ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année 2008 - Thèse n°

PRISE EN CHARGE DIETETIQUE DE CERTAINES AFFECTIONS URINAIRES DES CARNIVORES DOMESTIQUES. COMPARAISON DE DIFFERENTS ALIMENTS DISPONIBLES SUR LE MARCHE

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 30 septembre 2008
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Gusse Chloé

Née le 12 juin 1982

à Thionville

DEPARTEMENT ET CORPS ENSEIGNANT DE L'ENVL

Directeur : Stéphane MARTINOT

Mise à jour : 20/03/2008

	PR EX	PR 1	PR 2	ISPV,MC, MC(HC)	Contractuel, Associé, IPAC	Praticiens hospitaliers
DEPARTEMENT SANTE PUBLIQUE VETERINAIRE						
Microbiologie, Immunologie, Pathologie Générale	Y. RICHARD		A. KODJO	V. GUERIN-FAUBLEE (HC) D. GREZEL		
Pathologie infectieuse		M. ARTOIS	A. LACHERETZ	J. VIALARD (HC)		
Parasitologie et Maladies Parasitaires	MC. CHAUVE	G. BOURDOISEAU		MP. CALLAIT-CARDINAL L. ZENNER		
Qualité et Sécurité des Aliments			P. DEMONT C. VERNOZY	A. GONTHIER S. COLARDELLE (ISPV) D. SERGENTET (stagiaire)		
Législation et Jurisprudence			A. LACHERETZ			
Bio-informatique - Bio-statistique			ML. DELIGNETTE	P. SABATIER (HC) K. CHALVET-MONFRAY		
DEPARTEMENT ANIMAUX DE COMPAGNIE						
Anatomie			T. ROGER	S. SAWAYA	C. BOULOCHER	
Chirurgie et Anesthésiologie		JP. GENEVOIS	D. FAU E.VIGUIER D. REMY	C.CAROZZO K. PORTIER (stagiaire)	S. JUNOT	
Anatomie-pathologique/Dermatologie-Cancérologie			C. FLEURY	T. MARCHAL D. PIN	P. BELLI	
Hématologie		C. FOURNEL			D. WATRELOT-VIRIEUX	
Médecine interne		JL. CADORE	L. CHABANNE	F. PONCE M. HUGONNARD C.ESCRIOU	I. BUBLOT M. PASTOR C. POUZOT (siamu)	
Imagerie Médicale					F. RIGOUT-PAULIK	
DEPARTEMENT PRODUCTIONS ANIMALES						
Zootechnie, Ethologie et Economie Rurale		M. FRANCK		L. MOUNIER	L. COMMUN	
Nutrition et Alimentation				D. GRANCHER (HC) L. ALVES DE OLIVEIRA G. EGRON		
Biologie et Pathologie de Reproduction		F. BADINAND	M. RACHAIL-BRETIN P. GUERIN	S. BUFF	A. C. LEFRANC	
Pathologie Animaux de Production	P. BEZILLE	T. ALOGNINOUWA		R. FRIKHA M.A. ARCANGIOLI D. LE GRAND		G. LESOBRE P. DEBARNOT P. OTZ
DEPARTEMENT SCIENCES BIOLOGIQUES						
Physiologie/Thérapeutique			JM. BONNET-GARIN	J.J. THIEBAULT (HC)		
Biophysique/Biochimie		E. BENOIT F. GARNIER		T. BURONFOSSE		
Génétique et Biologie moléculaire			F. GRAIN	V. LAMBERT		
Pharmacie/Toxicologie Législation du Médicament		G. KECK	P. JAUSSAUD P. BERNY	C. PROUILLAC (stagiaire)		
Langues					T. AVISON (IPAC) G. MARTIN (IPAC)	
DEPARTEMENT HIPPIQUE						
Pathologie équine		JL. CADORE		A. BENAMOU-SMITH		
Clinique équine		O. LEPAGE		A. LEBLOND	M. GANGL	

A **Monsieur le professeur Claude GHARIB**,
De la faculté de médecine de Lyon,
Qui nous fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse,
Hommages respectueux

A **Madame le professeur Germaine Egron**,
De l'école nationale vétérinaire de Lyon,
Pour ses conseils avisés et sa disponibilité même pendant ses vacances,
Qu'elle trouve ici l'expression de notre profond respect et notre reconnaissance

A **Madame le professeur Marine Hugonnard**,
De l'école nationale vétérinaire de Lyon,
Qui nous a proposé ce sujet et nous fait l'honneur de participer à notre jury,
Sincères remerciements

*A mes **grands–parents maternels**,*
J'espère que, de là où vous êtes, vous êtes fiers
de moi, autant que je le suis de vous.

A mes parents,
Papa, Maman, même si la vie tous les cinq n'a pas toujours été facile, merci de m'avoir toujours soutenue, fait confiance, de m'avoir offert les moyens pour aller jusqu'au bout.

A mes deux sœurs,
Même si nous nous voyions moins souvent aujourd'hui, nous nous sommes rapprochées. **Aurore**, tu peux être fière du parcours que tu as accompli. Bon courage pour la réalisation de tous vos projets à Fred et toi. **Anne-Flore**, ne perds jamais la graine d'originalité qui te caractérise. N'oubliez pas de croire en vos rêves.

A mes grands parents,
Toujours là pour tous leurs petits-enfants. Merci pour votre soutien sans faille et tous les séjours passés à Annecy.

A toute ma famille,
Trop nombreux pour tous vous citer mais avec qui j'ai toujours passé d'excellents moments.

A mes amis,
Ting, parce que ces cinq années à l'école n'auraient pas été les même sans toi. A nos deux années de collocation, nos discussions de filles sans fin, nos lectures et série télé tellement futiles, tes conseils avisés et toujours justes. A tous nos bon moments et à ceux qui viendront. Ton amitié m'est très chère, on s'éloigne mais on ne se perdra jamais c'est promis !
Manue, ma voisine de prépa et de première année à l'école. Il n'y a qu'avec toi que je partage de tels fous rires, aux souvenirs des premières boums où l'on faisait vraiment n'importe quoi ! Et vive les femmes au volant ! On s'est un peu éloignée cette dernière année mais ça ne doit pas durer !
Amélie M., la courageuse au milieu des charolaises. Pour les innombrables promenades avec les chiens, pour nos nombreux footing et nos heures passées à transpirer à la gym'to, pour avoir emprunté à de nombreuses reprises vos ustensiles de cuisine ou de bricolage à **Bruno** et toi. Promis dès que je suis équipée, je vous invite ! The Ting Tings ça déchire !
Maud, pour tous les ragots que l'on partage si bien. Longue vie à Wisteria Lane !
Marion, la baroudeuse, à nos rocks endiablés. Mais si tu finiras par en trouver un !
Nanoue, ton incroyable capacité à animer les soirées, à ne pas te prendre au sérieux. A tous les kilomètres parcourus à la piscine tout en papotant. On ne vieillira jamais.
Amélie K., à tes incroyables péripéties. Enfin heureuse à Paris, tu le mérites.
David, la piplette au masculin! A ton humour inimitable, tes vieilles blagues qui ne font rire que toi.
Arno, l'homme aux mèches blondes, mon compagnon d'informatique.
Laure et Goeffrey, à vos expéditions complètement folles !! Bon courage pour ce beau voyage en Amérique du Sud.
A **Caro** et notre passion commune des chevaux. A **Laurianne** vive la spontanéité et la naïveté. A **Alex** et ses fameuses soirées bières, vive les ch'ti ! A **Clément** et notre épopée canadienne. **A Cath**, vive les nouveaux mariés !. A **Célzouille,** ma jumelle si si je vous assure !
A tous ceux que j'ai côtoyés chaque jour et qui ont fait de ces années à l'école un souvenir ineffaçable…

Tous un peu éloignés aujourd'hui mais toujours présents dans mon cœur, les vrais amis ça ne s'oublie pas.

A ma famille de l école
Greg, tu resteras toujours mon «véritable» ancien.
Marie, une super poulotte. J'attends toujours ta soirée savoyarde !
Marie-do, la maman de clinique rêvée !

Un grand merci à tout le personnel de la **clinique vétérinaire de l'Ouest** : aux ASV pour leur sympathie et leur soutien ; à mes co-internes Mathilde, Sophie et Marc pour avoir partagé cette année, dans les coups durs comme dans les fous rire ; aux Dr Haudiquet et Laborde pour leur enseignement, leur disponibilité, leur rigueur…J'ai vraiment passé une année très enrichissante professionnellement et personnellement. C'est grâce à vous si je peux aujourd'hui entrer dans la vie active !

A **Francis,**
Comment te dire tout ce que j'éprouve ?
Merci d'avoir toujours su m'écouter, me soutenir à n'importe quelle heure du jour ou de la nuit, même à l'autre bout du monde.
Ces dernières semaines passées loin de toi m'ont fait réaliser à quel point tu m'es précieux et indispensable.
On devrait tous avoir un boubouille à ses côtés.
A tous les rêves qu'il nous reste à accomplir ensemble…

Là où l'on s'aime il ne fait jamais nuit.

A Teddy,
Mon fidèle compagnon à quatre patte, celui qui nous suit partout, toujours heureux d'être avec nous !

Sommaire

Sommaire 15

Illustrations 19

Liste des abréviations 23

Introduction 25

I. Epidémiologie et pathogénie de l'insuffisance rénale chronique et des urolithiases chez les carnivores domestiques 27

A. Epidémiologie et pathogénie de l'insuffisance rénale chronique 27
1. Epidémiologie de l'insuffisance rénale chronique 27
2. Pathogénie de l'insuffisance rénale chronique 27
3. Conséquences pathogéniques et implications nutritionnelles de l'insuffisance rénale chronique 30
a) Perturbation des rôles hormonaux et métaboliques du rein 30
b) Altération de la filtration rénale 30
(1) Rétention des déchets azotés 30
(2) Perturbation du bilan minéral 31
(3) Troubles de l'efficacité vitaminique 31
B. Epidémiologie des urolithiases chez les carnivores domestiques 32
1. Etude épidémiologique des urolithiases chez le chat 32
a) Evolution des types de calculs analysés chez le chat 33
b) Les facteurs de risque des calculs urinaires chez le chat 34
(1) Risques liés à la race 34
(2) Risques liés au sexe 34
(3) Risques liés à la stérilisation 34
(4) Risques liés à l'âge 34
(5) Risques liés au surpoids 35
(6) Risques liés au mode de vie 35
(7) Autres risques 35
2. Etude épidémiologique des urolithiases chez le chien 35
a) Evolution des types de calculs analysés chez le chien 35
b) Les facteurs de risque des calculs urinaires chez le chien 35
(1) Risques liés à la race 35
(2) Risques liés au sexe 36
(3) Risques liés à la stérilisation 36
(4) Risques liés à l'âge 36
(5) Autres risques 36
C. Pathogénie des urolithiases chez le chien et le chat 37
1. Principes généraux de formation des calculs 37
2. Formation des calculs de struvite chez le chien et le chat 37
3. Spécificités de formation des calculs de struvite chez le chien 38
4. Formation des calculs d'oxalate de calcium chez le chien et le chat 39

a) Hypercalciurie ... 41
b) Hyperoxalurie ... 42
c) Inhibiteurs de la formation des calculs d'oxalate de calcium ... 42
d) Acidose métabolique ... 42
e) Hypercalcémie ... 43
f) Maladies intercurrentes ... 43
5. Récapitulatif des facteurs de risque alimentaires pouvant entraîner la formation des urolithiases ... 43

II. Principes généraux de la gestion nutritionnelle de l'IRC et des urolithiases chez les carnivores domestiques : application aux aliments disponibles sur le marché ... 45
A. Evolution des concepts diététiques dans le traitement et la prévention de l'insuffisance rénale ... 45
B. Facteurs nutritionnels clefs de l'animal insuffisant rénal chronique ... 45
1. Maintien de l'équilibre hydrique ... 46
2. Ajustement des apports énergétiques ... 46
a) Quantitativement ... 46
b) Qualitativement ... 46
(1) Les lipides ... 47
(2) Les glucides ... 49
3. Ajustement de l'apport protéique ... 49
a) Besoins quantitatifs ... 49
(1) Régime hypoprotéique ... 49
(2) Rapport protido-calorique ... 54
b) Besoins qualitatifs ... 55
4. Correction des perturbations phospho-calciques ... 55
a) L'hyperparathyroïdie secondaire rénale ... 55
b) Restriction en phosphore ... 59
5. Restriction sodée ... 60
6. Potassium ... 61
7. Correction de l'acidose métabolique ... 61
8. Apports vitaminiques ... 62
a) Vitamines liposolubles ... 62
(1) Vitamine D ... 62
(2) Vitamine A ... 63
(3) Vitamine K ... 63
b) Vitamines hydrosolubles ... 63
(1) Vitamines du groupe B ... 63
(2) Vitamine C ... 64
9. Fibres fermentescibles ... 64
10. Antioxydants ... 64
11. Stratégie nutritionnelle ... 65
12. Récapitulatif des valeurs nutritionnelles recommandées lors d'IRC ... 65
C. Critères d'efficacité du traitement diététique ... 66
D. Traitement diététique et prévention nutritionnelle des urolithiases ... 67
1. Dissolution médicale des urolithiases à struvite ... 67
a) Antibiothérapie adaptée ... 67
b) Régime calculolytique ... 68

(1) Rôle des protéines 68
(2) Rôle du magnésium 68
(3) Augmentation de la prise de boisson 68
(4) Rôle du pH urinaire 69
(5) Rôle des graisses 70
c) Suivi de l'animal 70
(1) Contrôles urinaires et radiographiques réguliers 70
(2) Durée de dissolution 71
d) Traitement médical 71
2. Prévention des récidives des calculs de struvite 71
3. Prévention des urolithiases à oxalate de calcium 72
a) Augmentation de la prise de boisson 72
b) Rôle du pH urinaire 73
c) Rôle de l'acide oxalique/vitamine C 73
d) Rôle du calcium et phosphore 73
e) Rôle du magnésium 74
f) Rôle du potassium 74
g) Rôle du sodium 74
h) Rôle des protéines 75
i) Rôle des fibres 75
j) Citrate de potassium 75
k) Diurétiques thiazidiques 75
l) Vitamine B6 76
m) Eliminer les facteurs de risque 76
n) Suivi de l'animal 76
4. Récapitulatif des recommandations diététiques préconisées lors d'urolithiases chez le chat et le chien 76
E. Formules nutritionnelles de quatre marques d'aliments recommandés lors d'IRC 78
1. Formules nutritionnelles des quatre marques applicables au chien 78
a) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Hill's 78
b) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Royal Canin 81
c) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Leo Specific 83
d) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Virbac 86
2. Formules nutritionnelles des quatre marques applicables au chat 88
a) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Hill's 88
b) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Royal Canin 91
c) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Leo Specific 93
d) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Virbac 96
F. Formules nutritionnelles de quatre marques d'aliments destinés à dissoudre et prévenir les urolithiases canines 98
1. Composition nutritionnelle des aliments destinés à dissoudre ou prévenir les récidives des urolithiases à struvite 98
a) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Hill's 98
(1) Prescription Diet Canine s/d 98
(2) Prescription Diet Canine c/d 100
b) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Royal Canin 103
c) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Léo Specific 105
2. Composition nutritionnelle des aliments destinés à prévenir les récidives des urolithiases à oxalate de calcium 107
a) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Hill's 107

b) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Royal Canin 110
c) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Leo Specific 110
G. Composition nutritionnelle de quatre marques d'aliments destinés à traiter ou prévenir les urolithiases félines 113
1. Composition nutritionnelle des aliments destinés à dissoudre ou prévenir les récidives des urolithiases à struvite 114
a) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Hill's.....114
(1) Prescription Diet Feline s/d..... 114
(2) Prescription Diet Feline c/d..... 116
b) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Royal Canin 119
c) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Leo Specific 121
(1) SPECIFIC FSD/FSW Struvite Dissolution..... 121
(2) SPECIFIC FCD/FCW Struvite Management 124
d) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Virbac 127
2. Composition nutritionnelle des aliments destinés à prévenir les récidives des urolithiases à oxalate de calcium 129
a) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Hill's.....129
b) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Royal Canin 131
c) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Leo Specific 131
d) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Virbac 134

III. Comparaison des stratégies nutritionnelles proposées par quatre fabricants d'aliments dans le traitement de l'IRC, la dissolution et la prévention des urolithiases 135
A. Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter l'insuffisance rénale 135
1. Aliments destinés à lutter contre l'insuffisance rénale chez le chien 135
2. Aliments destinés à lutter contre l'insuffisance rénale chez le chat 137
B. Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter ou prévenir les urolithiases canines 139
1. Aliments destinés à lutter contre les urolithiases à struvite.....139
2. Aliments destinés à lutter contre les urolithiases à oxalate de calcium 142
C. Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter ou prévenir les urolithiases félines 144
1. Aliments destinés à lutter contre les urolithiases à struvite.....144
2. Aliments destinés à lutter contre les urolithiases à oxalate de calcium 146

Bibliographie..... 151

Illustrations

Figure 1 Evènements contribuant à l'auto-progression de l'IRC.....28
Figure 2 Evolution des pourcentages de calculs de struvite et d'oxalate chez les chats d'Amérique du Nord au cours des 20 dernières années.....33
Figure 3 Aspect des cristaux de struvite au microscope électronique.....37
Figure 4 Calculs de struvite taille réelle 38
Figure 5 Schéma des processus chimiques et de l'effet de l'uréase dans l'urolithiase à struvite résultant d'une infection..... 39
Figure 6 Aspect des cristaux d'oxalate de calcium dihydrate au microscope électronique 40
Figure 7 Calculs d'oxalate de calcium 40
Figure 8 Schéma théorique des facteurs pouvant favoriser la formation des calculs d'oxalate de calcium 41
Figure 9 Excrétion d'ions H+ par le tubule rénal.....43
Figure 10 Influence des acides gras polyinsaturés oméga 3 et oméga 6 dans la progression de l'IRC 48
Figure 12 Influence de la PTH sur le métabolisme du calcium et du phosphore 56
Figure 13 Mécanismes du développement de l'hyperparathyroïdisme secondaire à l'IRC 57
Figure 14 Diagramme schématique montrant la physiopathologie de la sécrétion excessive d'hormone parathyroïdienne chez les animaux présentant une insuffisance rénale chronique..... 58
Figure 15 Courbe de précipitabilité des cristaux.....69
Figure 16 Effet de la teneur de l'alimentation en chlorure de sodium sur la Super Saturation Relative en oxalate de calcium (RSS Ox Ca) et sur le volume urinaire chez les Schnauzer nains 140

Tableau 1 Classification 2006 des maladies rénales chroniques du chien et du chat de l'International Renal Interest Society 29
Tableau 2 Facteurs de risque d'apparition des urolithiases 44
Tableau 3 Résultats de différents essais cliniques concernant la prise en charge nutritionnelle de chiens IRC 53
Tableau 4 Comparaison des recommandations nutritionnelles des rations d'un chat à l'entretien et insuffisant rénal..... 66
Tableau 5 Comparaison des recommandations nutritionnelles d'un chien à l'entretien et insuffisant rénal 66
Tableau 6 Récapitulation des principales recommandations diététiques préconisées lors d'urolithiases chez le chat 77
Tableau 7 Principales recommandations diététiques préconisées lors d'urolithiases chez le chien..... 77
Tableau 8 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Hill's Canine k/d sec et d'un aliment physiologique. 79
Tableau 9 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Hill's Canine k/d humide et d'un aliment physiologique.....80
Tableau 10 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Royal Canin Renal Canine sec et humide et d'un aliment physiologique. 83
Tableau 11 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Leo Specific CKD/CKW et d'un aliment physiologique. 85
Tableau 12 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Virbac Cardio Renal Dog et d'un aliment physiologique..... 87

Tableau 13 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Hill's Feline k/d sec et humide et d'un aliment physiologique. 90
Tableau 14 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Royal Canin Renal Feline sec et humide et d'un aliment physiologique. 93
Tableau 15 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Leo Specific FKD/FKW et d'un aliment physiologique. 95
Tableau 16 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Virbac Renal Cat et d'un aliment physiologique. 97
Tableau 17 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Hill's Canine s/d humide et d'un aliment physiologique. 99
Tableau 18 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Hill's Canine c/d humide et sec et d'un aliment physiologique. 102
Tableau 19 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Royal Canin Urinary S/O Canine humide et sec et d'un aliment physiologique. 105
Tableau 20 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Leo Specific CCD sec et d'un aliment physiologique. 106
Tableau 21 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Hil's u/d humide et sec et d'un aliment physiologique. 109
Tableau 22 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Leo Specific CKD/CKW humide et sec et d'un aliment physiologique. 112
Tableau 23 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Hill's s/d humide et sec et d'un aliment physiologique. 115
Tableau 24 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Hill's c/d humide et sec et d'un aliment physiologique. 118
Tableau 25 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Royal Canin Urinary S/O Feline humide et sec et d'un aliment physiologique. 121
Tableau 26 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Leo Specific FSD sec et d'un aliment physiologique. 122
Tableau 27 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Leo Specific FSW humide et d'un aliment physiologique. 123
Tableau 28 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Leo Specific FCD sec et d'un aliment physiologique. 125
Tableau 29 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Leo Specific FCW humide et d'un aliment physiologique. 126
Tableau 30 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Virbac Urology sec et d'un aliment physiologique. 128
Tableau 31 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Hill's x/d sec et d'un aliment physiologique. 130
Tableau 32 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Leo Specific FKD sec et d'un aliment physiologique. 132
Tableau 33 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Leo Specific FKW humide et d'un aliment physiologique. 133
Tableau 34 Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter l'insuffisance rénale chez le chien. 136
Tableau 35 Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter l'insuffisance rénale chez le chat. 138
Tableau 36 Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter ou prévenir les urolithiases à struvite chez le chien 141
Tableau 37 Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter ou prévenir les urolithiases à oxalate de calcium chez le chien 143

