correlate with dietary preferences in mammals. *eLife* 8, e44628. <https://doi.org/10.7554/eLife.44628>

Perkins, E.G., 1995. Composition of Soybeans and Soybean Products, in: *Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization*. Elsevier, pp. 9–28. <https://doi.org/10.1016/B978-0-935315-63-9.50006-1>

Polzin, D.J., Churchill, J.A., 2016. Controversies in Veterinary Nephrology: Renal Diets Are Indicated for Cats with International Renal Interest Society Chronic Kidney Disease Stages 2 to 4: The Pro View. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 46, 1049–1065. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2016.06.005>

Raj Krishnamurthy, V.M., Wei, G., Baird, B.C., Murtaugh, M., Chonchol, M.B., Raphael, K.L., Greene, T., Beddhu, S., 2012. High dietary fiber intake is associated with decreased inflammation and all-cause mortality in patients with chronic kidney disease. *Kidney Int.* 81, 300–306. <https://doi.org/10.1038/ki.2011.355>

Ramakrishnan, B., Maddela, N.R., Venkateswarlu, K., Megharaj, M., 2021. Organic farming: Does it contribute to contaminant-free produce and ensure food safety? *Sci. Total Environ.* 769, 145079. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145079>

Rand, J.S., Fleeman, L.M., Farrow, H.A., Appleton, D.J., Lederer, R., 2004. Canine and feline diabetes mellitus: nature or nurture? *J. Nutr.* 134, 2072S–2080S. <https://doi.org/10.1093/jn/134.8.2072s>

Reiter, T., Jagoda, E., Capellini, T.D., 2016. Dietary Variation and Evolution of Gene Copy Number among Dog Breeds. *PLOS ONE* 11, e0148899. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148899>

- Riaz, M.N., Asif, M., Ali, R., 2009. Stability of Vitamins during Extrusion. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 49, 361–368. <https://doi.org/10.1080/10408390802067290>
- Robertson, J.L., Goldschmidt, M., Kronfeld, D.S., Tomaszewski, J.E., Hill, G.S., Bovee, K.C., 1986. Long-term renal responses to high dietary protein in dogs with 75% nephrectomy. *Kidney Int.* 29, 511–519. <https://doi.org/10.1038/ki.1986.29>
- Romsos, D.R., Belo, P.S., Bennink, M.R., Bergen, W.G., Leveille, G.A., 1976. Effects of Dietary Carbohydrate, Fat and Protein on Growth, Body Composition and Blood Metabolite Levels in the Dog. *J. Nutr.* 106, 1452–1464. <https://doi.org/10.1093/jn/106.10.1452>
- Rudinsky, A.J., Rowe, J.C., Parker, V.J., 2018. Nutritional management of chronic enteropathies in dogs and cats. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 253, 570–578. <https://doi.org/10.2460/javma.253.5.570>
- Rustia, M., Shubik, P., Patil, K., 1980. Lifespan carcinogenicity tests with native carrageenan in rats and hamsters. *Cancer Lett.* 11, 1–10. [https://doi.org/10.1016/0304-3835\(80\)90122-6](https://doi.org/10.1016/0304-3835(80)90122-6)
- Sajilata, M.G., Singhal, R.S., Kulkarni, P.R., 2006. Resistant Starch? A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 5, 1–17. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2006.tb00076.x>
- Scalabrin, D., Harris, C., Johnston, W., Berseth, C., 2017. Long-term safety assessment in children who received hydrolyzed protein formulas with *Lactobacillus rhamnosus* GG: a 5-year follow-up. *Eur. J. Pediatr.* 176, 217–224. <https://doi.org/10.1007/s00431-016-2825-4>
- Scherk, M.A., Laflamme, D.P., 2016. Controversies in Veterinary Nephrology: Renal Diets Are Indicated for Cats with International Renal Interest Society Chronic Kidney Disease Stages 2 to 4: The Con View. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 46, 1067–1094. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2016.06.007>
- Sears, B., Ricordi, C., 2012. Role of fatty acids and polyphenols in inflammatory gene transcription and their impact on obesity, metabolic syndrome and diabetes. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 16, 1137–1154.
- Sen, N.P., Smith, D.C., Schwinghamer, L., 1969. Formation of N-nitrosamines from secondary amines and nitrite in human and animal gastric juice. *Food Cosmet. Toxicol.* 7, 301–307. [https://doi.org/10.1016/S0015-6264\(69\)80366-4](https://doi.org/10.1016/S0015-6264(69)80366-4)
- Simpson, J.W., 1998. Diet and Large Intestinal Disease in Dogs and Cats. *J. Nutr.* 128, 2717S-2722S. <https://doi.org/10.1093/jn/128.12.2717S>
- Sindelar, J.J., Milkowski, A.L., 2012. Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. *Nitric Oxide* 26, 259–266. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2012.03.011>

Singh, S., Gamlath, S., Wakeling, L., 2007. Nutritional aspects of food extrusion: a review. *Int. J. Food Sci. Technol.* 42, 916–929. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x>