Tableau 38 Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter ou prévenir les urolithiases à struvite chez le chat 145
Tableau 39 Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter ou prévenir les urolithiases à oxalate de calcium chez le chat 147

Liste des abréviations

BE	Besoins Energétiques
EM	Energie Métabolisable
HSC	High Sodium Concentration (concentration élevée en sodium)
IRA	Insuffisance Rénale Aigue
IRC	Insuffisance Rénale Chronique
ITU	Infection du Tractus Urinaire
LSC	Low Sodium Concentration (concentration basse en sodium)
MBAUF	Maladie du Bas Appareil Urinaire Félin
MS	Matière Sèche
PAM	Phosphate Ammoniaco Magnésien
PTH	Parathormone
PM	Poids Métabolique
PV	Poids Vif
TFG	Taux de Filtration Glomérulaire

Signification des différents sigles utilisés dans l'industrie alimentaire canine :

	Hill's	Royal Canin	Leo Specific	Virbac
Dissolution des struvites	Hill's s/d Struvite/diet	Urinary S/O Canine	SPECIFIC CCD Canine calculus dry	
Prévention des récidives à struvite	Hills c/d Calculus/diet			
Prévention des récidives à oxalate de calcium	Hill's u/d Urate/diet		SPECIFIC CKD Canine kidney dry SPECIFIC CKW Canine kidney wet	
Lutte contre l'insuffisance rénale chronique	Hill's k/d Kidney/diet	Renal canine	SPECIFIC CKD Canine kidney dry SPECIFIC CKW Canine kidney wet	Cardio renal

Signification des différents sigles utilisés dans l'industrie alimentaire féline :

<table>
<tr><th></th><th>Hill's</th><th>Royal Canin</th><th>Leo Specific</th><th>Virbac</th></tr>
<tr><td>Dissolution des struvites</td><td>Hill's s/d
Struvite diet</td><td rowspan="3">Urinary S/O
Feline</td><td>SPECIFIC FSD
Feline struvite dry
SPECIFIC FSW
Feline struvite wet</td><td rowspan="2">Virbac urology</td></tr>
<tr><td>Prévention des récidives à struvite</td><td>Hill's c/d
Calculus diet</td><td>SPECIFIC FCD
Feline calculus dry
SPECIFIC FCW
Feline calculus wet</td></tr>
<tr><td>Prévention des récidives à oxalate de calcium</td><td>Hill's x/d
Oxalate diet</td><td>SPECIFIC FKD
Feline kidney dry
SPECIFIC FKW
Feline kidney wet</td><td></td></tr>
<tr><td>Lutte contre l'insuffisance rénale chronique</td><td>Hill's k/d
Kidney diet</td><td>Renal feline</td><td>SPECIFIC FKD
Feline kidney dry
SPECIFIC FKW
Feline kidney wet</td><td>Renal cat</td></tr>
</table>

Introduction

Les affections urinaires constituent un domaine très vaste en médecine vétérinaire : elles regroupent les glomérulopathies, l'insuffisance rénale aigue (IRA) et chronique (IRC), les urolithiases, les troubles neurologiques de la miction, les maladies de la prostate du chien, les infections urinaires, les tumeurs du tractus urinaire… Notre travail se limitera à deux des principales affections urologiques rencontrées chez le chat et le chien : l'insuffisance rénale chronique et les urolithiases.

L'insuffisance rénale chronique peut être définie comme une perte progressive et irréversible des fonctions excrétrices et endocrines du rein. L'IRC représente, dans les espèces canine et féline, la deuxième cause de mortalité après les tumeurs malignes : 5% de tous les décès chez le chien et 3% chez le chat sont attribuables à l'IRC [23] [24].

Les urolihiases chez le chien et le chat constituent également un motif de consultation fréquent dans le domaine des affections urinaires en médecine vétérinaire. Les urolithiases sont définies comme la formation de sédiments dans le tractus urinaire, composés d'un ou plusieurs cristalloïdes peu solubles. Les sédiments microscopiques sont appelés cristaux et les sédiments macroscopiques plus volumineux sont appelés urolithes ou calculs. Les urolithes peuvent se former à n'importe quel niveau du tractus urinaire (reins, uretères, vessie, urètre), bien que la grande majorité d'entre eux se forment dans la vessie. L'urolithiase constitue environ 18% des motifs de consultation vétérinaire chez le chien ou chez le chat présentant des affections du bas appareil urinaire. Les principaux urolithes rencontrés chez ces espèces sont les phosphates ammoniaco-magnésiens (PAM ou struvites) et les oxalates de calcium, qui feront l'objet de notre étude.

Le traitement de l'IRC passe avant tout par une réanimation médicale (fluidothérapie, anti-vomitifs…) ; il en va de même pour le traitement des urolithiases, auquel peut s'ajouter une résection chirurgicale des calculs. Mais un des facteurs clés du traitement de l'IRC et des urolithiases, passe également par une prise en charge nutritionnelle de ces affections. La gestion diététique a pour but de minimiser les conséquences cliniques et physiopathologiques de l'IRC, ralentir l'évolution de cette affection, dissoudre les cristaux et prévenir les récidives en ce qui concerne les urolithiases. Nous nous limiterons à cet aspect diététique dans notre travail.

Aux cours de ces quinze dernières années, les concepts ont beaucoup évolué sur le plan de la nutrition, mais également sur celui du marketing. Tous les fabricants d'aliments destinés aux carnivores domestiques ont mis sur le marché des gammes d'aliments diététiques destinées à lutter contre l'IRC, à dissoudre et prévenir la récidive des cristaux.

Dans un premier temps, notre travail s'attachera à effectuer des rappels concernant l'épidémiologie et la pathogénie de l'insuffisance rénale chronique et des urolithiases chez les carnivores domestiques.

Puis nous définirons les principes généraux de la gestion nutritionnelle de ces deux affections. Dans cette partie, nous étudierons également les formules nutritionnelles de différents aliments diététiques mis sous le marché, et comparerons leurs étiquettes avec celles d'un aliment physiologique de la même gamme.

Pour finir, nous comparerons les différentes stratégies nutritionnelles proposées par plusieurs fabricants d'aliments dans le traitement de l'IRC, la dissolution et prévention des urolithiases chez les carnivores domestiques, et chercherons à savoir si leurs recommandations diététiques sont en adéquation avec celles proposées dans la littérature.

I. Epidémiologie et pathogénie de l'insuffisance rénale chronique et des urolithiases chez les carnivores domestiques

A. Epidémiologie et pathogénie de l'insuffisance rénale chronique

1. Epidémiologie de l'insuffisance rénale chronique

L'insuffisance rénale chronique (IRC) résulte de la perte irréversible des capacités métaboliques, endocriniennes et excrétrices du rein (en général, perte de 75% de la masse fonctionnelle rénale). Elle affecte des chiens et chats de tout âge, mais plus souvent les animaux âgés. L'âge moyen au moment du diagnostic de l'IRC est de 7 ans pour les chiens, et 7,4 ans pour les chats [72]. En 1990, la prévalence de l'IRC est de 16 cas sur 1000 chats examinés de tout âge, et de 9 cas sur 1000 chiens examinés ; en 2000, elle est de 96 cas sur 1000 chats examinés [57]. Cette augmentation est probablement liée à une augmentation de la médicalisation des animaux. Les premiers signes d'IRC sont insidieux, la fonction rénale déclinant en général sur une période de plusieurs mois à plusieurs années. Les signes cliniques apparaissent lorsque les 2/3 des néphrons ne sont plus fonctionnels.

Chez l'animal, en l'absence d'hémodialyse et de transplantation rénale, les traitements palliatifs sont les plus utilisés. Parmi ceux-ci, la nutrition joue un rôle majeur.

2. Pathogénie de l'insuffisance rénale chronique

Les signes cliniques liés à l'IRC sont très variés : anorexie, polyurie et polydipsie, déshydratation, vomissements et diarrhée, anémie non régénérative et lymphopénie, ostéofibrose et hyperphosphatémie, fonte musculaire et myopathie, troubles cardio-vasculaires, désordres neurologiques et baisse de l'immunité…

L'IRC perturbe toutes les fonctions hormonales et métaboliques du parenchyme rénal, en plus de l'altération de l'élimination urinaire.

Les causes d'altération rénale sont nombreuses : elles comprennent des maladies qui affectent directement le rein, des altérations soit pré-rénales, soit post-rénales qui engendrent des lésions rénales.

Nous n'évoquerons pas dans cette partie toutes les causes d'IRC, ni les perturbations liées à l'IRC, mais chercherons à déterminer les points où l'alimentation est susceptible d'intervenir.

Dans un rein normal, le taux de filtration glomérulaire (TFG) et le flux plasmatique d'un néphron unique se situent légèrement en-dessous du maximum [5]. Une réduction du nombre de néphrons entraine une hypertrophie des néphrons restants. L'augmentation du TGF au niveau de chaque néphron est associée à une hyperfiltration glomérulaire et à des changements hémodynamiques intra-glomérulaires, entrainant une augmentation du flux des protéines plasmatiques à travers le mésangium. Ces protéines stimulent la prolifération des cellules mésangiales et l'expansion de la matrice, aboutissant finalement à une glomérulosclérose. L'hypertension capillaire glomérulaire constitue le facteur hémodynamique critique responsable des lésions glomérulaires. Ces changements hémodynamiques compensateurs (augmentation du TGF glomérulaire de chaque néphron et du flux plasmatique rénal) participent initialement au maintien de l'homéostasie, mais à

terme, contribuent à la progression des lésions rénales. Tous ces évènements sont illustrés sur la *figure 1*.

Au fur et à mesure que la maladie rénale progresse, on observe une dilatation des artérioles rénales afférentes, entrainant une hypertension glomérulaire et secondairement une distension des capillaires. Il en résulte un étirement mésangial favorisant l'accumulation de collagène et conduisant à une perte fonctionnelle progressive.

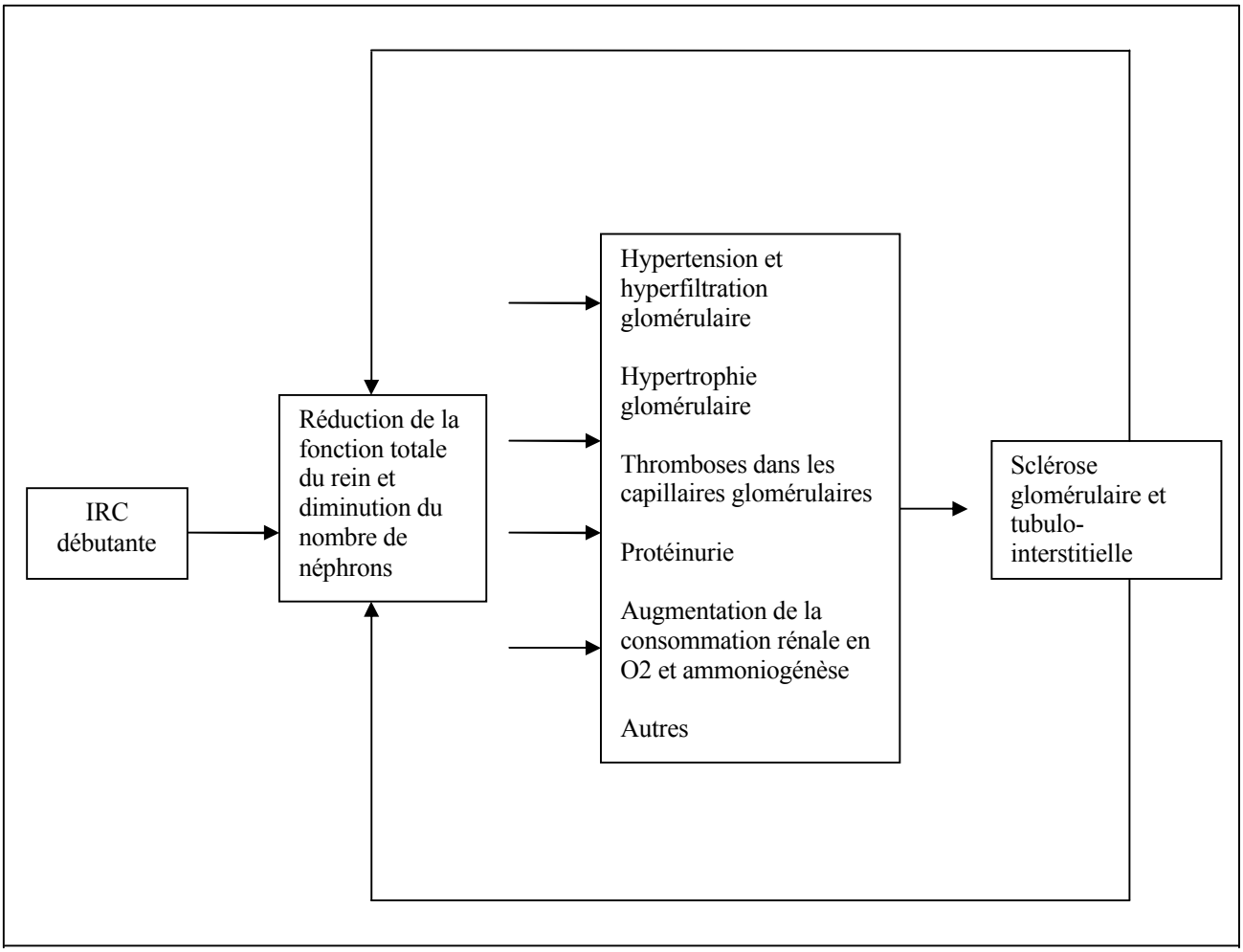


Figure 1 Evènements contribuant à l'auto-progression de l'IRC, *d'après [26].*

L'IRC spontanée est caractérisée chez l'homme, le chien, le chat, à des degrés divers, par les mêmes modifications fonctionnelles et histologiques que celles décrite chez le rat Wistar [24].

L'*International Renal Interest Society* (I.R.I.S.), créée en 1998, a récemment proposé une classification des différents stades de l'IRC chez le chien et le chat (voir *tableau 1*). Elle a pour objectif principal d'aider le vétérinaire praticien dans la démarche diagnostique, pronostique et thérapeutique des maladies rénales chroniques des carnivores domestiques [52]. Les autres buts sont de standardiser la terminologie entre les différents pays pour permettre de réaliser des études épidémiologiques internationales.

		Créatinine plasmatique			
Stade	Fonction rénale résiduelle	Chien	Chat	Terminologie ancienne	Signes biologiques et cliniques, physiopathologie
1	Entre 100 et 33%	<125 µmol/L (14 mg/L)	<140 µmol/L (16 mg/L)	Sujet à risque rénal ou asymptomatique	- Non azotémique - Possibilité d'inaptitude à concentrer les urines, de lésions rénales échographiques…
2	Entre 33 et 25%	125-179 µmol/L (14-20 mg/L)	140-249 µmol/L (16-28 mg/L)	IRC débutante	- Azotémie légère - Développement de l'hyperparathyroïdisme et des déséquilibres hydro électrolytiques
3	Entre 25 et 10%	180-439 µmol/L (21-50 mg/L)	250-439 µmol/L (29-50 mg/L)	IRC urémique	- Azotémie modérée à sévère - Signes cliniques présents (gastrite urémique, anémie…)
4	Moins de 10%	>440 µmol/L (50 mg/L)	>440 µmol/L (50 mg/L)	IRC terminale	- Azotémie sévère - Signes cliniques sévères, crises urémiques

Tableau 1 Classification 2006 des maladies rénales chroniques du chien et du chat de l'International Renal Interest Society, *d'après [52].*

Cette classification n'est valable que pour l'IRC stable du chien et du chat, et ne peut être appliquée chez l'animal présentant une insuffisance rénale aigue (IRA) ou une IRC décompensée. Comme nous l'avons dit, l'utilisation de la classification I.R.I.S. permet d'aider le clinicien dans sa démarche thérapeutique. Par exemple, un traitement diététique peut être envisagé dès le stade 1 et un traitement avec un inhibiteur de l'enzyme de conversion dès le stade 2, alors que le traitement avec de l'érythropoiétine lors d'anémie est un traitement de fin de stade 3 et de stade 4. On constate que le critère de classification principal qui a été retenu est la concentration plasmatique de créatinine, car il s'agit d'un marqueur indirect de la fonction rénale, largement utilisé en pratique.

3. Conséquences pathogéniques et implications nutritionnelles de l'insuffisance rénale chronique

a) Perturbation des rôles hormonaux et métaboliques du rein

Les reins synthétisent, modifient ou dégradent des hormones et répondent à leur stimulation. Les hormones produites ou modifiées par les reins sont essentiellement [5] :

- l'érythropoïétine qui assure la régénération des hématies. Cette insuffisance de production est à l'origine de l'anémie non régénérative de l'animal IRC.
- le 1-25 dihydrocholécalciférol (ou calcitriol), dérivé actif de la vitamine D, qui conditionne en particulier la régulation de la calcémie et la minéralisation osseuse, ainsi que l'assimilation d'oligo-éléments comme le zinc.
- La rénine, enzyme appartenant au système rénine-angiotensine-aldostérone, synthétisée en réponse à une baisse de la volémie, une hyperkaliémie, une hyponatrémie.

Les reins dégradent et éliminent parathormone (PTH), hormones thyroïdiennes, insuline et hormone thyréotrope. Ils répondent à une stimulation par le facteur atrial natriurétique (ANF), l'aldostérone, l'hormone antidiurétique (ADH), la PTH et l'hormone de croissance.

b) Altération de la filtration rénale

Suite à l'altération de la filtration rénale, on observe une accumulation de déchets azotés, des modifications dans l'équilibre minéral et l'efficacité des apports vitaminiques.

(1) Rétention des déchets azotés

Les déchets azotés retenus en excès dans le sang sont très divers. Ils proviennent du métabolisme et même du gros intestin [5, 86]. Ils comprennent urée, acide urique, créatinine, phénols, indols, mercaptans, composés guanidiques…

Parmi eux, on accorde en pratique le plus d'intérêt à l'urée et à la créatinine qui sont d'abord les témoins de l'insuffisance rénale. Ces critères sont cependant imparfaits car dépendant d'autres paramètres. La valeur du taux de l'urée plasmatique dépend par exemple de la diurèse, de l'apport protidique alimentaire, de l'état d'hydratation, de l'hypercatabolisme azoté secondaire à une brûlure par exemple... D'autre part, une partie de l'urée (environ 25%) est excrétée dans l'intestin où elle subit une hydrolyse bactérienne en ammoniac. Cependant, on admet que le rationnement protéique devra être ajusté de manière à tenter de maintenir l'urémie en dessous de 0.6 g/L. La créatininémie est également une référence pratique très

utilisée pour caractériser le degré d'une insuffisance rénale. Une créatininémie supérieure à 12 mg/L doit éveiller une suspicion et à partir de 20-25 mg/L l'affection est bien vérifiée.

Mais ce sont les composés guanidiques qui représentent des exemples typiques de dérivés plus directement toxiques, capables de reproduire des symptômes de l'IRC. Cliniquement, ils rendraient compte des signes gastro-intestinaux incluant anorexie, vomissements et diarrhées, qui s'expliquent en particulier par des lésions ulcératives de la bouche, de l'estomac et de l'intestin.

(2) Perturbation du bilan minéral

Le métabolisme du phosphore est très perturbé lors d'IRC [5]. En effet, l'abaissement de l'excrétion urinaire du phosphore entraîne une hyperphosphatémie à l'origine d'hyperparathyroïdie secondaire, laquelle est vivement renforcée par la moindre assimilation du calcium en raison des troubles digestifs et de l'inefficacité de la vitamine D mal convertie en calcitriol (1-25dihydrocholécalciférol). Ceci sera développé plus largement et illustré dans un paragraphe suivant.

Cette hyperparathyroïdie provoque une déminéralisation osseuse, des lésions de type sclérose glomérulaire, fibrose interstitielle, et surtout de nécrose tubulaire proximale. Par conséquent, il semble capital de maitriser l'hyperphosphatémie pour entraver la progression de l'affection.

Le métabolisme du sodium, du potassium et des oligo-éléments est également perturbé par le dysfonctionnement rénal [5, 86].

Le sodium est moins facilement excrété, malgré l'accroissement de la diurèse. L'hypernatrémie, longtemps discutée surtout en début d'affection, est une menace sérieuse : elle exagère l'hypertension directement induite par l'IRC et prédispose ainsi d'avantage à son aggravation, aux troubles vasculaires périphériques, aux œdèmes (syndrome néphrotique) et au surmenage cardiaque. Comme nous le verrons par la suite, peu de recommandations diététiques sont clairement définies concernant les apports sodés.

La balance potassique est différemment modifiée chez le chat et le chien. En raison de l'exacerbation de la diurèse, il est fréquent d'observer une hypokaliémie chez les chats atteints d'IRC. Les signes cliniques observés sont essentiellement une faiblesse musculaire. De plus, l'acidose métabolique et les acidifiants urinaires, tels que le chlorure d'ammonium ou la méthionine utilisés dans le traitement des urolithiases à struvites, peuvent accentuer l'hypokaliémie. Chez le chien en revanche, l'IRC semble plus souvent associée à une hyperkaliémie. Tout comme pour le sodium, la kaliémie est à mesurer et le traitement à adapter selon les modifications biologiques observées.

Les oligo-éléments sont perdus en abondance dans les urines alors même que leur résorption intestinale est amoindrie (fer, zinc…).

(3) Troubles de l'efficacité vitaminique

L'hypervitaminose A est fréquente chez l'homme insuffisant rénal. Les risques d'hypervitaminose A obligent à réduire la supplémentation alimentaire pour ne pas accroître l'hyperparathyroïdie avec ses conséquences osseuses et surtout rénales [86].

La plupart des autres vitamines sont au contraire à supplémenter du fait de leurs pertes urinaires.

Le calcitriol (ou 1,25-dihydrocholécalciférol) joue un rôle important dans la pathogénie de l'hyperparathyroïdisme secondaire rénal. C'est pourquoi, l'apport en vitamine D devrait être renforcé de façon modérée, pour tenir compte à la fois de la moindre conversion rénale en calcitriol et de la nécessité de ne pas augmenter la phosphatémie. [5].

On dispose de peu d'informations sur le rôle des vitamines B chez les animaux IRC. Ils sont exposés à un risque de carence en vitamines B à cause de la baisse d'appétit, des vomissements, de la diarrhée, et de la polyurie. En rehaussant l'apport vitaminique B et C, on tend à accroître l'appétit de l'animal. Il faut toutefois prendre garde de ne pas administrer un excès de vitamines liposolubles.

B. Epidémiologie des urolithiases chez les carnivores domestiques

L'urolithiase est définie comme la formation de sédiments dans le tractus urinaire, composés d'un ou de plusieurs cristalloïdes peu solubles. Les sédiments microscopiques sont appelés cristaux et les sédiments macroscopiques plus volumineux sont appelés urolithes ou calculs.

L'urolithiase représente un problème fréquent chez le chien et le chat. Les urolithes peuvent se former à n'importe quel niveau du tractus urinaire, bien que la grande majorité d'entre eux se forme dans la vessie.

L'urolithiase constitue environ 18% des motifs de consultation vétérinaire chez le chien ou chez le chat présentant des affections du bas appareil urinaire.

Les oxalates de calcium et les phosphates ammoniaco-magnésiens (PAM ou struvites) représentent les principaux types de minéraux mis en évidence lors de calculs. Notre étude se basera donc sur ces 2 types de calculs et nous laisserons de coté les autres minéraux comme l'urate d'ammonium, la cystine, la silice, la xanthine, le phosphate de calcium.

L'incidence des urolithiases et la composition des calculs peuvent être influencées par différents facteurs comme la race, le sexe, l'âge, le régime alimentaire, des anomalies anatomiques, les infections du tractus urinaire (ITU), le pH de l'urine et les traitements médicamenteux. La mise en évidence de ces facteurs de risque est primordiale pour traiter efficacement et prévenir les urolithiases, qui ont souvent un taux élevé de récidives. Cela souligne l'importance d'une bonne approche nutritionnelle de la situation, à la fois pour dissoudre et prévenir les calculs, bien que certains minéraux soient plus faciles à dissoudre que d'autres.

1. Etude épidémiologique des urolithiases chez le chat

Les urolithiases peuvent apparaitre dans le bas appareil urinaire, dans les reins ou les uretères.

Lorsque les calculs se trouvent dans l'urètre et la vessie, on parle de maladie du bas appareil urinaire (MBAU). Les maladies du bas appareil urinaire du chat sont caractérisées cliniquement par une hématurie (macroscopique ou microscopique), une strangurie, une dysurie, une pollakiurie et une périurie. Le diagnostic passe par une analyse d'urine (bandelette urinaire, culot, examen cytobactériologique des urines), l'imagerie médicale (radiographies de l'abdomen, échographie de l'appareil urinaire, urographie).

Les MBAU sont diagnostiquées chez 4-6% des chats présentés en clinique privée aux Etats Unis et chez 7-8% des chats présentés dans les centres hospitaliers vétérinaires aux Etats Unis. Elles apparaissent les plus souvent chez les chats âgés de 1 à 10 ans. Ce syndrome répond à des causes diverses. La cause la plus fréquente chez les chats âgés de moins de 10 ans est la cystite idiopathique féline (55%-64%) ; parmi les autres causes on trouve les urolithiases (15%-21%), les bouchons urétraux (10%-21%), les anomalies anatomiques (10%), les troubles du comportement (9%), les tumeurs (1%-2%), et les infections du tractus urinaire (1%-8%) [76].

Lorsque les calculs sont présents dans les reins ou les uretères, les signes cliniques sont variés : douleur abdominale, vomissements, abattement, anorexie.

a) Evolution des types de calculs analysés chez le chat

Chez le chat, 80% des calculs urinaires sont des phosphates ammoniaco-magnésiens ou des oxalates de calcium.

Les prévalences respectives des calculs de struvite et des calculs d'oxalate chez le chat ont évolué au cours des 20 dernières années. Avant la fin des années 80, le nombre de calculs de struvite analysé dans deux grands laboratoires américains d'analyse quantitative était bien supérieur au nombre de calculs d'oxalate [85]. Entre 1984 et 2003, la proportion des calculs d'oxalate analysés à l'Urolith Center de l'université du Minnesota, est passée de 3% environ à plus de 40% [34]. Au milieu des années 90, le nombre de cas d'urolithiase à struvite a commencé à diminuer et les calculs d'oxalate sont passés en tête en Amérique du Nord et dans d'autres pays du monde, dont les Pays-Bas et la Suisse [49]. Depuis 2002 cependant, le nombre de calculs de struvite s'est remis à augmenter, reprenant la première place dans le total des calculs analysés aux Etats Unis (voir *figure 2*). Sur 9221 calculs urinaires de chat étudiés à l'Urolith Center (Minnesota) en 2005, 48% étaient des calculs de struvite, 41% des calculs d'oxalate et 4.6% des calculs de purine [34]. Au Canada, un nombre égal de calculs de struvite et d'oxalate ont été analysés en 2005 [42]. A Hong-Kong, en Italie et en Grande-Bretagne, les calculs les plus souvent identifiés pendant la période d'étude (1998-2000) étaient les calculs de struvite, les calculs d'oxalate arrivant en seconde position [81].

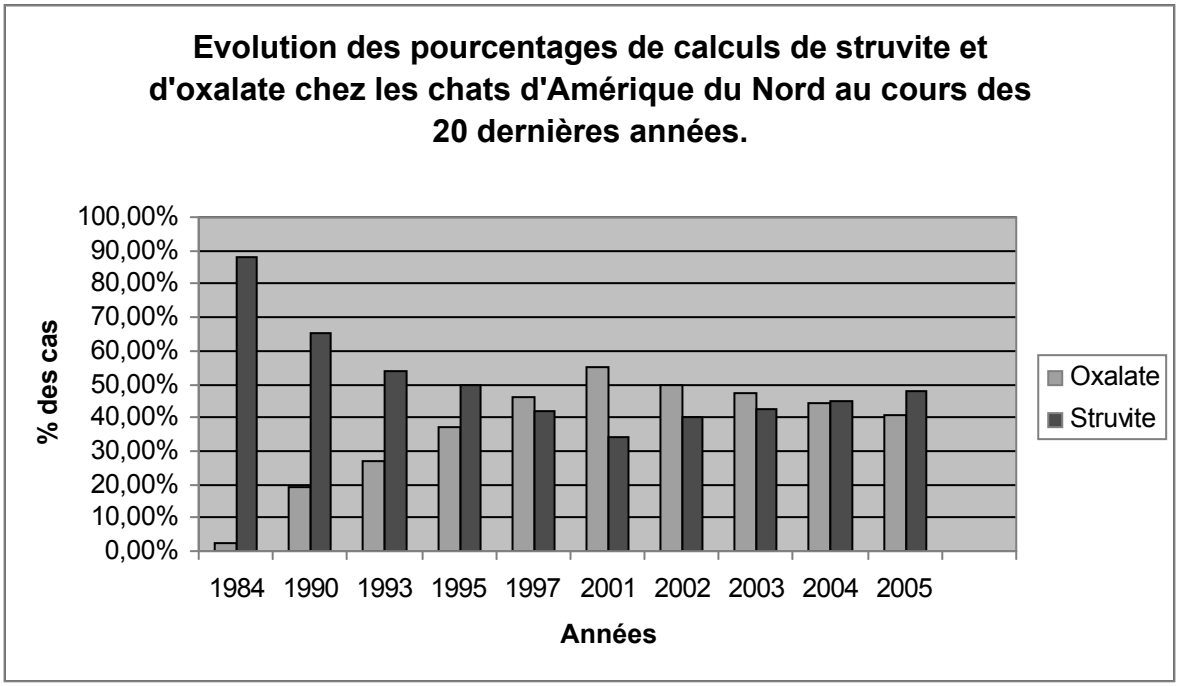


Figure 2 Evolution des pourcentages de calculs de struvite et d'oxalate chez les chats d'Amérique du Nord au cours des 20 dernières années, *d'après [34].*

Les hypothèses pour expliquer cette évolution sont multiples : acidification quasi systématique et baisse du taux de magnésium des aliments industriels pour prévenir les calculs de struvite, augmentation de l'espérance de vie des chats, stérilisation, phénomène de mode pour certaines races prédisposées.

Les calculs rénaux sont en très grande majorité composés de sels de calcium (oxalates : 25%, phosphates : 20%) et rarement de struvites (9%). Ils sont plus rares chez le chat et ne représentent que 4% des urolithiases.

b) Les facteurs de risque des calculs urinaires chez le chat

(1) Risques liés à la race

L'Himalayan, le Persan et le chat européen sont les races les plus souvent citées comme plus exposées aux calculs de struvite. Le Rex, le Burmese, l'Abyssin, le Bleu Russe, le Birman et le Siamois semblent moins prédisposés aux calculs de struvite.

L'Himalayan et le Persan semblent être particulièrement prédisposés aux calculs d'oxalate [70].

(2) Risques liés au sexe

Une étude récente a démontré que les mâles présentaient un risque légèrement plus élevé que les femelles de développer des calculs de struvite. C'est chez les chats mâles que l'on retrouve la majorité des bouchons urétraux, le plus souvent formés d'une matrice organique contenant des cristaux de struvite. Cette constatation semble logique compte tenu des particularités anatomiques du chat mâle : urètre plus long, traversée de l'os pénien limitant la dilatation du conduit urétral. Cette affection touche surtout les chats âgés de 2 à 5 ans.

Concernant les calculs d'oxalate, les chats mâles ont en moyenne 35% de risque en plus de faire des calculs d'oxalate de calcium par rapport aux femelles [47].

(3) Risques liés à la stérilisation

Un chat castré présente 7 fois plus de risque de développer des cristaux d'oxalate qu'un chat entier.

Pour les struvites, le risque est 3,5 fois plus grand [47].

(4) Risques liés à l'âge

Les calculs de struvites stériles se forment principalement chez les chats âgés de 1 à 10 ans. Le risque de formation de ces calculs diminue après 6-8 ans [78].

Si l'origine bactérienne des cristaux de struvites est avérée chez de nombreuses espèces (dont le chien), dans l'espèce féline, la formation des cristaux de PAM ne semble pas en être la conséquence. La recherche de germes dans les cristaux issus de chats ayant présenté spontanément une urolithiase à struvite est négative dans 95% des cas [40]. Si des bactéries sont isolées, elles sont fréquemment secondaires à la lithiase urinaire et/ou à des techniques de sondage ou de cystocentèse réalisées de façon impropre. Naturellement, le chat est une espèce protégée contre l'infection du tractus urinaire grâce au pH acide des urines, à leur forte densité (1.080) et à leur forte concentration en urée. Les infections à germes uréasiques entrainant la formation de calculs de struvites sont rares chez le chat mais existent, et se rencontrent surtout chez les chats de moins de 1 an, les chats âgés et les chats prédisposés (urétrostomie périnéales…).

Les chats présentant des calculs d'oxalate de calcium sont généralement plus âgés que les chats présentant des calculs de struvite. C'est entre 7 et 9 ans que les chats ont le plus de risque de développer des calculs d'oxalate de calcium, même si les Siamois semblent

prédisposés à en développer à un âge plus jeune (3-4 ans). Quand une infection du tractus urinaire est présente, elle constitue une complication plutôt qu'un facteur prédisposant à l'apparition de ce type de calcul.

(5) Risques liés au surpoids

D'une manière générale, les affections du bas appareil urinaire sont plus fréquentes chez les chats obèses. Cette observation est peut être liée au fait que les chats obèses dorment d'avantage et urinent moins fréquemment que les chats normaux, ce qui entraine une stase de l'urine dans la vessie [50].

(6) Risques liés au mode de vie

Dans une étude épidémiologique sur les calculs d'oxalate de calcium effectuée aux Etats Unis de 1990 à 1992, les chats n'ayant pas accès à l'extérieur apparaissant plus exposés que les autres [44].

(7) Autres risques

Environ un tiers des chats qui développent des calculs d'oxalate de calcium présente une hypercalcémie.

2. Etude épidémiologique des urolithiases chez le chien

a) Evolution des types de calculs analysés chez le chien

L'étude rétrospective de Osborne et al. [68] [67], montre une évolution de la nature des urolithes du chien. En effet, sur 77 000 calculs analysés entre 1981 et 1997, la prévalence des oxalates de calcium est passée de 5 à 35%. Dans le même temps, les struvites diminuaient mais restaient le type d'urolithe le plus fréquent chez le chien, avec une prévalence passant de 78 à 45%. Les auteurs précisent que l'arrivée sur le marché des premiers aliments acidifiants pour dissoudre des struvites date de 1983. Il est donc possible que les praticiens aient prescrits directement ces aliments chez les chiens à lithiase, et aient moins envoyé de calculs de struvite pour analyse.

La majorité des urolithes apparait dans le bas appareil urinaire. Les néphrolithes et urétérolithes sont rares chez le chien, représentant 4% des urolithes. Une étude récente réalisée sur des calculs rénaux canins à l'université du Minnesota, rapporte que 41% des 797 néphrolithes étaient des oxalates de calcium, 33% des struvites, 12% des urates, 2% des phosphates de calcium. Par ailleurs, 43% n'étaient pas accompagné de lithiase urinaire [75].

b) Les facteurs de risque des calculs urinaires chez le chien

(1) Risques liés à la race

Les petites races ont tendance à développer plus fréquemment une urolithiase que les grandes. Cette prédisposition peut s'expliquer par un volume d'urine moins important, un nombre inférieur de mictions, et par conséquent un temps de séjour de l'urine plus important dans la vessie.

Certaines races sont prédisposées aux urolithiases à oxalate de calcium : Schnauzer nain, Caniche nain, Shi-Tzu, Bichon frisé, Cocker Spaniel, Lhassa Apso, Yorkshire Terrier, Chihuahua [54].

Les calculs de struvite sont plus fréquemment rencontrés dans les races suivantes : Cocker Spaniel, Labrador Retriever, Scottish Terrier, Pékinois, Basset Hound, Springer Spaniel et Berger Allemand [67].

(2) Risques liés au sexe

Concernant les struvites, les femelles sont plus prédisposées que les mâles : 88% des urolithes chez les femelles sont des struvites, contre 38% chez les mâles [55]. Ceci est sans doute lié à la plus grande probabilité des femelles de développer des infections du tractus urinaire par voie ascendante. En effet, dans la majorité des cas, les struvites sont déclenchés par une infection des voies urinaires, par des bactéries productrices d'uréase : *Staphylococcus* sp, moins fréquemment *Proteus* sp.

Concernant les oxalates de calcium, les chiens mâles sont plus prédisposés que les femelles : 71% des urolithes chez le mâle sont des oxalates de calcium, contre 32% chez les femelles [48].

L'apparition des calculs d'oxalate de calcium n'est pas liée à la présence d'une infection du tractus urinaire, mais une telle infection peut apparaitre secondairement à la présence des calculs.

(3) Risques liés à la stérilisation

Les mâles castrés ont des risques accrus de présenter des calculs d'oxalate de calcium : 14 fois plus de risque de développer ces urolithiases que les femelles stérilisées [48].

(4) Risques liés à l'âge

L'âge moyen d'apparition des calculs de struvite est de 6 +/- 2,9 ans, avec des extrêmes allant de 1 mois à 19 ans [77].

Concernant les calculs d'oxalate de calcium, l'âge moyen d'apparition se situe à 8,53 ans chez les chiens mâles et 7,97 ans chez les femelles, avec des extrêmes allant de 6 à 12 ans [48].

(5) Autres risques

L'alimentation et les produits du métabolisme peuvent faire varier la composition de l'urine, et les facteurs alimentaires jouent un rôle significatif dans l'augmentation du risque de développer une urolithiase.

Une hypercalcémie prolongée et la calciurie qui en découle peuvent augmenter le risque de développer des calculs contenant du calcium. L'hypercorticisme a été associé à des calculs d'oxalate de calcium, puisque les glucocorticoïdes augmentent la mobilisation du calcium osseux et augmentent la résorption tubulaire, ce qui a pour effet de provoquer une calciurie : une étude a ainsi montré que l'hypercorticisme multipliait par 10 le risque de calculs à oxalate de calcium chez le chien [39].

Une acidose métabolique chronique peut aussi contribuer à une urolithiase à oxalate de calcium : puisque les phosphates et les carbonates osseux ont un rôle tampon vis-à-vis des ions hydrogènes en excès, l'acidose stimule le relarguage de calcium.

C. Pathogénie des urolithiases chez le chien et le chat

1. Principes généraux de formation des calculs

La première étape de formation d'un calcul est la formation d'un noyau cristallin. Cette phase appelée nucléation, est dépendante de la sursaturation de l'urine en substances lithogènes, qui rend possible la précipitation des sels et la cristallisation. Le degré de sursaturation de l'urine peut être influencé par des facteurs urinaires tels que l'ampleur de l'excrétion rénale des cristalloïdes, un pH favorable à la cristallisation, une rétention d'urine et une faible concentration en inhibiteurs de la cristallisation.

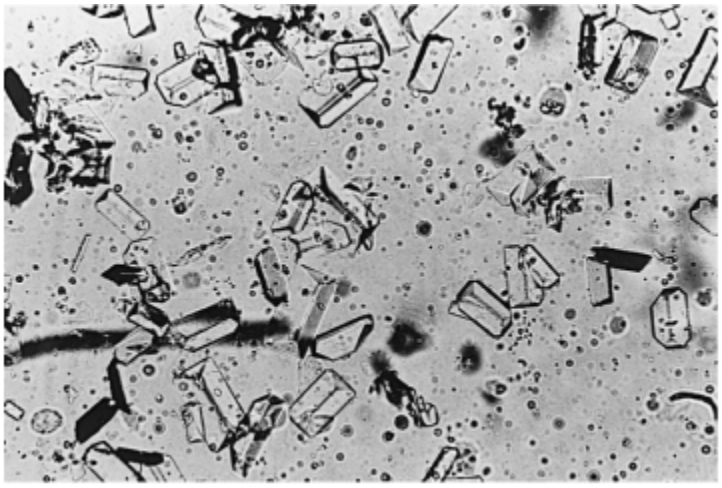
Quand la nucléation s'est produite, le noyau continue à grandir, s'entoure du calcul proprement dit, puis d'une coque recouverte de crisaux.

2. Formation des calculs de struvite chez le chien et le chat

Les calculs de struvite ($MgNH_4PO_46H_2O$) figurent parmi les calculs les plus couramment mis en évidence chez le chien et le chat. Une sursaturation de l'urine en ions magnésium, ammonium et phosphates est nécessaire, mais plusieurs autres facteurs (infection du tractus urinaire, pH urinaire alcalin, régime alimentaire, prédispositions génétiques) peuvent favoriser leur formation. On retrouve parfois du phosphate de calcium (apatite) en petite quantité dans ces calculs (2 à 10%).

Les cristaux de struvite sont typiquement incolores, rectangulaires en forme de couvercle de cercueil, de taille variable (voir *figure 3)*.

Les calculs de struvite sont de forme sphérique, ellipsoïde, tétraédrique, à surface lisse et peuvent se présenter seul ou en grand nombre, de taille variée (voir *figure 4)*. Ils peuvent apparaitre à n'importe quel endroit du tractus urinaire, même si la vessie constitue un site préférentiel. Ils sont radiopaques.



Copyright © 2005, 2000, 1995, 1989, 1983, 1975 by Elsevier Inc.

Figure 3 Aspect des cristaux de struvite au microscope électronique, *d'après [27].*

Figure 4 Calculs de struvite taille réelle, *d'après [79].*

La solubilité des cristaux de struvite dans l'urine est diminuée lorsque le pH urinaire devient supérieur à 6,7.

3. Spécificités de formation des calculs de struvite chez le chien

Chez le chien, contrairement au chat, 90% des calculs de struvite sont associés à des infections du tractus urinaire dues à des bactéries uréase positive, telles que Staphylococcus *sp* (souvent S. *intermedius*) ou moins fréquemment Proteus *sp*. L'uréase est une enzyme qui hydrolyse l'urée, ce qui conduit à la formation d'ammoniaque et de dioxyde de carbone. L'ammoniaque réagit avec l'eau, ce qui aboutit à une augmentation de la concentration d'ammonium et à une alcalinisation de l'urine. L'environnement urinaire alcalin favorise la perte de protons à partir de $H_2PO_4^-$, ce qui augmente la concentration du type de phosphate nécessaire à la formation de struvite et du phosphate de calcium. Le dioxyde de carbone se combine avec l'eau pour former de l'acide carbonique, qui se dissocie alors en produisant du bicarbonate. Dans un environnement propice (nettement alcalin), cela produit une source de carbonate, et ce carbonate peut remplacer le phosphate pour produire de l'apatite carbonatée. L'uréase bactérienne produit donc un environnement alcalin à concentration élevée en ammonium, et cet environnement favorise la précipitation de struvite, phosphate de calcium et apatite carbonatée [77] (voir *figure 5*).