Skoch, E.R., Chandler, E.A., Douglas, G.M., Richardson, D.P., 1991. Influence of diet on urine pH and the Feline urological syndrome. *J. Small Anim. Pract.* 32, 413–419. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1991.tb00968.x>

Skoglund, P., Ersmark, E., Palkopoulou, E., Dalén, L., 2015. Ancient wolf genome reveals an early divergence of domestic dog ancestors and admixture into high-latitude breeds. *Curr. Biol.* CB 25, 1515–1519. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.04.019>

Slingerland, L.I., Fazilova, V.V., Plantinga, E.A., Kooistra, H.S., Beynen, A.C., 2009. Indoor confinement and physical inactivity rather than the proportion of dry food are risk factors in the development of feline type 2 diabetes mellitus. *Vet. J. Lond. Engl.* 1997 179, 247–253. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.08.035>

Smith, M.A., 2021. What Is the Natural Diet of a Dog in the Wild? [WWW Document]. PetHelpful. URL <https://pethelpful.com/dogs/Natural-Ancestral-Biologically-Appropriate-Diet-Dog-Wild> (accessed 5.2.21).

Smith-Spangler, C., Brandeau, M.L., Hunter, G.E., Bavinger, J.C., Pearson, M., Eschbach, P.J., Sundaram, V., Liu, H., Schirmer, P., Stave, C., Olkin, I., Bravata, D.M., 2012. Are Organic Foods Safer or Healthier Than Conventional Alternatives? *Ann. Intern. Med.* 157, 348–366. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-157-5-201209040-00007>

Squadrone, 2017. Presence of arsenic in pet food: a real hazard? *Vet. Ital.* 53, 303–307. <https://doi.org/10.12834/VetIt.530.2538.2>

Stevenson, A.E., Hynds, W.K., Markwell, P.J., 2003. Effect of dietary moisture and sodium content on urine composition and calcium oxalate relative supersaturation in healthy miniature schnauzers and labrador retrievers. *Res. Vet. Sci.* 74, 145–151. [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(02\)00184-4](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(02)00184-4)

Streit, E., Naehrer, K., Rodrigues, I., Schatzmayr, G., 2013. Mycotoxin occurrence in feed and feed raw materials worldwide: long-term analysis with special focus on Europe and Asia. *J. Sci. Food Agric.* 93, 2892–2899. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6225>

Stroucken, W.P.J., Poel, A.F.B. van der, Kappert, H.J., Beynen, A.C., 1996. Extruding vs Pelleting of a Feed Mixture Lowers Apparent Nitrogen Digestibility in Dogs. *J. Sci. Food Agric.* 71, 520–522. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199608\)71:4<520::AID-JSFA612>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199608)71:4<520::AID-JSFA612>3.0.CO;2-X)

Sugita, K., Yamamoto, J., Kaneshima, K., Kitaoka-Saito, C., Sekimoto, M., Endo, O., Takagi, Y., Kato-Yoshinaga, Y., 2021. Acrylamide in dog food. *Fundam. Toxicol. Sci.* 8, 49–52. <https://doi.org/10.2131/fts.8.49>

Svihus, B., Uhlen, A.K., Harstad, O.M., 2005. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 122, 303–320. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.02.025>

Tannenbaum, S.R., Wishnok, J.S., Leaf, C.D., 1991. Inhibition of nitrosamine formation by ascorbic acid. *Am. J. Clin. Nutr.* 53, 247S-250S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/53.1.247S>

Tran, Q.D., Hendriks, W.H., van der Poel, A.F., 2008. Effects of extrusion processing on nutrients in dry pet food. *J. Sci. Food Agric.* 88, 1487–1493. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3247>

Treich, C., 2020. Positionnement de la structure vétérinaire libérale vis-à-vis de la vente d'aliments pour animaux de compagnie - Thèse de doctorat vétérinaire

Tucker, G.A., Woods, L.F.J., 1995. *Enzymes in Food Processing*. Springer Science & Business Media.

Universalis. CARNIVORES [WWW Document]. *Encycl. Universalis*. URL <https://www.universalis.fr/encyclopedie/carnivores/> (accessed 7.22.21).

Vaziri, N.D., Liu, S.-M., Lau, W.L., Khazaeli, M., Nazertehrani, S., Farzaneh, S.H., Kieffer, D.A., Adams, S.H., Martin, R.J., 2014. High Amylose Resistant Starch Diet Ameliorates Oxidative Stress, Inflammation, and Progression of Chronic Kidney Disease. *PLOS ONE* 9, e114881. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114881>

Veselá, H., Šucman, E., 2013. Determination of acrylamide in dry feedstuff for dogs and cats. *Acta Vet. Brno* 82, 203–208. <https://doi.org/10.2754/avb201382020203>

Wambacq, W., Rybachuk, G., Jeusette, I., Rochus, K., Wuyts, B., Fievez, V., Nguyen, P., Hesta, M., 2016. Fermentable soluble fibres spare amino acids in healthy dogs fed a low-protein diet. *BMC Vet. Res.* 12, 130. <https://doi.org/10.1186/s12917-016-0752-2>