Beaucoup de calculs de struvite contiennent en outre une petite quantité d'autres minéraux, comme du phosphate de calcium, de l'apatite carbonatée et moins fréquemment, de l'urate d'ammonium.

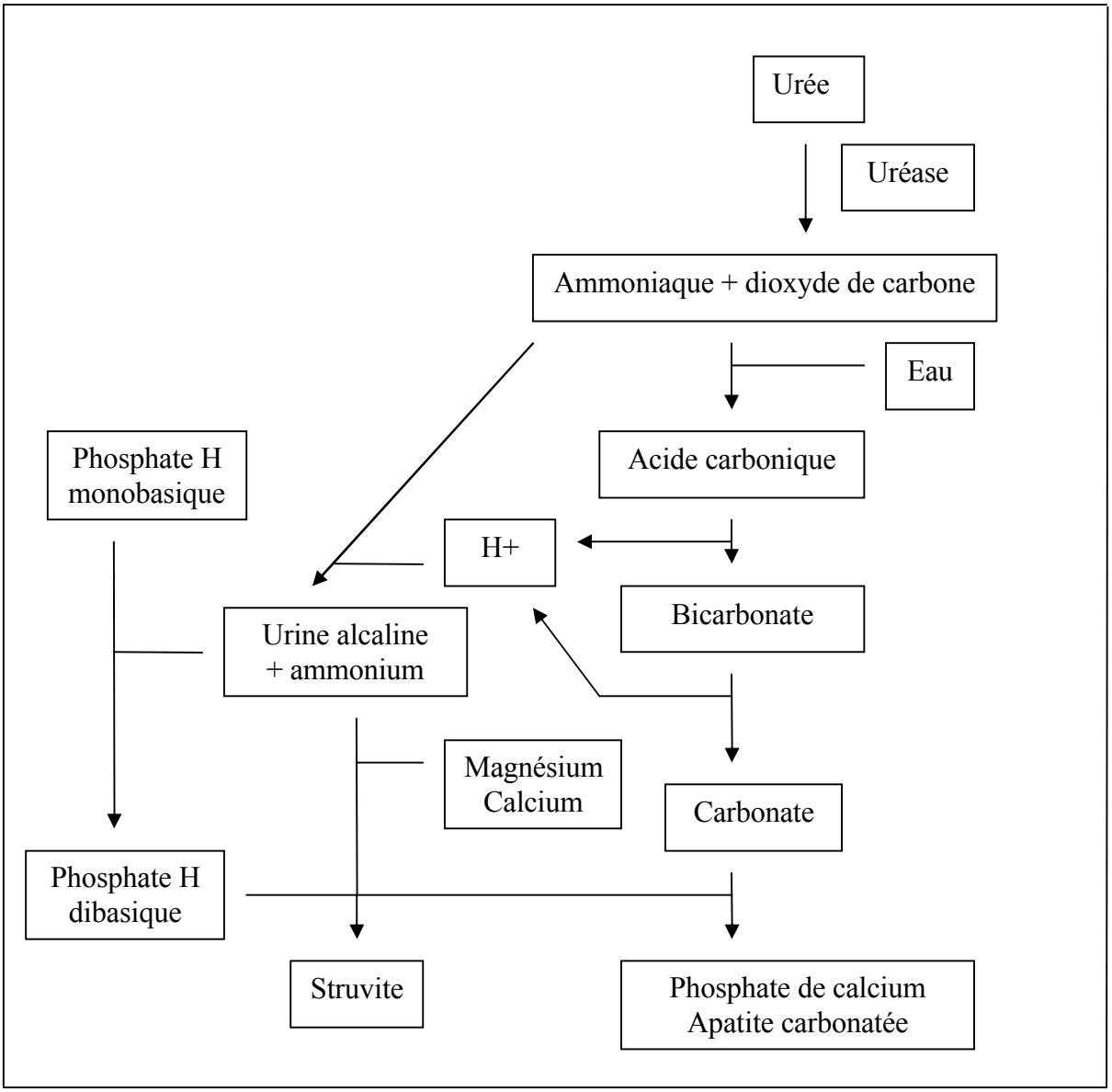


Figure 5 Schéma des processus chimiques et de l'effet de l'uréase dans l'urolithiase à struvite résultant d'une infection, *d'après [60].*

Les calculs de struvite stériles sont rares chez le chien, sauf chez le Cocker Spaniel ; leur étiopathogénie inclut des facteurs alimentaires, métaboliques ou familiaux, mais elle ne fait pas entrer en jeu d'uréase bactérienne.

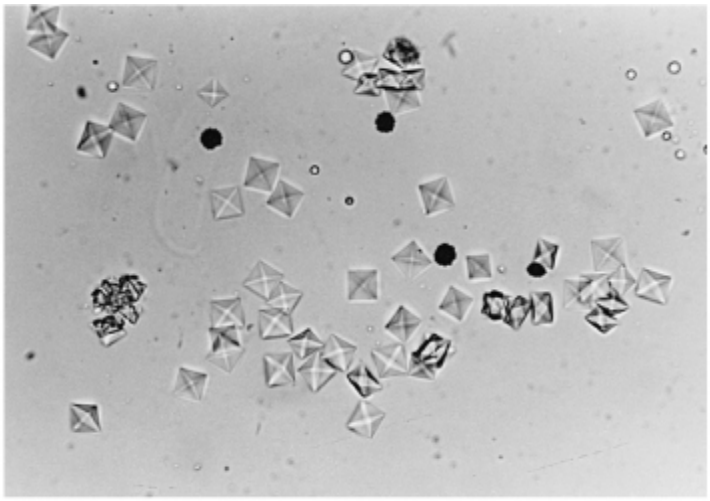
4. Formation des calculs d'oxalate de calcium chez le chien et le chat

Nous avons vu que depuis ces 20 dernières années, l'incidence des calculs d'oxalate de calcium était en nette augmentation chez le chat [50]. Ces calculs sont composés d'oxalate de calcium monohydrate (whewellite) ou d'oxalate de calcium dihydrate (weddelite).

Les cristaux d'oxalate de calcium sont de taille variable mais toujours de forme octaédrique, incolores, en forme d'enveloppe, c'est-à-dire carré avec des diagonales proéminentes (voir *figure 6*).

Les calculs d'oxalate de calcium ont généralement une surface rugueuse et irrégulière (voir *figure 7*). Ils sont retrouvés le plus souvent dans la vessie ou dans l'urètre, mais quand

des calculs apparaissent dans le rein ou dans les uretères, il s'agit dans 90% des cas d'oxalate de calcium.



Copyright © 2005, 2000, 1995, 1989, 1983, 1975 by Elsevier Inc.

Figure 6 Aspect des cristaux d'oxalate de calcium dihydrate au microscope électronique, *d'après [27].*

Copyright © 2005, 2000, 1995, 1989, 1983, 1975 by Elsevier Inc.

Figure 7 Calculs d'oxalate de calcium, *d'après[84].*

L'hypercalciurie, l'hypercalcémie, l'hyperoxalurie, et la présence d'inhibiteurs ou de promoteurs de la formation des cristaux sont des facteurs de risque de l'apparition des calculs d'oxalate de calcium [10] (voir *figure 8)*.

Contrairement aux calculs de struvite, le pH urinaire n'influence pas significativement la cristallisation des oxalates de calcium.

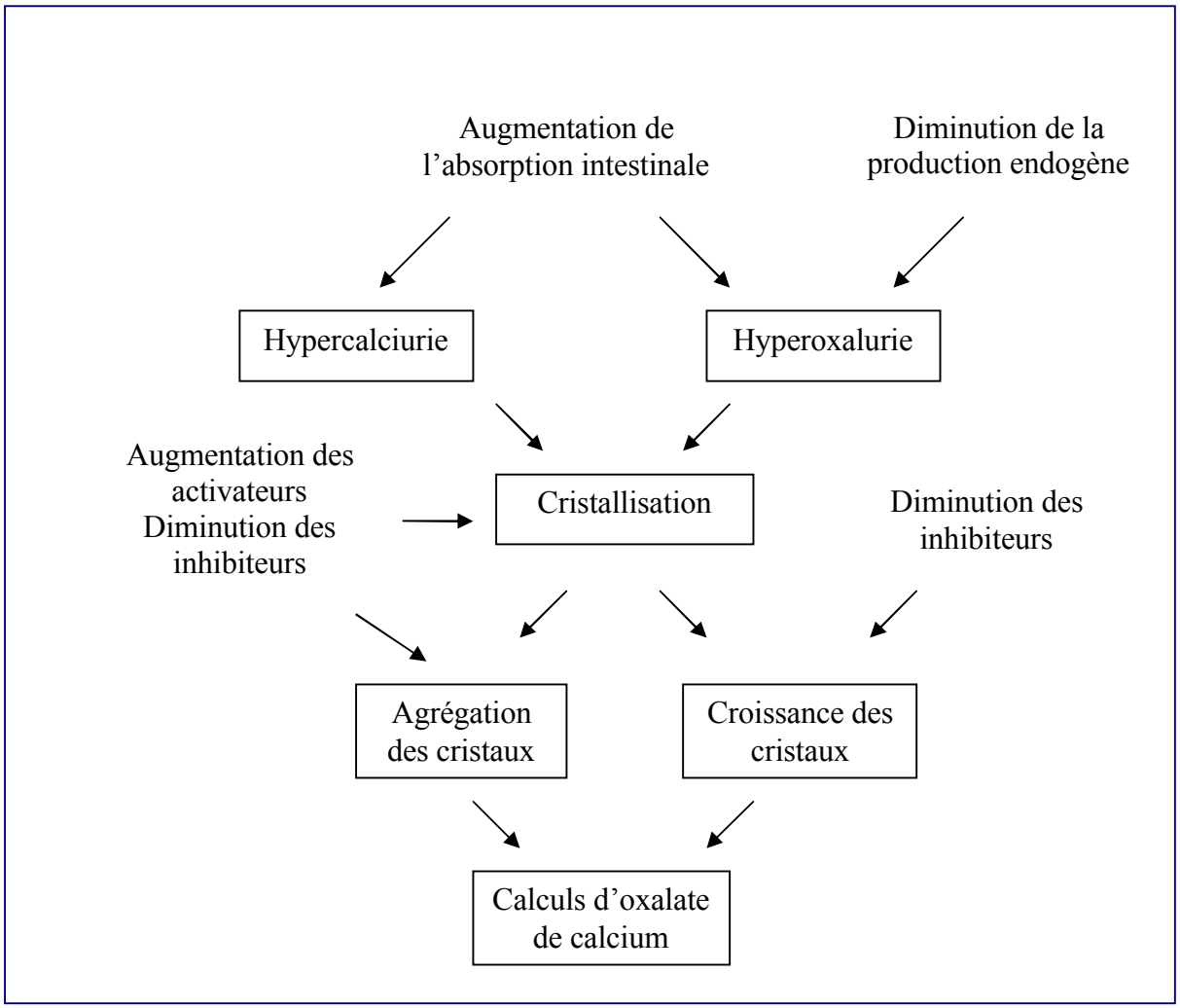


Figure 8 Schéma théorique des facteurs pouvant favoriser la formation des calculs d'oxalate de calcium, *d'après [60].*

a) Hypercalciurie

L'augmentation de l'excrétion urinaire de calcium est le principal facteur de risque d'urolithiase à oxalate de calcium.

Nous allons commencer par faire un rappel concernant l'homéostasie du calcium : elle se fait par l'action de la parathormone (PTH), et la 1,25-dihydrocholecalciferol (1,25-vitamine D) sur les os, intestins et reins. Quand la concentration sérique en calcium diminue, il y a activation de la PTH et 1,25-vitamine D, entrainant une mobilisation de calcium à partir des os, une augmentation de l'absorption intestinale de calcium et une augmentation de la réabsorption tubulaire rénale de calcium. Inversement une concentration sérique élevée en calcium diminue l'activation de la PTH et 1,25-vitamine D, entrainant une diminution de la mobilisation osseuse de calcium, une diminution de l'absorption intestinale de calcium et une augmentation de l'excrétion urinaire de calcium (*voir figure 11*). Ainsi on comprend que l'hypercalciurie peut apparaitre suite à trois mécanismes : une hyperabsorption intestinale de calcium, une mauvaise réabsorption rénale de calcium (fuites rénales), une mobilisation osseuse excessive de calcium (résorption suite à un hyperparathyroidisme primaire) [10].

b) Hyperoxalurie

L'oxalate excrété au niveau urinaire provient de l'alimentation (nombreuses feuilles, épinards, oseille, salade, haricots verts, aubergine, carotte…mais aliments peu distribués aux chats et chiens) et de manière endogène du métabolisme de l'acide ascorbique (vitamine C) et de certains acides aminés comme la glycine ou la sérine. L'hyperoxalurie primaire n'a pas été identifiée chez le chien.

L'acide oxalique forme des sels solubles avec les ions sodium et potassium et insolubles avec les ions calcium. Ainsi l'augmentation de l'excrétion urinaire d'acide oxalique va favoriser la formation de calculs d'oxalate de calcium [10] [83].

L'hyperoxalurie a aussi été observée chez les chattons consommant des régimes déficients en vitamine B6.

c) Inhibiteurs de la formation des calculs d'oxalate de calcium

L'urine contient naturellement plusieurs inhibiteurs de formation et de croissance des urolithes. Les deux principaux inhibiteurs de formation des calculs d'oxalate de calcium sont le citrate et le magnésium.

Dans l'urine, le citrate forme des complexes solubles avec le calcium. L'acidose métabolique diminue l'excrétion urinaire de citrate en augmentant sa réabsorption tubulaire. Au contraire, l'alcalose métabolique diminue la réabsorption de citrate et donc augmente son excrétion urinaire. Le rôle de l'hypocitraturie dans la formation des urolithes à oxalate de calcium chez le chien est possible mais rien n'a été prouvé. La seule étude réalisée ne rapporte pas de différence significative concernant l'excrétion urinaire du citrate entre six Schnauzer miniatures avec des urolithiases à oxalate de calcium et des beagles non atteints [56].

Un autre inhibiteur de la formation des calculs d'oxalate de calcium est le magnésium, qui agit lui aussi en formant des complexes avec l'oxalate, réduisant la saturation urinaire en oxalate de calcium.

Le pyrophosphate dans l'urine est un autre inhibiteur des oxalates de calcium. Son taux est lié à celui de phosphore présent dans l'aliment. Chez le chien, le rôle du pyrophosphate est peu décrit, mais des aliments réduits en phosphore entrainent une augmentation du risque de formation des oxalates de calcium, ce qui peut être attribuable à une faible concentration de pyrophosphate dans l'urine [51].

d) Acidose métabolique

Les recherches concernant la dissolution des calculs de struvite ont conduit les fabricants alimentaires à produire des aliments restreints en magnésium et acidifiants. Malheureusement, l'augmentation de la fréquence des calculs d'oxalate de calcium semble être apparue depuis que ces modifications ont commencé. Des études révèlent que les aliments formulés pour diminuer le risque d'apparition des calculs de struvite en réduisant le pH urinaire, augmentent parallèlement l'apparition des calculs d'oxalate de calcium [50].

Bien qu'acidifier l'urine augmente la solubilité des cristaux de struvite chez le chat, si une acidose métabolique apparait, elle entraine la libération de carbonate de calcium des os pour tamponner les ions H+, provoquant une calciurie et une augmentation de la saturation urinaire en cristaux (voir *figure 9*). De plus, l'acidose est associée à une diminution de l'excrétion urinaire de citrate, ce qui prédispose à la formation des calculs d'oxalate de calcium comme nous l'avons écrit au-dessus [84].

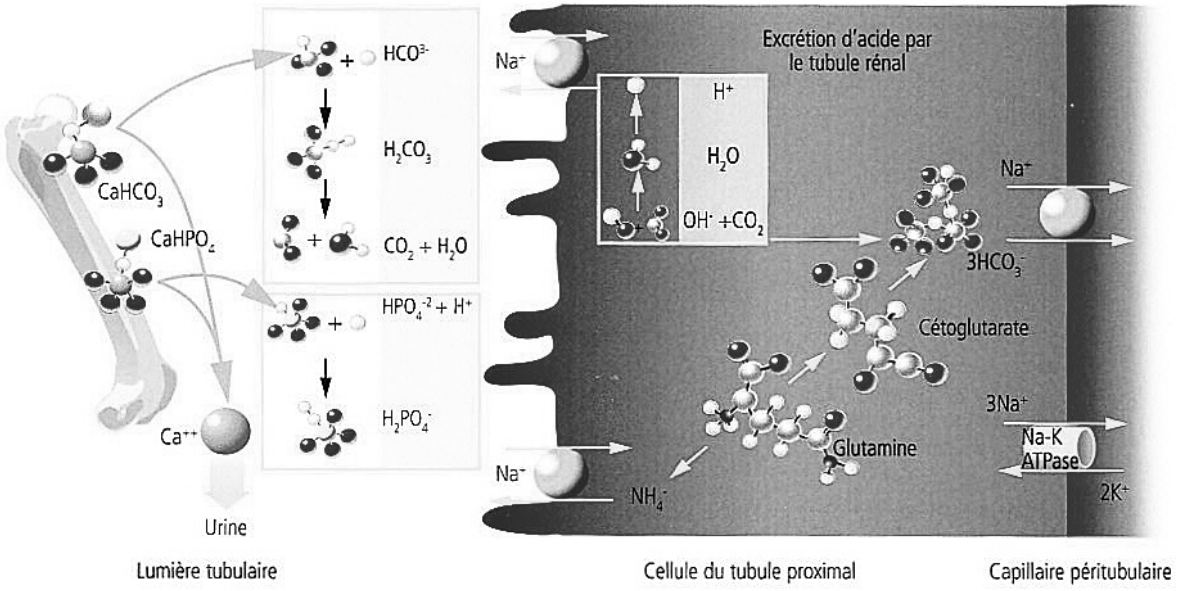


Figure 9 Excrétion d'ions H+ par le tubule rénal. *Lors d'acidose métabolique, l'os libère des phosphates et carbonates de calcium dans la circulation sanguine. La calciurie augmente et il y a donc un risque accru de formation d'oxalate de calcium, d'après [79].*

e) Hypercalcémie

Les chats présentant des calculs d'oxalate de calcium doivent avoir un contrôle de leur calcémie, l'hypercalcémie constituant un facteur de risque de formation de ces calculs en augmentant la calciurie. La correction de l'hypercalcémie est importante pour prévenir la récidive des cristaux d'oxalate de calcium. Beaucoup de chats présentent une hypercalcémie idiopathique. Une étude menée à «Urolith Center» université du Minnesota, a révélé une hypercalcémie modérée sur 35% des chats présentant des calculs d'oxalate de calcium [66].

f) Maladies intercurrentes

L'hypercorticisme est associé aux urolithiases à oxalates de calcium chez le chien. En effet, les glucocorticoïdes en excès conduisent à une hypercalciurie secondaire à une augmentation de la résorption osseuse. De plus, les glucocorticoïdes diminuent la réabsorption tubulaire de calcium, entraînant une hypercalciurie et augmentant ainsi le risque de formation des oxalates de calcium.

5. Récapitulatif des facteurs de risque alimentaires pouvant entraîner la formation des urolithiases

Le *tableau 2* rappelle les facteurs de risque alimentaires pouvant entrainer la formation des urolithes chez le chien :

Type de calculs	Alimentation	Caractéristiques urinaires	Métabolisme/autres facteurs
Struvite	-Très riche en magnésium -Très riche en phosphore - Faible consommation d'eau	- pH alcalin - ITU à bactéries uréase-positive - Faible volume urinaire	
Oxalate de calcium	- Très riche en calcium - Très riche en oxalate	- Faible volume urinaire - Hypercalciurie - Hyperoxalurie	- Hypercalcémie - Hypercorticisme - Acidose métabolique chronique

Tableau 2 Facteurs de risque d'apparition des urolithiases, *d'après [68].*

Après avoir effectué ces quelques rappels épidémiologiques et pathogéniques sur l'IRC et les urolithiases, nous allons nous intéresser maintenant à la gestion nutritionnelle des ces deux affections urinaires. Cette partie sera l'occasion de comparer les formules nutritionnelles de différents aliments diététiques préconisés pour ces affections avec des aliments physiologiques.

II. Principes généraux de la gestion nutritionnelle de l'IRC et des urolithiases chez les carnivores domestiques : application aux aliments disponibles sur le marché

A. Evolution des concepts diététiques dans le traitement et la prévention de l'insuffisance rénale

Depuis une quinzaine d'années, les concepts nutritionnels de la prise en charge de l'IRC sont en constante évolution, et les fabricants d'aliments vétérinaires ont développé un marketing important autour de ces concepts [64].

Les études ont portés sur des constituants alimentaires clés de la ration d'un animal IRC. Il s'agit notamment de la réduction de l'apport en phosphore (ou de la diminution de son absorption intestinale). L'apport protéique, quant à lui, a pendant longtemps été l'objet de controverses.

Les premières études recommandées des aliments avec une teneur très restreinte en protéines, une densité énergétique élevée et un haut niveau d'appétence.

Par la suite, d'autres expérimentations ont conseillé une teneur réduite en protéines, une densité énergétique élevée, mais également une teneur réduite en phosphore.

A partir de la troisième version, la restriction protéique passe au second plan et devient modérée, et on s'intéresse plutôt à la restriction phosphorée.

Aujourd'hui, cet aliment a une teneur réduite en phosphore et modérément restreinte en protéines (de bonne qualité). Il a toujours une densité énergétique élevée, sa teneur en sodium est toujours modérément réduite et celle en vitamines liposolubles accrue. Des voies de recherche sont actuellement explorées dans le domaine des acides gras et du métabolisme des lipides.

Le moment opportun de la mise en place d'un régime alimentaire adapté est lui aussi sujet à controverse. En pratique on conseille d'instaurer le traitement diététique dès la mise en évidence d'un dysfonctionnement rénal. Une perte avérée de la capacité à concentrer les urines ou une protéinurie marquée, même en l'absence d'azotémie, signale l'existence de lésions rénales sévères et indiquent la nécessité d'un traitement diététique. Par contre, un tel aliment diététique n'est absolument pas indiqué dans le cadre de la prévention de l'IRC [5].

Les aliments physiologiques pour chiens et chats sont trop riches en phosphore, protéines, sodium, chlore et charge acide pour convenir aux animaux IRC. Nous allons nous intéresser maintenant aux recommandations nutritionnelles préconisées pour les animaux IRC.

B. Facteurs nutritionnels clefs de l'animal insuffisant rénal chronique

En l'absence de traitement efficace de l'IRC et compte tenu de l'impossibilité pratique d'une épuration extra-rénale chez l'animal, on conçoit toute l'importance d'une diététique palliative adéquate pour améliorer le bien-être et la longévité des sujets concernés.

La modification du régime alimentaire a pour objectif de répondre aux besoins énergétiques du chien et chat, d'atténuer les signes cliniques et les conséquences de l'intoxication urémique, de réduire au minimum, les troubles du bilan hydrique, électrolytique, vitaminique, minéral et acido-basique, et de ralentir la progression des lésions rénales.

1. Maintien de l'équilibre hydrique

Un chien ou un chat atteint d'IRC doit toujours avoir accès à de l'eau potable renouvelée régulièrement. Même en cas de polydipsie, les propriétaires doivent laisser leur animal boire à volonté. La polydipsie compense en effet la polyurie et évite une déshydratation, une hypoperfusion rénale pouvant précipiter une crise urémique. L'ingestion d'eau peut être encouragée par la présentation de la ration sous forme humide, sous forme de croquettes humidifiées. Pour les chats chez lesquels la prise de boisson est insuffisante pour prévenir la déshydratation, le propriétaire pourra administrer à la maison des fluides par voie sous cutanée. Les principales sources de fluides utilisées sont des solutions de Ringer Lactate ou de NaCl 0.9% (préféré car les solutions contenant du dextrose ou du potassium peuvent être irritantes lorsqu'elles sont administrées par voie sous cutanée) [73].

Rappelons qu'un chien à l'entretien boit 40-70mL d'eau/kg de poids vif (PV), un chat 40-80mL d'eau/kg de PV.

2. Ajustement des apports énergétiques

La couverture des besoins énergétiques représente une priorité de la diététique de l'IRC.

a) Quantitativement

Chez un animal atteint d'IRC, il est important de minimiser le métabolisme des protéines (qu'elles soient de source endogène ou exogène) pour procurer de l'énergie, puisque cela ajoutera des déchets azotés nécessitant leur excrétion par les reins déficients. Par conséquent, le but est de couvrir les besoins de l'animal en apportant dans l'aliment une source d'énergie non protéique. De plus, en raison de la diminution de l'appétit parfois observée, il est important d'augmenter l'appétence et la densité énergétique de la ration.

Les besoins énergétiques d'entretien des animaux atteints d'IRC n'ont pas été clairement définis. En l'absence de cette information, il est recommandé d'utiliser les équations normales d'entretien au début du traitement, et d'ajuster ensuite les apports en fonction des cas individuels.

On estime que les besoins énergétiques (BE) se calculent à partir de l'équation suivante chez le chien :

BE = 132 Kcal EM*PM

EM=énergie métabolisable, PM=poids métabolique=(poids vif)^{0,75}

Ils sont exprimés en fonction du poids métabolique chez le chien, tenant compte de la surface corporelle de l'animal, du fait de la grande variation de taille et de poids dans cette espèce. Chez le chat, les besoins énergétiques se situent entre 60 à 80 Kcal EM/kg de Poids Vif/jour. Ces estimations sont cependant données à titre indicatif et doivent être adaptées à chaque cas, en fonction du mode de vie de chaque animal. La présence d'une infection, de fièvre, de perturbations métaboliques, la croissance, l'amaigrissement, les lésions rénales ou l'absence d'activité physique, demandent en particulier un ajustement de l'apport calorique.

Un moyen simple de contrôler que l'apport énergétique correspond aux besoins de l'animal est sa pesée régulière, le poids devant rester stable.

b) Qualitativement

L'énergie nécessaire sera ainsi fournie surtout par des lipides et des glucides.

(1) Les lipides

L'apport en lipides est un point important de l'alimentation de l'animal IRC. Cet apport doit être envisagé sous l'angle quantitatif et qualitatif.

L'animal malade présente souvent une dysorexie. Afin de prévenir l'amaigrissement et le processus catabolique qui l'accompagne, il est souvent nécessaire de proposer des rations de densité énergétique élevée, donc à forte concentration lipidique. C'est le cas de tous les aliments disponibles sur le marché actuel. Les lipides sont également un facteur d'appétence dans les rations.

Ainsi, les régimes conçus pour le traitement de l'IRC sont typiquement formulés avec une forte teneur en lipides, parce qu'ils apportent à peu près deux fois plus d'énergie par gramme que les glucides (un gramme de lipides apporte 9 kcal contre 4 kcal pour un gramme de glucides). Dès lors, les lipides augmentent la densité énergétique du régime, ce qui permet à l'animal de couvrir ses besoins énergétiques avec un volume alimentaire réduit. Une ration réduite en volume minimise la distension gastrique, ce qui réduit le risque de nausées et de vomissements [28].

En pratique, on conseille une teneur en lipide minimale chez l'animal IRC de 15 à 18g pour 100g de matière sèche (MS). Plus l'aliment est dense en énergie, moins l'animal devra en ingérer pour couvrir ses besoins. Une densité énergétique minimale de 4000 kcal EM/kg de MS est conseillée chez le chat, contre 3500 chez le chien. Actuellement, on recommande une densité ≥ 4200 kcal EM/kg de MS chez les chats souffrant d'IRC débutante, 4000 kcal EM/kg de MS chez le chien, et ≥ 4400 kcal EM/kg de MS pour les cas sévères chez le chat, contre 4500 kcal EM/kg de MS chez le chien.

Ces lipides devront apporter des acides gras essentiels (acide linoléique, acide arachidonique). Ils ont pour avantage d'augmenter l'appétence de l'alimentation souvent diminuée par la restriction protéique. Ils encouragent donc un animal anorexique à manger.

La nature des lipides et des acides gras les composant serait importante selon des études réalisées chez les rats, l'homme et les carnivores du fait des effets induits (voir *figure 10*).

Les acides gras polyinsaturés seraient ainsi bénéfiques à la fonction rénale.

Chez le chien, l'acide linoléique, acide gras polyinsaturé de type ω-6, est un précurseur de l'acide arachidonique qui est à l'origine de la synthèse d'eïcosanoïdes rénaux (prostaglandines et thromboxanes). En revanche, les chats ne peuvent pas convertir efficacement l'acide linoléique en acide arachidonique. On considère que l'acide linoléique et l'acide arachidonique sont tous deux des acides gras essentiels chez le chat.

Les principaux éïcosanoïdes dérivés de l'acide arachidonique sont les prostaglandines E2 et les thromboxanes A2. Les prostaglandines E2 sont les principales éïcosanoïdes vasodilatatrices. Elles permettent l'augmentation du flux sanguin rénal et du taux de filtration glomérulaire. Le thromboxane A2, vasoconstricteur rénal, diminue le flux sanguin rénal et le taux de filtration glomérulaire. L'acide linoléique favoriserait plutôt la synthèse de PGE2.

Les acides gras insaturés ω-3 entrent en concurrence avec l'acide arachidonique et modifient la production d'éïcosanoïdes : ils auraient un effet protecteur sur le glomérule en inhibant la synthèse des prostaglandines de la série 2 (pro-inflammatoires) à partir de l'acide arachidonique.

Une étude faite chez des chiens atteints spontanément d'IRC [19] et qui recevaient un aliment à teneur restreinte en phosphore et en protéines, a comparé les effets d'une supplémentation en huile de carthame (source d'acides gras ω-6) et en huile de poisson (source d'acides gras ω-3). Les niveaux de supplémentation étaient approximativement de 1g d'huile/250-300kcal. Les paramètres mesurés comprenaient notamment le taux de filtration

glomérulaire. On a ainsi noté une augmentation significative du TGF de 50 % en moyenne, avec la supplémentation en huile de poisson (acides gras ω-3) ; il n'y avait pas de changement significatif du TGF lors de l'administration du supplément d'huile de carthame. Une amélioration du TGF ne peut qu'apporter un bénéfice à court terme au patient et cette étude n'a pas déterminé le mécanisme par lequel ce phénomène se produit.

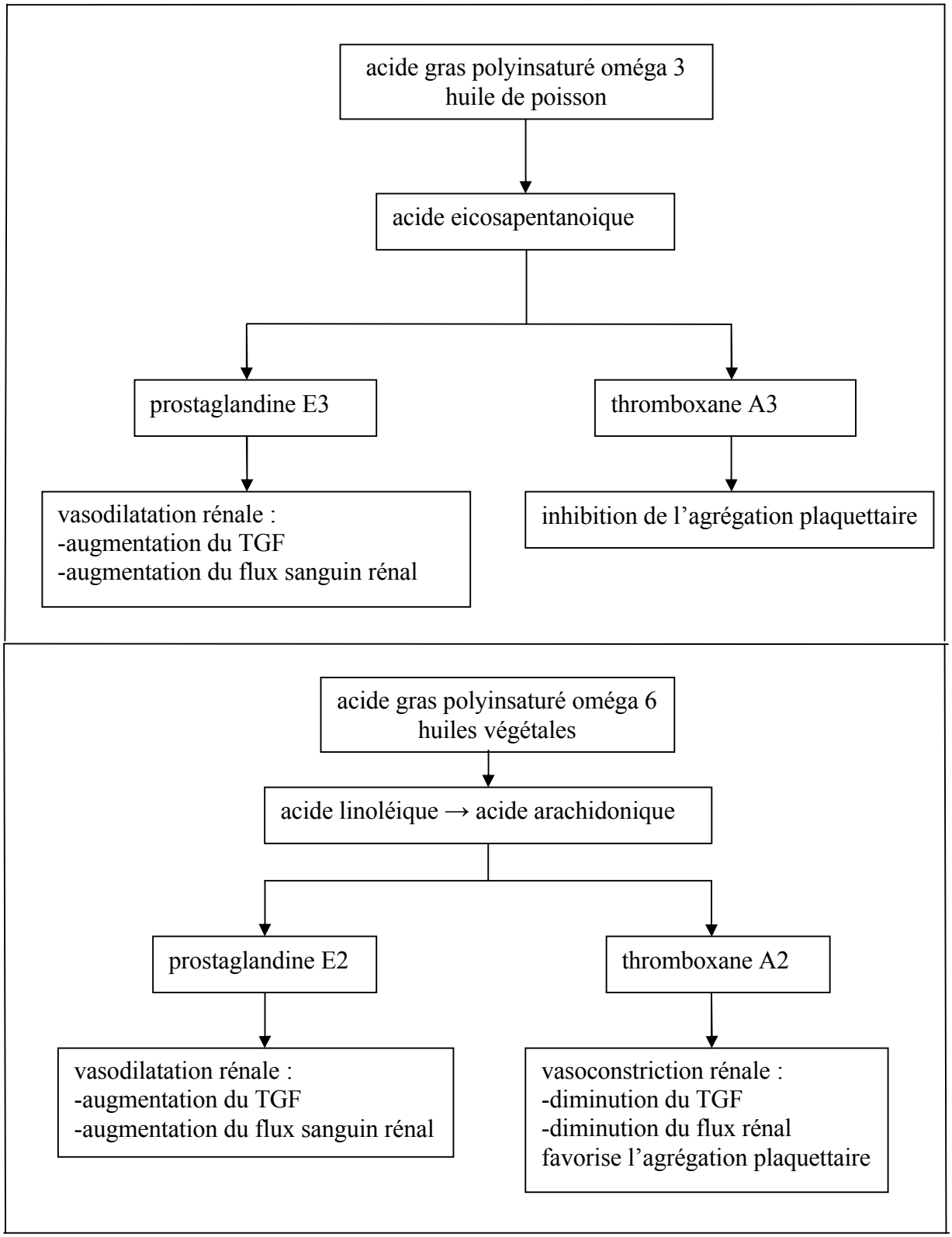


Figure 10 Influence des acides gras polyinsaturés oméga 3 et oméga 6 dans la progression de l'IRC, *d'après [19].*

Globalement, les acides gras essentiels ω-6 ont un effet plutôt pro-inflammatoire, alors que la série ω-3 a un effet plutôt modulateur du processus inflammatoire. Ainsi, les régimes enrichis en acides gras polyinsaturés ω-3 ralentiraient la progression des lésions rénales avec la diminution du processus inflammatoire lié à la sécrétion de cytokines, ainsi que la lutte contre la dysorexie voire l'anorexie.

Les acides gras longs et saturés tendent à inhiber la synthèse des prostaglandines, exposent à l'hyperlipidémie et peuvent amplifier le risque de sclérose glomérulaire.

On n'a pas déterminé la teneur optimale en acides gras de la ration, ni la proportion des différents acides gras de la ration d'un animal IRC. Actuellement, beaucoup d'articles évoquent l'importance du rapport ω-3/ω-6, mais les apports absolus semblent plus intéressants que les apports relatifs (notamment la quantité d'ω-3 apportée). En effet, ce n'est pas parce qu'un aliment a un bon rapport ω-3/ω-6 qu'il contient suffisamment d'acides gras ω-3 pour limiter le processus inflammatoire. Certaines publications recommandent un supplément en acides gras polyinsaturés ω-3 de 1 à 5 g/j [19].

Ainsi, les effets des lipides sur la progression de l'IRC spontanée ou expérimentale semble dépendre de la nature de lipides. En pratique, les lipides apportés le seront sous forme de beurre ou de graisses animales riches en acide arachidonique, de margarine ou d'huile végétale riches en acides gras polyinsaturés.

(2) Les glucides

Comme nous l'avons vu, ce sont de moins bonnes sources d'énergie que les lipides. Ils seront apportés sous forme de sucres rapides (pâtes, riz, miel), amidon.

3. Ajustement de l'apport protéique

Depuis plusieurs années, la modification des quantités et de la qualité des protéines intégrées dans le régime d'un animal IRC est controversée.

Le premier intérêt de la restriction de l'apport alimentaire en protéines aux animaux insuffisants rénaux, est la diminution de la production d'urée, de créatinine et des toxines urémiques. De fait, les troubles cliniques et biologiques associés à ces molécules seront également réduits. Le second intérêt de cette restriction protéique, est la réduction des phénomènes d'hyperfiltration rénale qui provoquent l'apparition de nouvelles lésions rénales (glomérulosclérose) et donc la progression de l'IRC. Ceci a été démontré par Brenner dès 1982 [17].

Malgré les nombreuses études sur ce sujet, il n'y a cependant pas de consensus concernant l'impact du taux de protéines sur la progression de l'IRC.

a) Besoins quantitatifs

(1) Régime hypoprotéique

(i) Besoins quantitatifs du chien IRC

Auparavant, on considérait que les besoins protéiques d'un animal IRC étaient supérieurs à ceux d'un animal normal, en raison de la maldigestion, de la protéinurie.

Cependant, on a rapidement démontré que chez les animaux atteints d'IRC, un apport protéique élevé pouvait perturber l'hémodynamique rénale et léser les néphrons encore intacts. Des études expérimentales ont été réalisées sur des rats partiellement néphrectomisés

et nourris avec des rations hyperprotéiques. Ces animaux ont présenté une hypertension glomérulaire et une hyperfiltration avec une sclérose glomérulaire progressive et une destruction des néphrons intacts. La perte de la fonction rénale se traduit par une accumulation de déchets azotés toxiques, tels que l'ammoniac et les dérivés guanidiques. Les hyperammoniémies sont toxiques pour le tissu rénal et peuvent entretenir les lésions rénales.

Le déficit protéique est tout aussi préoccupant. En effet, une restriction azotée trop importante peut conduire, en particulier chez le chat, à de la malnutrition pouvant entrainer une hypoalbuminémie, une anémie, une perte de poids. De plus, il s'ensuit un hypercatabolisme des protéines endogènes entrainant une accumulation des déchets azotés.

Les apports protéiques doivent donc respecter la loi du juste milieu, en assurant la totale couverture des besoins, y compris en acides aminés indispensables, sans prédisposer à un hypercatabolisme azoté responsable de la rétention de déchets toxiques.

La préconisation de régimes contenant une quantité réduite de protéines de haute qualité, est basée sur l'hypothèse suivante : une limitation de l'apport en acides aminés non indispensables entraîne une diminution de la production de déchets azotés, d'où la réduction ou l'élimination des signes cliniques liés à l'azotémie, même si la fonction rénale reste fondamentalement inchangée. Des études ont en effet montré que le fait de modifier l'ingéré protéique peut réduire l'urémie et améliorer le tableau clinique. Le besoin protéique d'un chien souffrant d'IRC n'est pas connu, il est évalué sur la base du besoin protéique minimum du chien sain, soit 2 à 3g/kg/j (pour des protéines de bonne qualité) ce qui correspond à des taux alimentaires d'environ 22g pour 100g de MS. Ce niveau de restriction impose l'utilisation de protéines de valeur biologique maximale.

Dans le commerce, on trouve des régimes avec des taux très variés de protéines : on distingue ainsi les régimes à taux protéique élevé, taux protéique modéré, taux protéique faible, taux protéique très faible :

- ✓ Les régimes expérimentaux très restreints en protéines (≤13g de protéines pour 100g de MS sur la base de 4 Mcal EM/kg) ont eu plus d'effets indésirables que d'effets bénéfiques (mal acceptés, perte de poids, hypoprotéinémie, acidose métabolique…).
- ✓ Les régimes modérément restreints (15-18g de protéines pour 100g de MS, soit environ 2-2.5g de protéines/kg PV/j) ont montré des effets variables. Ils n'ont pas toujours été bien acceptés. On a pu observer une amélioration globale du statut clinique mais aussi une baisse du TGF et une tendance à l'acidose.
- ✓ Les plus riches en protéines (44g de protéines pour 100g de MS et plus), induisent notamment une hyperazotémie et une protéinurie qui pénalisent le pronostic.
- ✓ Les taux intermédiaires (20-32g de protéines pour 100g de MS, soit environ 3.5g de protéines/kg PV/j ce qui se rapproche d'un régime normal) offriraient le maximum de garanties (TGF à un niveau correct sans exagération de l'azotémie ou de la protéinurie, pas d'avantage de lésions rénales qu'avec des régimes restreints…). C'est ce qu'a montrée une des dernières expérimentations [33]. Après ablation des 15/16èmes des néphrons et après 24 mois, le taux de protéines (17-18 vs 32-34g de protéines pour 100g de MS sur la base de 4 Mcal EM/kg) n'a pas eu d'influence sur la période de stabilité de la fonction rénale ni sur son déclin ultérieur. On considère depuis que, dans des limites de cet ordre, l'apport azoté ne participe pas à la dégradation anatomique ou fonctionnelle du rein, ni à une dégradation notable du statut clinique. L'apport protéique doit être raisonné en fonction des effets obtenus, tant sur l'ensemble des paramètres biochimiques que sur le bien-être des animaux. En première analyse, l'apport protéique est fonction de la créatininémie, témoin de l'hyperazotémie et surtout de l'évolution de l'IRC.

Le *tableau 3* récapitule les résultats de différents essais cliniques concernant la prise en charge nutritionnelle de chiens IRC.

Auteurs	Population et durée de l'étude	Régime étudié	Observations	Qualité de vie	Survivants
Barsanti, et al (1985)	14 chiens 6 mois	Protéines 14% Phosphore 1.6%	Perte de poids, bon état général, taux élevé d'urée	+	++
		Protéines 14% Phosphore 0.8%	Gain de poids, bon état général, ne semble pas prévenir la progression de l'IRC, acidose métabolique	++	+++
Granjean, et al (1990)	30 chiens 3 mois	Protéines 7% Phosphore 0.4%	Perte de poids, diminution de l'urée, anorexie partielle, hypoalbuminémie, acidose métabolique	+	+
		Protéines 38% Phosphore 1.6%	Taux élevés d'urée et de créatinine, nombreux signes cliniques d'urémie	-	Non déterminé
		Protéines 16 ou 13% Phosphore 0.42 ou 0.25%	Très bon état général, aucun signe clinique, diminution des taux d'urée et de créatinine, tendance à avoir des valeurs élevée d'hématocrite et hémoglobine	++	Non déterminé
Leibetseder, et al (1991)	60 chiens 6 mois ½	Protéines 20% Phosphore 0.33 à 0.38%	L'état général des chiens survivants n'est pas rapporté, mais serait amélioré	Non déterminé	6/28 morts
		Protéines 27% Phosphore 0.31 à 0.38%	L'état général des chiens survivants n'est pas rapporté, mais serait amélioré	Non déterminé	8/32 morts

		Protéines 24% Phosphore 1.1%	Diminution du taux de filtration glomérulaire	Non déterminé	Non déterminé
Hansen, et al (1992)	9 chiens IRC 8 semaines	Protéines 12% Phosphore 0.34%	Diminution du taux de filtration glomérulaire, gain de poids, pas d'amélioration concernant le taux d'urée, hypertension, hypercholestérolémie	Non déterminé	Non déterminé

Tableau 3 Résultats de différents essais cliniques concernant la prise en charge nutritionnelle de chiens IRC, *d'après**[9] [36] [53]*.