Wayne, R.K., Lehman, N., Allard, M.W., Honeycutt, R.L., 1992. Mitochondrial DNA Variability of the Gray Wolf: Genetic Consequences of Population Decline and Habitat Fragmentation. *Conserv. Biol.* 6, 559–569. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.06040559.x>

Weiner, M.L., 2014. Food additive carrageenan: Part II: A critical review of carrageenan *in vivo* safety studies. *Crit. Rev. Toxicol.* 44, 244–269. <https://doi.org/10.3109/10408444.2013.861798>

Weiner, M.L., Nuber, D., Blakemore, W.R., Harriman, J.F., Cohen, S.M., 2007. A 90-day dietary study on kappa carrageenan with emphasis on the gastrointestinal tract. *Food Chem. Toxicol.* 45, 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.07.033>

Wernimont, S.M., Radosevich, J., Jackson, M.I., Ephraim, E., Badri, D.V., MacLeay, J.M., Jewell, D.E., Suchodolski, J.S., 2020. The Effects of Nutrition on the Gastrointestinal Microbiome of Cats and Dogs: Impact on Health and Disease. *Front. Microbiol.* 11. 202

Wolter, R., Pereira do Socorro, E., Houdre, C., 1998. Foecal and ileal digestibility of diets rich in wheat or tapioca starch in the dog. *Recl. Med. Veterinaire Fr.*

Worth, A.J., Ainsworth, S.J., Brocklehurst, P.J., Collet, M.G., 1997. Nitrite poisoning in cats and dogs fed a commercial pet food. *N. Z. Vet. J.* 45, 193–195. <https://doi.org/10.1080/00480169.1997.36025>

Xenoulis, P.G., Suchodolski, J.S., Steiner, J.M., 2008. Chronic Pancreatitis in Dogs and Cats 14.

Zafalon, R.V.A., Risolia, L.W., Vendramini, T.H.A., Rodrigues, R.B.A., Pedrinelli, V., Teixeira, F.A., Rentas, M.F., Perini, M.P., Alvarenga, I.C., Brunetto, M.A., 2020. Nutritional inadequacies in commercial vegan foods for dogs and cats. *PLOS ONE* 15, e0227046. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227046>

Zicker, S.C., 2008. Evaluating Pet Foods: How Confident Are You When You Recommend a Commercial Pet Food? *Top. Companion Anim. Med., Controversies in Small Animal Nutrition* 23, 121–126. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2008.04.003>





# LECTURE CRITIQUE D'OUVRAGES DE VULGARISATION SUR L'ALIMENTATION COMMERCIALE NON THERAPEUTIQUE DES CHIENS ET CHATS DE COMPAGNIE

Auteur

---

HAUWILLER Emilie

Résumé

---

Environ un foyer français sur deux possède un animal de compagnie, avec en tête de file les chats puis les chiens représentés respectivement par 14,2 et 7,6 millions d'individus. Aujourd'hui considérés comme des membres à part entière du foyer familial, le bien-être des chiens et chats de compagnie est une préoccupation centrale pour les propriétaires, et en particulier l'apport d'un aliment adapté à leurs besoins. Le vétérinaire, non reconnu comme expert en nutrition animale par un certain nombre de propriétaires, peine à trouver sa place de conseiller dans le domaine de l'alimentation. Ainsi, les sites internet et ouvrages de vulgarisation deviennent des sources privilégiées d'informations pour les novices. Or, ce travail de lecture critique démontre que certains auteurs, qu'ils soient vétérinaires ou non, diffusent des informations erronées, incomplètes ou ambiguës. Les aliments commerciaux ainsi vivement critiqués, sont pourtant le fruit de procédés industriels aboutis et sont rigoureusement encadrés par des réglementations de l'Union Européenne, en étroite collaboration avec les autorités de santé publique. De plus, un certain nombre d'industriels se soumettent aux recommandations des fédérations de fabricants d'aliment ainsi qu'à des contrôles réguliers sur leurs produits finis, gage de qualité et de sécurité. Par ailleurs, alors que de multiples ouvrages de vulgarisation avancent que les chiens et chats sont physiologiquement incapables d'assimiler les aliments commerciaux, de récentes études prouvent le contraire. De même, les aliments haut de gamme sont disculpés par les travaux scientifiques dans le développement des pathologies chroniques de nos animaux de compagnie.

Il faut que le vétérinaire puisse démanteler les fausses idées diffusées auprès des propriétaires. Sans se placer en « vendeur de croquettes », il peut ainsi regagner sa légitimité d'expert en nutrition animale en partageant des informations objectives et scientifiquement vérifiées

Mots-clés

---

Aliments pour animaux familiers, Ouvrages de vulgarisation, Critique et interprétation

Jury

---

Président du jury : **Pr GUEYFFIER François**  
1er assesseur : **Dr LEFEBVRE Sébastien**  
2ème assesseur : **Dr ALVES-DE-OLIVEIRA Laurent**