Le taux protéique et le taux de phosphore sont exprimés par rapport à la matière sèche.
Le nombre le plus important de survivants est exprimé avec +++, un taux intermédiaire de survivants est exprimé avec ++, un taux faible de survivants est exprimé avec +.
Une tendance à la détérioration de la qualité de vie est notée -, une tendance à l'amélioration de la qualité de vie est notée ++.
La dernière étude ne tient pas compte de la qualité de vie des chiens IRC, elle compare les effets de l'insuffisance rénale sur certains paramètres et pas les effets des régimes.

Ces essais cliniques révèlent que les chiens consommant un régime alimentaire modérément restreint en protéines survivent plus longtemps, ont une meilleure qualité de vie, prennent du poids comparés aux chiens nourris avec un taux de protéine très restreint ou un taux élevé de protéines [9] [36] [53].

Chez le chien, dans le cas d'IRC modérée (créatininémie comprise entre 15 et 45 mg/L), l'apport protéique doit être de 2-2,2g/kg/j de protéines de haute valeur biologique. Pour des IRC de degré plus avancé (créatininémie ≥ 45mg/L), la restriction protéique est plus sévère : 1,5g de protéines par kg/j. Il serait dangereux de descendre en-dessous de cette valeur [24]. Un régime réduit en protéines ne s'impose que chez un chien atteint d'IRC clinique. La majorité des aliments à visée rénale contiennent 12 à 18g de protéines pour 100g de MS.

(ii) Besoins quantitatifs du chat IRC

Les besoins protéiques d'un chat sont plus élevés que ceux d'un chien, et les régimes alimentaires restreints en protéines formulés pour les chiens sont inappropriés pour les chats [73]. Chez le chat, l'effet néfaste d'un régime à 52g de protéines pour 100g de MS a également été démontré. Mais un régime à taux protéique inférieur à 18g de protéine pour 100g de MS est peu appétent et ne fait qu'aggraver l'amaigrissement et l'urémie. De ce fait, les préparations hypoprotéiques destinées aux chiens urémiques ne conviennent pas aux chats.

Pour les chats atteints d'IRC, il faut fournir un minimum de 3,3 à 3.8 g/kg PV d'une protéine de qualité idéale. Ceci correspond approximativement à un taux protéique de 20 à 24g de protéines pour 100g de MS dans un aliment sec [86]. Les seuils critiques à partir desquels il convient de mettre en œuvre une thérapeutique diététique ne sont pas clairement établis chez le chat. Des taux plasmatiques d'urée de 0.8 g/l et de créatinine de 17 mg/l sont cités. Il est particulièrement conseillé de faire appel à des sources protéiques très appétentes telles que le foie, le poisson, les viandes, et d'ajouter suffisamment de matières grasses pour que la ration soit bien acceptée. Ces restrictions protéiques ont habituellement l'avantage de s'accompagner d'une réduction des apports en phosphore, en soufre et en magnésium, mais cela suppose la recherche de protéines de très bonne qualité.

Un taux protéique restreint est également recommandé pour minimiser l'anémie résultant des pertes sanguines gastro-intestinales et des effets des toxines urémiques sur le système hématopoïétique [26].

Il peut être nécessaire de restreindre d'avantage la teneur en protéines chez les animaux atteints d'IRC à un stade avancé. Cette décision repose principalement sur les signes cliniques des animaux, et ne doit pas être proposée dans le seul but de diminuer la concentration en urée sanguine. L'objectif nutritionnel d'une restriction en protéines est de prévenir les signes urémiques. Il convient de mettre en place un suivi mensuel ou bimensuel au début sur l'animal, afin de détecter les signes d'une éventuelle malnutrition protéique. Le clinicien doit trouver le meilleur compromis entre l'impact du régime alimentaire sur les manifestations biochimiques et cliniques de l'urémie, la fonction rénale et la prévention de la malnutrition. Une amélioration progressive des signes cliniques caractérisée par une diminution des vomissements, une reprise de l'appétit, une prise de poids, est généralement visible au bout de 2 à 4 semaines. Un suivi des concentrations de l'urée et de la créatinine sanguines ainsi que de l'évolution des signes cliniques est nécessaire après administration du régime, pour déterminer s'il faut augmenter ou diminuer le taux protéique de la ration.

Ainsi, l'efficacité de la restriction protéique pour améliorer les signes cliniques liés à l'urémie est bien prouvée. Par contre, son utilité pour arrêter ou retarder la progression de l'IRC n'a pas encore été clairement démontrée.

(2) Rapport protido-calorique

Il est important de formuler des aliments diététiques pour l'IRC qui présentent un bon équilibre entre calories protéiques et non protéiques. Ceci est mesuré par le rapport protido-

calorique (RPC = g de protéine brute par mégacalorie d'énergie métabolisable). Le RPC d'un chien adulte à l'entretien devrait être de 60 ; 65 pour un chat adulte.

Chez le chien, lors d'IRC débutante (créatininémie≤25mg/L), un RPC=50-80g de protéines/Mcal d'EM est préconisé (soit un RPC d'un aliment physiologique pour un chien à l'entretien). Lors d'azotémie modérée, (25<créatininémie≤50), un RPC=35-50 est préconisé. Lors d'azotémie sévère (créatininémie>50), un RPC=25-30 est préconisé.

Chez le chat IRC, il faut assurer un RPC réduit au maximum vers 55g de protéines/Mcal d'EM initialement, puis vers 45-50 lorsque la sévérité du trouble augmente.

Parallèlement à une diminution de la quantité de protéine, on augmenterait sa qualité.

b) Besoins qualitatifs

La viande parée, les abats rouges, le poisson, les produits lactés, les œufs, les levures et les concentrés protéiques de soja ont une bonne digestibilité (>85%), et fournissent des hautes teneurs en acides aminés essentiels, en particulier en lysine et tryptophane.

Une supplémentation en lysine peut encore rehausser la valeur biologique de la ration. Une attention particulière doit être accordée à l'arginine qui deviendrait fréquemment le premier facteur limitant de ces rations hypoprotéiques, alors qu'elle joue un rôle primordial dans la détoxication de l'ammoniac [6].

En revanche, il faudrait limiter au plus juste les apports de méthionine et de phénylalanine dont les taux sanguins s'élèvent lors d'IRC. En effet, l'IRC entraîne un dysfonctionnement hépatique qui peut contribuer aux manifestations d'encéphalose. Pour atténuer ces risques, il conviendrait de rehausser la nourriture alimentaire en valine, leucine et isoleucine, en faisant appel aux protéines lactées.

4. Correction des perturbations phospho-calciques

Au cours de l'IRC, une moins bonne excrétion rénale du phosphore entraîne une hyperphosphatémie, à l'origine d'hyperparathyroïdie secondaire rénale. Celle-ci est vivement renforcée par la moindre assimilation du calcium en raison des troubles digestifs, et de l'inefficacité de la vitamine D mal convertie en 1,25-dihydrocholécalciférol. Cette hyperphosphatémie est l'un des déséquilibres électrolytiques les plus importants par ses conséquences désastreuses. Elle est responsable de l'hyperparathyroïdisme secondaire rénal, de l'ostéodystrophie, des calcifications des tissus mous et en particulier des reins.

a) L'hyperparathyroïdie secondaire rénale

Au cours de la première phase de l'IRC, malgré la réduction néphronique irréversible, la fonction exocrine est préservée grâce à des mécanismes compensateurs [25]. Une hausse du taux de filtration glomérulaire dans les néphrons restants permet de conserver l'homéostasie du milieu intérieur, mais induit une aggravation des lésions glomérulaires (sclérose) : le TFG diminue donc progressivement. En début d'évolution, la concentration en phosphore reste constante grâce à l'hyperfiltration glomérulaire. Puis, face à la diminution du TFG, son excrétion rénale est maintenue grâce à une augmentation de la charge filtrée. L'hyperphosphatémie apparaît lorsque le TFG baisse de 30%, d'autant plus que l'apport alimentaire en ions phosphore reste constant. La concentration en phosphate suit la hausse du taux d'urée et de créatinine plasmatiques dont les charges filtrées sont également augmentées.

Lors de la seconde phase de l'IRC, lorsque la baisse du TFG atteint 50%, les mécanismes de régulation interviennent, et l'hyperparathyroïdie se met en place :

l'hyperphosphatémie stimule la sécrétion de parathormone (PTH) par les glandes parathyroïdes. La PTH régule les échanges phosphocalciques réalisés dans les reins et les os (voir *figure 11*) :

- elle a une action immédiate au niveau du rein : réabsorption tubulaire accrue du calcium et excrétion importante d'ions phosphore
- elle favorise la résorption osseuse en stimulant d'avantage les ostéoclastes que les ostéoblastes, ce qui provoque une mobilisation du calcium osseux
- elle stimule la synthèse de 1,25-dihydrocholécalciférol ou calcitriol, métabolite biologiquement actif de la vitamine D

A ce stade, la fonction endocrine étant maintenue, la normalisation de la calcémie et la présence de calcitriol assurent un rétrocontrôle négatif sur la synthèse de PTH.

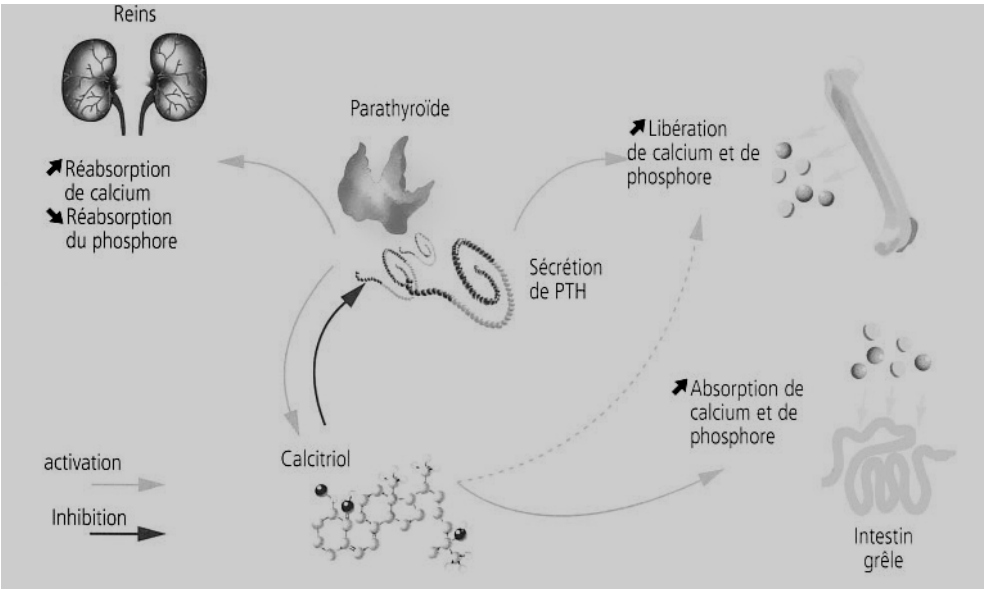


Figure 11 Influence de la PTH sur le métabolisme du calcium et du phosphore. *Ce diagramme souligne le rôle d'un déficit en calcitriol (principalement dû à une inhibition par le phosphore de la synthèse du calcitriol et à la perte de masse fonctionnelle rénale) en ce qui concerne l'initiation et la perpétuation de la sécrétion excessive d'hormone parathyroïdienne, d'après [32].*

La troisième phase de la maladie est accompagnée d'une déficience rénale marquée. L'altération de la fonction endocrine a pour conséquence une diminution de la synthèse de vitamine D (défaut d'1α-hydroxylase), aggravée par l'hyperphosphatémie (qui diminue l'activité de l'hydroxylase). Cette hypovitaminose D a deux conséquences : une diminution de l'absorption intestinale de calcium qui accentue la tendance à l'hypocalcémie, et un défaut de rétro-inhibition de la synthèse de PTH, qui conduit à l'hyperparathyroïdie (voir *figure 12*).

L'augmentation de la parathormonémie stimule la biosynthèse de calcitriol, la résorption osseuse de calcium et de phosphore, et accroît la réabsorption rénale de calcium et l'excrétion de phosphore. Le taux de vitamine D circulante, la calcémie et la phosphorémie, sont ainsi maintenus à des valeurs usuelles jusqu'à des stades avancés de la maladie, tandis que la parathormonémie reste élevée.

A ce stade de l'évolution, une acidose métabolique est fréquente, en raison de l'incapacité des reins à excréter les ions hydrogènes et à réabsorber les bicarbonates. Cette acidose stimule l'excrétion urinaire de calcium et de phosphate (l'hyperphosphatémie est ainsi

modérée, mais la calcémie est diminuée) et favorise la formation de la fraction calcique ionisée, ce qui protège l'animal des crises d'hypocalcémie.

Au cours du stade ultime de l'évolution de l'IRC, la perte néphronique est telle que la biosynthèse de calcitriol est très faible : la concentration de calcium nécessaire au rétrocontrôle négatif de la sécrétion de PTH augmente donc. Les glandes parathyroïdes deviennent autonomes, insensibles à tout rétrocontrôle, et une hyperparathyroïdie tertiaire s'installe alors.

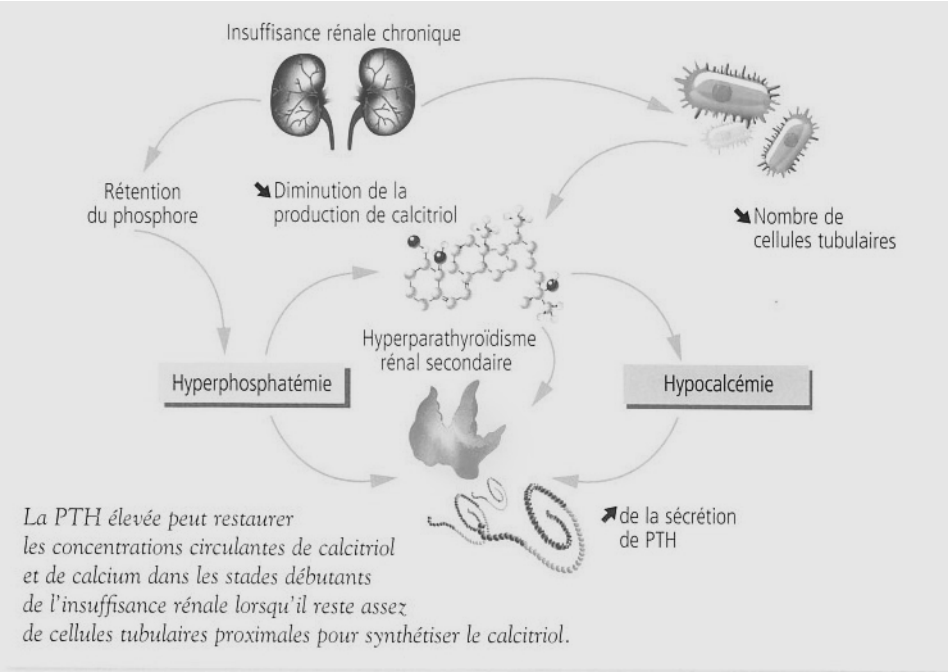


Figure 12 Mécanismes du développement de l'hyperparathyroïdisme secondaire à l'IRC, *d'après [32].*

Les conséquences de l'hyperparathyroïdie sont multiples (voir *figure 13)* :

- une ostéofibrose avec une déminéralisation osseuse liée à l'activité ostéoclastique
- des calcifications ectopiques se produisent en raison de l'augmentation du produit phosphocalcique. Ces dépôts peuvent concerner les différents tissus mous (poumons, artères, estomac, pancréas, myocarde, reins…)
- une anémie centrale (normocytaire et normochrome) est aussi présente en raison du rôle inhibiteur de la PTH sur la production et l'activité de l'érythropoïétine.

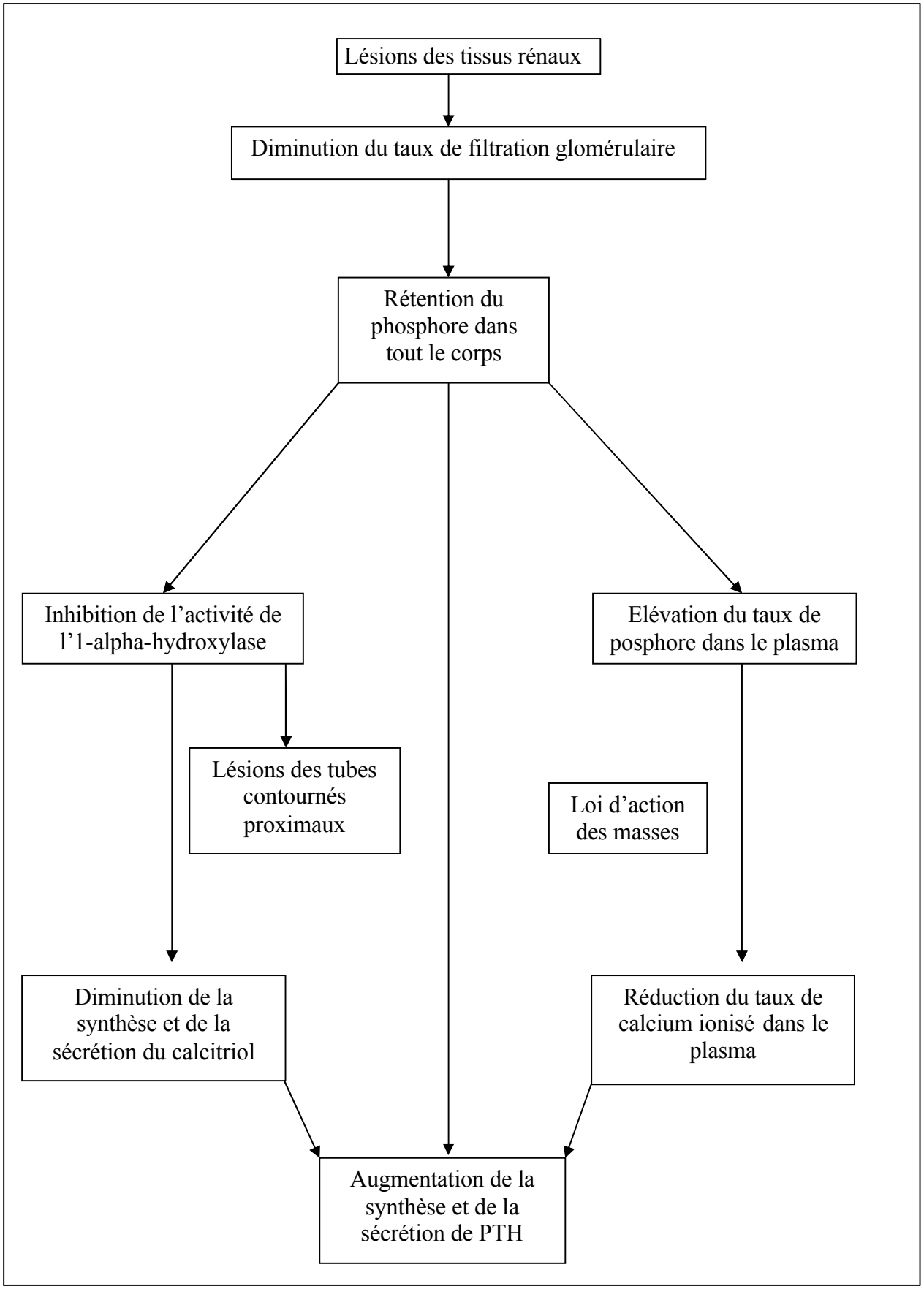


Figure 13 Diagramme schématique montrant la physiopathologie de la sécrétion excessive d'hormone parathyroïdienne chez les animaux présentant une insuffisance rénale chronique, *d'après [30].*

b) Restriction en phosphore

Une hyperphosphatémie a été détectée chez approximativement 60% des chats IRC [7].

La lutte contre l'hyperphosphatémie passe par la restriction de la teneur de l'alimentation en phosphore, et en protéines car les protéines animales contiennent du phosphore.

Lors d'une étude expérimentale chez le chien, Brown et coll. réduisent la fonction rénale des chiens d'environ 75% par la chirurgie [18]. Après une période de stabilisation de trois mois, les chiens sont soumis soit à un régime restreint en phosphore (0.44g de phosphore pour 100g de matière sèche), soit à un régime à teneur élevée en phosphore (1.44 g pour 100g de MS), pendant 24 mois. Les deux aliments fournissent 18g de protéines pour 100g de MS. Le taux de survie des chiens sous régime hyperphosphoré est seulement de 33% ; à l'opposé, celui des chiens sous régime hypophosphoré est de 75%. On constate d'autre part une détérioration plus rapide de la fonction rénale dans le groupe sous régime hyperphosphoré. Dans cette étude, le déclin de la fonction rénale est lié à la néphrocalcinose et aux lésions tubulo-interstitielles.

Dans une autre étude menée sur des chats souffrant d'insuffisance rénale induite, et soumis à un régime hyperphosphoré (1.56g de phosphore pour 100g de M) pendant 65 à 343 jours, on constate une minéralisation rénale, une fibrose et une infiltration par des cellules mononucléées [74]. Un régime à teneur réduite en phosphore (0.42g pour 100g de MS) prévient l'apparition de ces anomalies histologiques. On n'observe de dysfonctionnement rénal progressif dans aucun des deux groupes. Récemment, on a mis en évidence une hyperparathyroïdie secondaire, corrélée à la phosphatémie, chez 84% de chats atteints d'IRC spontanée [7]. Cette hyperparathyroïdie répond favorablement (phosphorémie, parathormonémie, durée de survie…) à une restriction phosphorée.

Il faut donc réduire l'apport de phosphore et, puisqu'on ne connaît pas exactement les mécanismes en jeu, corriger les perturbations hormonales du métabolisme phospho-calcique.

La restriction des apports alimentaires en phosphore se fait d'abord grâce à la restriction protéique, car les protéines sont les principales sources de phosphore.

Il est conseillé lors d'IRC débutante, de réduire de 30 à 50% les apports de phosphore. Le régime hypoprotéique devra apporter 30 à 70 mg de phosphore/kg de PV/j, soit 0.15-0.3g de phosphore pour 100g de MS chez la plupart des chiens atteints d'IRC, et 0.4-0.6g de phosphore pour 100g de MS chez la plupart des chats souffrant d'IRC. Le degré de restriction doit être déterminé par le degré d'insuffisance (phosphorémie) [5].

Il est souhaitable d'écarter de la ration les matières premières trop riches en phosphore comme le son de blé. En outre, il faut interdire systématiquement toute complémentation minérale standard, qui exposerait aussi à des excès sodique et magnésique. En revanche, on doit prévoir des apports renforcés en calcium sous forme de carbonate pour imposer un rapport phosphocalcique assez large ($Ca/P \geq 2$) et profiter d'un effet anti-acidosique.

Cette restriction alimentaire en phosphore doit être réalisée d'emblée, même s'il n'existe pas d'hyperphosphatémie. En effet, un certain degré d'hyperparathyroïdisme est déjà présent dès le début de l'IRC pour maintenir la phosphatémie à un niveau normal.

Si une normophosphatémie n'est pas atteinte après utilisation pendant 2 à 4 semaines d'une alimentation restreinte en phosphore, on utilisera des agents complexant le phosphore (par exemple les hydroxydes de magnésium et d'aluminium). Si l'activité sanguine de PTH reste élevée malgré une normalisation de la phosphorémie, un traitement à base de 1,25-dihydrocholécalciférol ou calcitriol devra être initié.

5. Restriction sodée

La relation qui conduit l'excès de sodium à l'aggravation de certaines lésions rénales par le biais d'une hypertension artérielle, est bien connue dans l'espèce humaine. Chez le chien et le chat, l'apport de régime normosodé ou hypersodé peut conduire aux mêmes effets.

Il existe une controverse en ce qui concerne la prévalence de l'hypertension chez les chiens atteints d'IRC ; certains rapports suggèrent qu'elle se situe entre 58 et 93%, alors que d'autres parlent de valeurs beaucoup plus faibles. Cette grande variabilité s'explique peut être par les différences dans la nature des affections rénales, les méthodes de mesure et les critères définissant l'hypertension. Lorsqu'elle se produit, l'hypertension peut être importante pour deux raisons :

- elle peut entraîner une série de conséquences physiopathologiques comme une hypertrophie du ventricule gauche, des anomalies neurologiques et des lésions oculaires
- elle peut contribuer à la progression de l'insuffisance rénale

Par conséquent, ces découvertes suggèrent que la recommandation traditionnelle de supplémenter l'aliment en sodium ne se justifie pas chez des animaux IRC et hypertendus, afin de ne pas favoriser l'hypertension artérielle et ses conséquences comme les rétinopathies, maladies cardio-vasculaires... Inversement, les effets nocifs des restrictions sodées chez l'animal normotendu atteints d'IRC sont bien connus : baisse de la capacité à réabsorber le bicarbonate et donc contribution à une acidose métabolique, fuite urinaire de sodium et d'eau génératrice d'une déshydratation extracellulaire et donc d'une mauvaise perfusion rénale aggravant l'IRC. Les recommandations alimentaires concernant le taux de sodium sont ainsi très controversées.

Une étude a démontré que des variations du taux de sodium de 0,5 à 3,25g de Na pour 1000 kcal, n'influençaient pas le développement d'une hypertension et n'affectaient pas le taux de filtration glomérulaire chez des chiens chez qui une IRC avait été induite chirurgicalement [37] [38]. Une autre étude menée sur des chats présentant une IRC modérée induite chirurgicalement, n'a pas montré d'effets négatifs liés à l'administration de 2g de Na pour 1000 kcal [22]. Dès lors, la concentration alimentaire idéale en sodium n'est pas clairement définie pour les chiens atteints d'IRC.

Chez le chat, des cas d'hypertension systémique ont également été rapportés en association avec une IRC. Dans une de ces études, on a rapporté chez 64 cas d'IRC spontanée, une prévalence de 29.7% pour l'hypertension artérielle systolique [29]. On n'a pas encore déterminé quelle devrait être la pression artérielle cible chez les chats atteints d'IRC. L'objectif essentiel est de protéger l'animal contre les complications qui aboutissent à la cécité, à des signes neurologiques et à une mort subite. Intuitivement, une pression artérielle cible inférieure à 175 mmHg semblerait correcte car la plupart des décollements de la rétine apparaissent chez les chats dont la pression artérielle dépasse 175 mmHg. Toutefois, les lésions chroniques subies par les reins et par d'autres organes lorsque ceux ci sont exposés à une telle pression artérielle, justifient sans doute une pression artérielle cible plus basse. Il faudra peut être utiliser plusieurs médicaments pour y parvenir (bêta-bloquants, diurétiques, inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine, antagoniste calcique) [31].

L'apport restreint de sodium sera donc de 15 à 40 mg/kg de poids corporel/j soit 0.2-0.3g de Na pour 100g de matière sèche. La capacité des reins à s'adapter aux variations de la teneur en sodium alimentaire lors d'IRC est limitée. Toute modification de la teneur en sodium alimentaire devra donc se faire en respectant une transition alimentaire de 2 à 4 semaines : l'ancien régime sera mélangé avec le nouveau régime en augmentant progressivement la proportion de nouveau régime par rapport à l'ancien.

Le contrôle de la natrémie, de l'état d'hydratation du patient, du poids de l'animal, et de la pression sanguine doit permettre de trouver la teneur judicieuse de sodium dans l'alimentation et d'éviter l'apparition d'effets secondaires.

6. Potassium

Chez le chat IRC, le métabolisme potassique est très souvent perturbé, contrairement à ce que l'on observe chez le chien. L'augmentation des pertes urinaires de potassium constituerait une anomalie primaire, particulière à cette espèce. Il s'ensuit alors une hypokaliémie, pouvant aggraver certains troubles comme l'anorexie, la perte de poids, les vomissements et la fatigue. Cette carence en potassium entraîne par ailleurs chez le chat, un syndrome polymyopathique avec une faiblesse musculaire sévère.

Certains auteurs ont montré qu'une alimentation riche en protéines et restreinte en potassium, pouvait entraîner une IRC sur des chats auparavant sains. Il convient donc d'augmenter les quantités de potassium dans les régimes diététiques hypoprotéiques.

D'une façon générale, la teneur des aliments pour chat en potassium ne devrait pas être inférieure à 0.6g de potassium pour 100g de matière sèche (ce qui permet un apport de 100mg/kg de poids corporel). Chez les chats souffrant d'IRC, il serait souhaitable d'atteindre la valeur de 0.8g de phosphore pour 100g de matière sèche, soit un apport de 140mg/kg de poids corporel. La kaliémie doit être égale ou supérieure à 4.0 mEq/l chez un chat IRC. Si toutefois cela n'est pas suffisant, un apport supplémentaire par voie orale s'impose. Dans ce cas, on peut utiliser une dose moyenne de 65 mg de potassium/kg sous forme de gluconate ou de citrate (le gluconate étant plus appétissant). Cette posologie est à adapter en fonction de la normalisation de la kaliémie.

Si l'hypokaliémie est l'anomalie la plus fréquente (30% des chats insuffisants rénaux), certaines études signalent une hyperkaliémie, consécutive à une oligurie voire à une anurie, qui entraîne des anomalies électrocardiographiques, une faiblesse musculaire avec tremblements… Cette hyperkaliémie est en général associée à une atteinte rénale à un stade très avancé. Le traitement d'urgence consiste à réhydrater l'animal avec des solutés pauvres en potassium et à rétablir la diurèse.

Ce dernier point souligne la réelle nécessité du suivi médical et biologique d'un animal insuffisant rénal, plutôt que de se fier à la seule prescription d'un aliment supposé adapté.

7. Correction de l'acidose métabolique

Une étude rétrospective de cas cliniques d'insuffisance rénale chez le chat rapporte que 80% des chats sont en acidose métabolique [57].

Une baisse de la fonction rénale peut entraîner une réduction de la capacité d'excrétion des ions hydrogènes d'une part, et une diminution de la réabsorption des ions bicarbonates conduisant à une acidose métabolique.

Les signes cliniques de l'acidose métabolique sont anorexie, vomissements, apathie, faiblesse musculaire, perte de poids. Elle aggrave la déminéralisation osseuse en favorisant la fixation d'ions H^+ au détriment d'ions Ca^{2+}. Elle jouerait aussi un rôle dans la progression des lésions rénales (stimulation de la dégradation des protéines, libération accrue de NH3…). Une correction s'impose pour améliorer les signes cliniques, limiter le catabolisme protéique, la progression de la maladie et la dégradation de l'état général, si la concentration en HCO3- est inférieure à 15mEq/L [63].

Le métabolisme protéique est en général la principale source d'ions hydrogènes. Pour maintenir l'équilibre acido-basique, il convient donc d'éviter un apport excessif en protéines

alimentaires, et de réduire le catabolisme des protéines endogènes pour la production d'énergie. Certaines protéines alimentaires, en particulier celles d'origine animale, ou riches en acides aminés soufrés, sont acidifiantes. En revanche, les protéines végétales n'ont en général pas cet effet. Un fort taux de phosphore alimentaire ou des taux circulants de vitamine D activée inadaptés, peuvent entraîner une hyperthyroïdie d'origine rénale, qui inhibe la réabsorption rénale des bicarbonates [62].

En général, les régimes alimentaires industriels recommandés pour les animaux IRC, ont un effet modéré sur l'acidose métabolique. Bien que l'augmentation du taux protéique de la ration soit en général associée à une acidose métabolique, des études montrent également qu'un taux restreint en protéines pouvait aussi conduire à une acidose métabolique. Une étude a montré qu'un taux protéique restreint (8.2g de protéines pour 100g de MS), était associé à une acidose métabolique hyperchlorémique marquée [71]. En effet, la restriction protéique limiterait l'ammoniogenèse rénale, et donc augmenterait l'acidose métabolique en diminuant l'excrétion rénale en ions hydrogènes. Cependant, dans l'alimentation animale industrielle, les composés inorganiques sont plus importants que le taux protéique pour influencer l'équilibre acido-basique de la ration.

Si une alimentation adaptée à l'insuffisance rénale ne suffit pas à contrôler l'acidose métabolique, des agents alcalinisant pourront être utilisés, notamment lorsque la concentration sérique en bicarbonates devient inférieure à 17mEq/L. Chez le chat, il faut se méfier de toute alimentation industrielle classique. En effet, quasi tous les aliments pour chat contiennent des acidifiants et ce pour deux raisons. A l'origine, les acidifiants ont été utilisés pour améliorer l'appétence des aliments. Par la suite, leur utilisation a été systématisée pour prévenir l'apparition d'urolithiase à struvites. Or, il n'est jamais stipulé clairement sur l'étiquette que les aliments sont acidifiants alors que la plupart le sont [43].

8. Apports vitaminiques

Lors d'IRC, les apports de vitamines liposolubles (vitamines D, A et K) et de vitamines hydrosolubles (vitamines B et C) doivent être réajustés.

a) Vitamines liposolubles

(1) Vitamine D

La vitamine D3 active (ou calcitriol ou 1,25-dihydrocholécalciférol), joue un rôle important dans la pathogénie de l'hyperparathyroïdisme secondaire rénal. Les animaux souffrant d'IRC avancée, présentent une baisse du taux de calcitriol circulant secondaire à une diminution de la synthèse rénale. L'hyperphosphatémie et la perte progressive des cellules épithéliales du rein, inhibent la conversion du 25-hydrocholécalciférol en calcitriol par l'enzyme 1-α-hydroxylase. A un stade moins avancé de l'IRC, le taux de calcitriol circulant peut rester normal, grâce à l'effet compensateur qu'exerce l'augmentation du taux de parathormone sur l'activité de l'enzyme 1-α-hydroxylase et sur la synthèse tubulaire de calcitriol.

L'apport de vitamine D devrait être renforcé de façon modérée, pour tenir compte à la fois de la moindre conversion rénale en calcitriol, et de la nécessité de ne pas augmenter la phosphorémie. Un faible apport de vitamine D3 active contribue à rétablir le pool calcique, en augmentant son absorption intestinale, inhibe la sécrétion de PTH, limite l'hyperplasie des parathyroïdes et de ce fait participe à la lutte contre l'hyperparathyroïdisme secondaire rénal et ses conséquences. Cependant, l'hypervitaminose D doit être prévenue car elle est

responsable d'une calcification des cellules tubulaires et d'une dégradation ultérieure de la fonction rénale.

L'apport de vitamine D est moins efficace lors d'IRC que lors d'autres pathologies nécessitant cet apport. La vitamine D est convertie par hydroxylation en sa forme active au niveau des reins ; la masse rénale étant réduite, cette conversion est quantitativement moins importante. Il serait donc plus judicieux de fournir des dérivés hydroxylés de la vitamine D.

L'apport de vitamine D se fait sous forme de :

- Calcitriol (1,25-dihydrocholécalciférol) : il est peu utilisé du fait de son coût élevé. Sa posologie sera de 1.5 à 3.5 mg/kg/j.
- Calciférol (25-dihydrocholécalciférol) : c'est le plus utilisé. Il peut être converti en dehors des reins (dans les macrophages, les kératinocytes, et les cellules endothéliales aortiques). Sa posologie sera de 0.5 µg/kg/j.

La calcémie et la phosphorémie ainsi que le produit phosphocalcique doivent être contrôlés lors de ce traitement à risque. La concentration plasmatique en phosphore doit être inférieure à 60 mg/l avant et pendant le traitement, et le produit phosphocalcique inférieur à 7 000 mg^2/l^2. Celui-ci sera basé sur des mesures fiables de la P.T.H. et du calcium ionisé plasmatiques.

(2) Vitamine A

Les besoins nutritifs du chat et du chien en vitamine A sont de l'ordre de 4000 UI/kg de matière sèche (MS). Lors d'IRC, il existe une rétention de vitamine A qui peut prédisposer à l'hypervitaminose A. Cette hypervitaminose A contribue à l'apparition de l'hyperparathyroïdisme secondaire rénal en favorisant la synthèse de PTH.

Lors d'IRC aggravée, il est donc conseillé de ne pas apporter d'aliments riches en vitamine A (type foie et abats rouges, poissons gras).

(3) Vitamine K

La supplémentation en vitamine K devient nécessaire si l'animal présente des troubles de la coagulation multipliant l'éventualité d'hémorragies, notamment digestives.

b) Vitamines hydrosolubles

Lors d'IRC, il peut exister des carences en vitamines hydrosolubles car il existe :

- des pertes urinaires importantes (polyurie)
- un syndrome de malabsorption et de pertes gastro-intestinales (vomissements)
- des apports réduits par l'anorexie

Un apport supplémentaire de vitamines hydrosolubles est donc recommandé chez les animaux atteints d'IRC.

(1) Vitamines du groupe B

Les vitamines du complexe B sont représentées par : B1 ou thiamine, B2 ou riboflavine, B6 ou pyridoxine, Bc ou acides foliques, B12 ou cyanocobalamine. L'approvisionnement en vitamines du complexe B doit être fortement augmenté, on peut ainsi multiplié par 5 voire par 10 les besoins nutritifs habituels.

(2) Vitamine C

La vitamine C deviendrait elle aussi indispensable. En rehaussant l'apport vitaminique B et C, on tend à accroître l'appétit de l'animal.

9. Fibres fermentescibles

L'intérêt des fibres fermentescibles a été pris en compte dans la prise en charge nutritionnelle de l'IRC. Les fibres fermentescibles entrainent une prolifération bactérienne dans le colon [5]. Ces bactéries utilisent par ailleurs l'urée sanguine comme source d'azote pour sa croissance. L'augmentation de la biomasse bactérienne participerait donc à éliminer l'azote en excès par voie fécale, ce qui limiterait l'urémie et permettrait de ne pas avoir à trop diminuer l'ingéré protéique.

On pourra utiliser comme substrat fermentescible des fibres, oligosaccharides, lactulose (Duphalac* en humaine), ce dernier à la dose de 15 à 45g chez le chien.

En revanche, l'IRC même modérée, induit des troubles gastro-intestinaux : la motricité duodéno-jéjunale est altérée, et le temps de transit dans le côlon diminue. Les fibres fermentescibles peuvent permettre d'aider à réguler ces perturbations.

10. Antioxydants

Un stress oxydatif est un déséquilibre entre la production de molécules à oxygène réactif et la production antioxydante. Le stress oxydatif est responsable d'altération des lipides, de protéines et de l'ADN cellulaire, ce qui participe à l'aggravation de la maladie rénale [32].

Le terme de «radicaux libres» permet de décrire un ensemble de groupes oxygène réactifs, chimiquement instables, qui peuvent réagir avec les tissus de l'organisme et endommager les cellules. Les radicaux libres sont très répandus et se forment dans l'organisme comme dans l'environnement. Les radicaux libres formés dans l'organisme peuvent être produits par les mitochondries et les phagocytes dans l'accomplissement de leur fonction métabolique normale, à la suite d'un exercice physique, d'une inflammation et en présence de métaux de transition. La pollution environnementale, la lumière ultraviolette, certains médicaments, des anesthésiques et des rayonnements constituent les sources exogènes des radicaux libres.

Les lésions dues aux radicaux libres peuvent affecter les biomolécules que sont les acides nucléiques, les protéines et les lipides. Les lésions structurales affectant les acides nucléiques peuvent perturber l'expression des gènes, la transcription et la traduction. Les lésions affectant les protéines peuvent entrainer une altération de la structure, une agrégation des protéines et l'apparition de pontages ADN-protéines ; tandis que les lésions affectant les lipides provoquent des ruptures des membranes, s'accompagnant de modifications de la perméabilité et de la rigidité. L'organisme possède plusieurs mécanismes de défense (antioxydants), par exemple les piégeurs de radicaux libres (vitamines E et C, taurine, caroténoïdes, albumine, acides uriques) et les systèmes enzymatiques (superoxyde-dismutase, glutathion-peroxydase, catalase). Toutefois il arrive que ces mécanismes soient débordés, ce qui conduit à un stress oxydatif. Ce stress oxydatif peut être très sévère et provoquer la mort de la cellule, ou entrainer une altération de la physiologie cellulaire laquelle est responsable d'une diminution de la physiologie des organes et des tissus.

Des nutriments tels que les vitamines E et C, la taurine, les pigments caroténoïdes et les flavanols, jouent un rôle antioxydant efficace en capturant les radicaux libres. Chez le rat, des suppléments de vitamine E limitent l'évolution des lésions tubulo-interstitielles ainsi que la glomérulosclérose, suggérant donc que la vitamine E peut ralentir la progression de la

maladie rénale. Les données manquent pour évaluer le stress oxydatif et le statut antioxydant des chiens atteints de maladie rénale.

Les flavanols représentent une catégorie particulière de substances flavanoïdes au sein de la famille des antioxydants polyphénoliques que l'on trouve dans de nombreux végétaux. Dans la plante, les flavanols protègent l'intégrité des membranes cellulaires et du matériel génétique. Les flavanols ont aussi pour fonction de chélater des ions métalliques comme le fer et le cuivre, ce qui renforce leur activité antioxydante en empêchant ces éléments de catalyser des réactions d'oxydoréduction à l'origine de la formation de radicaux libres. Enfin, les flavanols semblent intervenir dans les systèmes enzymatiques antioxydants.

L'intérêt des flavanols a été montré lors de maladie rénale. Ils stimulent en effet la production d'oxyde nitrique qui induit une relaxation du système vasculaire. Une administration quotidienne de flavanols à des rats, est associée à une baisse de la pression artérielle systolique et diastolique. Chez les rats atteints d'IRC, les flavanols semblent diminuer la pression capillaire glomérulaire :

- en stimulant la production d'oxyde nitrique
- en induisant un effet relaxant sur les fibres musculaires lisses
- en inhibant l'enzyme de conversion de l'angiotensine

Certains fabricants alimentaires incorporent ainsi des taux élevés en antioxydants dans l'alimentation des animaux insuffisants rénaux.

11. Stratégie nutritionnelle

L'anorexie de l'animal insuffisant rénal chronique est courante. Plusieurs techniques sont utilisées pour couvrir les besoins énergétiques :

- réduire les dépenses d'entretien en installant l'animal dans d'excellentes conditions d'hygiène et de confort
- fournir une ration très concentrée et très digestible afin que le malade en tire le meilleur profit et que les troubles digestifs soient minimisés
- mettre en place des méthodes de lutte contre l'anorexie, redoutable par l'autophagie des protéines tissulaires qu'elle induit : on peut par exemple utiliser des benzodiazépines pour stimuler l'appétit

En dehors du choix des aliments, d'autres techniques peuvent être utilisées pour augmenter l'appétence de la ration :

- le fractionnement des repas (3-4 distributions par jour chez le chien et même plus chez le chat). Le fait de prendre de petites quantités de nourriture à intervalles rapprochés, augmente la prise totale et diminue le catabolisme protéique qui survient entre les repas
- le réchauffement ou la réhydratation du repas afin de rehausser l'appétence
- l'aménagement d'une transition alimentaire pour s'opposer au phénomène de néophobie au moment de la mise en place des mesures diététiques
- en cas de préparation ménagère, l'adjonction de jus de viandes, de fumets, reste possible et contribue à stimuler la prise alimentaire
- il peut être nécessaire de nourrir l'animal de force ou par sonde gastrique jusqu'à ce que l'urémie ait diminué, et que l'animal prenne volontairement une quantité de nourriture suffisante.

12. Récapitulatif des valeurs nutritionnelles recommandées lors d'IRC

Les recommandations nutritionnelles indiquées dans les *tableaux 4 et 5* proviennent de la compilation de nombreuses références bibliographiques. Elles ne donnent que des valeurs indicatives.

	Chat entretien Normes NRC (1986) Normes AAFCO (2002)	Chat IRC
Concentration énergétique de la ration kcal EM/kg de MS	4000-5000	≥4200 ≥4400
Protéines g/100g de MS	30-45	28-30
RPC g protéines/Mcal	65	55-60 45-55 si sévère
Graisses g/100g de MS	10-30	20-30
Phosphore g/100g de MS	0,5-0,8	0,4-0,6
Sodium g/100g de MS	0,2-0,6	0,2-0,35
Potassium g/100g de MS	0,6-1	0,9

Tableau 4 Comparaison des recommandations nutritionnelles des rations d'un chat à l'entretien et insuffisant rénal, *d'après[5].*

	Chien entretien Normes NRC (1986) Normes AAFCO (2002)	Chien IRC
Concentration énergétique de la ration kcal EM/kg MS	3500-4500	4000-4500
Protéines g/100g de MS	15-30	14,5-15
RPC g protéines/Mcal	55	50-75 35-45 voire 25-35 si sévère
Graisses brutes g/100g de MS	10-20	20-30
Phosphore g/100g de MS	0,4-0,9	0,15-0,30
Sodium g/100g de MS	0,2-0,4	0,1-0,25
Potassium g/100g de MS	0,4-0,6	0,3-0,5

Tableau 5 Comparaison des recommandations nutritionnelles d'un chien à l'entretien et insuffisant rénal, *d'après[5].*

C. Critères d'efficacité du traitement diététique

L'efficacité du traitement diététique de l'IRC est fondée sur deux groupes d'arguments :

- des arguments cliniques : recueil des commémoratifs, examen clinique approfondi, appréciation du score corporel, amélioration des signes digestifs, osseux, neurologiques, mesure de la pression artérielle
- des arguments biologiques : mesure de la densité urinaire, dosage de l'urée, de la créatinine et du phosphore. Une diminution de l'urée sanguine avec une créatininémie stable est jugée comme une réponse thérapeutique favorable : une phosphorémie inférieure à 60 mg/l montre que le régime limite efficacement les apports en phosphore.

L'IRC est une maladie évolutive qui conduit finalement à la mort de l'animal. L'objectif de la prise en charge médicale et nutritionnelle est d'assurer la meilleure qualité de vie possible à l'animal pendant la période la plus longue possible. Le succès du traitement

dépend de l'acceptation et de l'observance par le propriétaire, ainsi que d'une approche médicale coordonnée.

Tous les efforts faits pour adapter le traitement à l'évolution de la maladie du chien et du chat n'empêcheront pas l'IRC d'évoluer vers un stade terminal. Le pronostic se base sur la sévérité des signes cliniques, les complications urémiques et la probabilité d'améliorer la fonction rénale en éliminant les facteurs aggravants pré rénaux, en contrôlant l'infection… La sévérité du dysfonctionnement rénal et le pronostic à long terme peuvent être largement affinés en étudiant la concentration sérique de créatinine. Pronostic et évolution seront fortement influencés par la réponse au traitement médical et par la rapidité de progression de l'insuffisance rénale.

Le traitement diététique et médical classique devient en général inefficace lorsque la créatinine plasmatique dépasse 5 mg/dl. A ce stade, la qualité de vie du chien n'est généralement plus acceptable pour le propriétaire, et l'euthanasie représente souvent l'ultime solution. Les seules alternatives restent sinon la transplantation rénale ou l'hémodialyse intermittente chronique (2 ou 3 fois par semaine), pas encore facilement réalisables.

Après avoir étudié la gestion nutritionnelle de l'IRC, nous allons nous intéresser maintenant à la prise en charge diététique des urolithiases.

D. Traitement diététique et prévention nutritionnelle des urolithiases

1. Dissolution médicale des urolithiases à struvite

La dissolution spontanée des calculs de struvite est inhabituelle. Ainsi, le traitement des animaux présentant des calculs de struvite passe par une résection chirurgicale de ces calculs (par cystotomie, urohydropropulsion, lithotripsie…) ou par la dissolution médicale grâce à des régimes alimentaires adaptés.

Chez le chien, comme nous l'avons vu, la plupart des calculs de struvite sont associés à des infections du tractus urinaire (ITU) dues à des bactéries uréase positive. Ainsi, ces calculs nécessitent la combinaison d'un traitement antibiotique adapté et d'un régime calculolytique. Les calculs de struvite stériles ne nécessitent pas de traitement antibiotique, et peuvent être dissous par l'utilisation d'un régime calculolytique ou d'acidifiants urinaires.

Attention toutefois, la dissolution médicale des calculs vésicaux de struvite, notamment chez les animaux males, est associée à un risque d'obstruction urétrale lorsque les calculs seront de taille assez petite pour passer de la vessie à l'urètre. Il faut ainsi avertir le propriétaire, lui expliquer les signes cliniques d'une obstruction urétrale et discuter avec lui des risques et bénéfices de la dissolution médicale et de l'exérèse mécanique des calculs (chirurgie, urohydropropulsion, lithotripsie…). Il en va de même avec les calculs rénaux, et les risques d'obstruction urétérale, d'hydronéphrose associés. C'est pourquoi les néphrolithes sont de préférence retirés chirurgicalement [84].

a) Antibiothérapie adaptée

L'antibiothérapie vise à éliminer les ITU. Elle est particulièrement importante chez le chien. Dans l'idéal, le traitement antibiotique est choisi en fonction des résultats de la culture bactérienne et de l'antibiogramme réalisé à partir de l'urine obtenue par cystocentèse. L'antibiotique utilisé doit être de préférence bactéricide, avec une forte concentration dans les urines, et peu d'effets secondaires.

Le traitement antibiotique doit être poursuivi tant que des calculs persistent dans le tractus urinaire. Même si l'urine redevient stérile, des bactéries peuvent rester viables dans la matrice des calculs et se trouver relarguées dans l'urine à la dissolution de ces calculs.

Le traitement antibiotique doit être poursuivi au moins un mois chez le chien, deux à trois semaines chez le chat après exérèse ou dissolution médicale des calculs, mise en évidence par l'absence de calculs sur la radiographie abdominale. Ceci réduit les risques de récidive liés à la présence de calculs de petite taille (< 3mm de diamètre) non détectés sur la radiographie [67].

b) Régime calculolytique

L'antibiothérapie seule n'est pas suffisante pour dissoudre les struvites. L'alimentation spécifique va aider à la dissolution des calculs, en augmentant le volume urinaire et en diminuant les concentrations urinaires en urée (intéressant chez le chien uniquement), phosphore et magnésium.

(1) Rôle des protéines

Les aliments vendus par les fabricants d'aliments pour dissoudre les calculs de struvite chez le chien, ont une teneur modérée en protéine (15-20g de protéine pour 100g de MS dans un régime à 4000kcal/kg), réduite en phosphore et magnésium. La restriction protéique réduit notamment la quantité d'urée disponible dans l'urine pour les bactéries uréase positive, ce qui n'est pas intéressant chez le chat.

Chez le chat on préconise donc des taux protéiques proches de ceux d'un chat normal, soit environ 30g pour 100g de MS.

(2) Rôle du magnésium

La composition chimique des calculs de struvite est $MgNH_4PO_4$-$6H_2O$. Ces calculs se forment lorsque l'urine est sursaturée en magnésium, ammonium et phosphore, et quand le pH urinaire est supérieur à 6,7.

Une étude a montré qu'en nourrissant des chats sains avec un aliment contenant des taux de magnésium 3 à 10 fois supérieurs aux taux des aliments du commerce, on induisait des urolithiases à struvite et des obstructions urétrales [21]. Toutefois, l'effet du magnésium dépend de sa forme chimique et du pH urinaire. Buffington et al ont montré qu'un taux de 0,5g de chlorure de magnésium pour 100g de MS n'est pas un facteur de risque vis-à- vis des calculs de struvite, alors qu'un aliment contenant 0,5g d'oxyde de magnésium pour 100g de MS présente un risque potentiel ; l'oxyde de magnésium alcalinise en effet l'urine tandis que le chlorure de magnésium a un effet acidifiant défavorable à la formation de struvite [20].

On conseille ainsi, dans le cadre de la dissolution des struvites, des taux chez le chien proches de 0,02g de magnésium pour 100g de MS, contre 0,04-0,06g de magnésium pour 100g de MS chez le chat.

(3) Augmentation de la prise de boisson

Le moyen le plus simple de réduire la saturation urinaire, et donc de limiter le risque de formation des cristaux, est d'augmenter le volume urinaire, c'est-à-dire d'augmenter l'ingestion d'eau. Les animaux doivent toujours avoir de l'eau à volonté. L'ingestion d'eau est toujours supérieure avec un aliment humide (environ 8% de MS et 92% d'eau) par rapport à un aliment sec (environ 92% de MS et 8% d'eau).

Un autre moyen d'augmenter la prise hydrique chez les carnivores domestiques, est d'accroitre la teneur en sodium des aliments. Ainsi les aliments à visée thérapeutique ont des teneurs en sodium de l'ordre de 0,8g pour 100g de MS, plus élevées que les aliments à visée prophylactique (0,2-0,6g de sodium pour 100g de MS). Ils sont donc contre-indiqués chez les animaux hypertendus, insuffisants cardiaques.

L'autre point-clé sur lequel doit agir l'alimentation est le pH urinaire (voir *figure 14)*.

(4) Rôle du pH urinaire

Les aliments utilisés pour dissoudre les calculs de struvite sont ainsi acidifiés, restreints en magnésium et phosphore et supplémentés en sel.

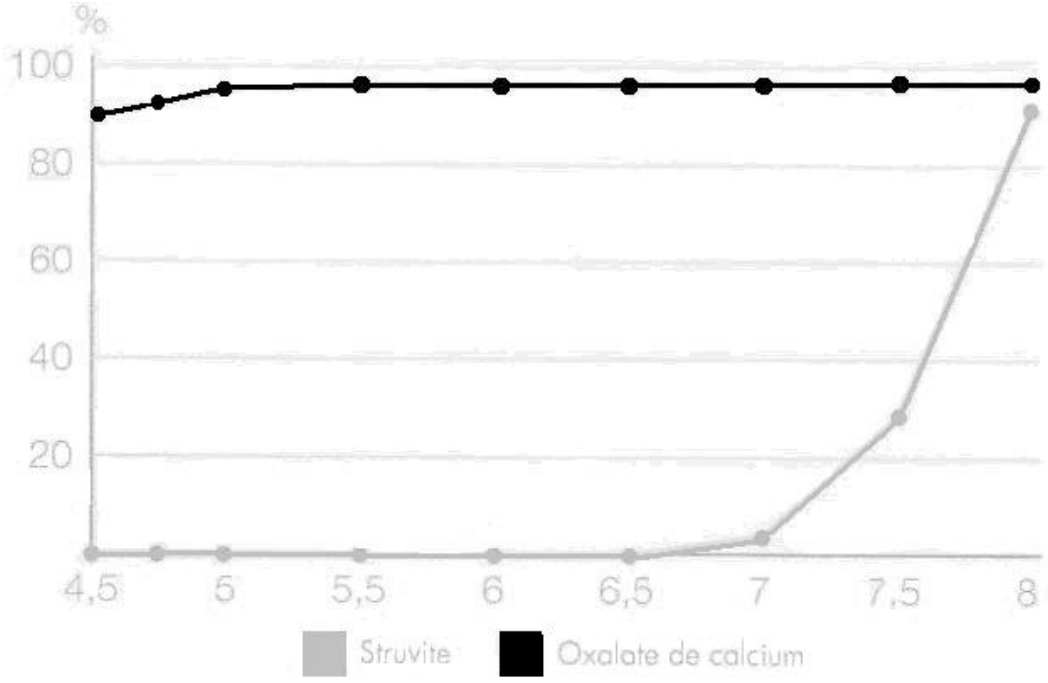


Figure 14 Courbe de précipitabilité des cristaux. *Ce graphique illustre le fait qu'à un pH urinaire acide, les cristaux de struvite sont solubles. En revanche, on constate que le pH urinaire influence peu la solubilité des cristaux d'oxalate de calcium, d'après [84].*

Les principaux facteurs naturels agissant sur le pH urinaire sont d'une part, les matières premières protéiques intervenant dans la composition de l'aliment, et le rythme alimentaire. Les farines de poulet ou le gluten de maïs sont réputés pour favoriser l'excrétion d'une urine acide. Quand au rythme alimentaire, il est préférable de permettre aux carnivores domestiques d'étaler leur consommation, afin de diminuer l'amplitude des variations urinaires de pH postprandiales. En effet, le pH urinaire augmente après le repas, ce d'autant plus que celui-ci est important, en raison de la sécrétion gastrique d'ions hydrogènes.

Une acidification urinaire plus importante peut être obtenue par l'ajout d'agents chimiques : DL-méthionine, chlorure d'ammonium. Mais ces aliments modifient chez le chat l'homéostasie acido-basique et entrainent une acidose métabolique, qui passe le plus souvent inaperçue. Cette acidose s'accompagne de modifications du métabolisme calcique dont les mécanismes sont mal connus (ostéoporose), et d'une hypokaliémie qui affecterait la fonction rénale en réduisant le taux de filtration glomérulaire d'environ 20%. Ainsi, ces aliments induisant une forte acidification urinaire sont contre-indiqués pour les chats souffrant

d'insuffisance rénale, les femelles durant la période de reproduction et d'allaitement, et chez les jeunes en croissance [61].

On considère que l'aliment idéal en matière de dissolution des calculs de struvite doit maintenir le pH urinaire à une valeur n'excédant pas 6,3, et une densité urinaire inférieure à 1,030. Un tel aliment doit donc être donné à tout chat sur lequel on suspecte la présence de calculs de struvite : chats < 7 ans présentant un pH urinaire alcalin, des cristaux de struvite visibles au culot urinaire, ou des calculs visibles sur une radiographie de l'abdomen.

(5) Rôle des graisses

Un aliment riche en graisses peut être intéressant car la densité énergétique élevée limite l'apport minéral global, y compris l'apport en magnésium. D'un autre coté, les aliments à forte teneur en graisse favorisent l'obésité si la quantité distribuée n'est pas contrôlée. Or l'obésité semble être un facteur de risque de l'apparition des calculs [4]. Les aliments peuvent contenir 8 à 25g de graisses pour 100 g de MS en fonction de la condition corporelle des animaux et de leurs besoins énergétiques.

Il faut donc surveiller attentivement les risques de pancréatite et les animaux présentant un métabolisme lipidique anormal. Une race est à surveiller attentivement : les Schnauzer miniatures, prédisposés aux calculs de struvite, à l'hyperlipidémie et à la pancréatite [77].

c) Suivi de l'animal

(1) Contrôles urinaires et radiographiques réguliers

Comme nous l'avons vu, un traitement antibiotique est mis en place lorsqu'une ITU est associée à la présence des struvites. Ce traitement est poursuivi jusqu'à dissolution complète des calculs.

Il convient de réaliser, une semaine après la mise en place du traitement antibiotique, une analyse d'urine et une culture bactérienne sur des urines prélevées par cystocentèse. L'analyse d'urine doit révéler une diminution du pH urinaire inférieur à 7 (6,5 en l'absence d'ITU), et la culture bactérienne doit être négative. Un changement d'antibiotique est conseillé selon l'antibiogramme si l'ITU persiste.

Il est conseillé de réévaluer chiens et chats trois semaines après la mise en place de l'alimentation, afin de contrôler l'efficacité du traitement : une analyse urinaire est réalisée (le pH doit être acide et la densité < 1,030), ainsi que des radiographies de l'abdomen. L'alimentation spécifique de dissolution doit être continuée un mois après la disparition radiographique des calculs.

Les régimes calculolytiques sont des régimes non utilisables à long terme. En effet, à cause de leur forte restriction en protéine chez le chien, ces régimes entrainent des concentrations sanguines en urée basses (ce qui permet de s'assurer que le propriétaire distribue bien le régime). Une diminution modérée des concentrations sanguines en albumine et phosphore est également notée dès un mois de distribution de l'aliment. Et chez certains animaux, avec certains régimes calculolytiques, une augmentation modérée des phosphatases alcalines sanguines est rapportée.

Il est déconseillé de distribuer de tels aliments au long terme à des jeunes en croissance, compte tenu de l'acidification métabolique consécutive, qui altère l'accrétion osseuse ; cette alimentation est également déconseillée aux animaux insuffisants cardiaques, aux insuffisants hépatiques.

(2) Durée de dissolution

Selon une étude menée avec l'aliment Hill's s/d, la durée moyenne de dissolution des calculs de struvite chez un chat ne présentant pas d'infection est de 36 jours, 88 jours chez un chat présentant une ITU [65]. Une autre étude, réalisée avec un autre aliment, a montré que la durée de résolution des signes cliniques après mise en place de l'alimentation spécifique était de 19 jours [41].

Si les calculs persistent ou si leur nombre augmente à l'issue de 2 mois d'alimentation spécifique, le diagnostic initial de struvite doit être reconsidéré, ou bien la possibilité qu'il s'agisse d'un calcul mixte. Il faut alors enlever chirurgicalement les calculs et les faire analyser.

Chez le chien, la durée moyenne de dissolution des calculs de struvite liés à une ITU est de 3 mois, variable suivant le nombre, la taille, la localisation des urolithes. La plupart des symptômes d'inflammation du bas appareil urinaire (dysurie, pollakiurie) se résolvent dans les 10 jours suivant le début de la thérapie alimentaire et antibiotique malgré la présence des urolithes, ce qui est probablement attribuable au contrôle de l'ITU [67].

Les calculs de struvite stériles se dissolvent plus rapidement avec l'utilisation d'un régime calculolytique, en 3 à 6 semaines en moyenne.

d) Traitement médical

En présence d'un traitement antibiotique et d'un régime calculolytique, les acidifiants urinaires comme le chlorure d'ammonium ne sont pas nécessaires. Un pH urinaire alcalin persistant indique que l'ITU persiste ; le pH ne descendra pas tant que celle-ci ne sera pas contrôlée.

L'acide acétohydroxamique (AAH) est un inhibiteur de l'uréase microbienne : il bloque l'hydrolyse de l'urée en ammoniac, diminuant ainsi le pH de l'urine et sa concentration en ammonium. Il peut par conséquent inhiber la croissance des struvites et favoriser leur dissolution. L'AAH (12,5 mg/kg PO toutes les 12h) peut être utile chez les chiens présentant une urolithiase induite par une infection, et résistante aux traitements antibiotique et diététique. Cette molécule provoque cependant de nombreux effets secondaires : anémie hémolytique, anorexie et vomissements. Elle est contre-indiquée pour les chiens insuffisants rénaux puisqu'elle est excrétée par les reins, ainsi que chez les chiennes gestantes à cause d'un effet tératogène [46].

2. Prévention des récidives des calculs de struvite

La clé de la prévention des récidives des urolithiases à struvite consécutives à une infection urinaire, est la résolution de l'ITU sous-jacente et la prévention de la récurrence d'une ITU.

L'antibiothérapie doit donc être poursuivie un mois après l'exérèse chirurgicale des calculs ou les signes radiographiques de dissolution des calculs chez le chien, deux semaines chez le chat. Puis une analyse d'urine est réalisée une semaine après l'arrêt du traitement antibiotique. Si la culture bactérienne est négative, une autre analyse est réalisée un mois après pour confirmer la résolution de l'ITU. Si une ITU réapparait, un traitement antibiotique prophylactique est administré.

Le rôle du traitement diététique en matière de prévention des urolithiases à struvite est complexe chez le chien.

L'utilisation d'un aliment diététique calculolytique préventif est particulièrement importante chez les chiens présentant une urolithiase à struvite sans infection concomitante, avec des aliments spécifiquement étudiés pour l'alimentation à long terme.

Pour les chiens présentant une urolithiase à struvite consécutive à une infection urinaire, une alimentation diététique préventive ne parait pas nécessaire. La prévention et le contrôle des récidives des ITU paraissent beaucoup plus importants.

De plus, de nombreuses races prédisposées aux calculs de struvite le sont également aux calculs d'oxalate. Dans ces races, l'utilisation d'une alimentation préventive des urolithiases à struvite, entrainant une acidification de l'urine, une restriction en magnésium, peut contribuer à la formation de calculs d'oxalate de calcium plus tard.

Chez le chat en revanche, il apparait très important de mettre en place un traitement médical afin de prévenir les récidives de formation des calculs qui sont très fréquentes : les taux de récidive, tous calculs confondus, sont de 45% dans les 6 mois chez les chats mâles avec une urolithiase obstructive [16] et de 39% dans les 1 an chez les chats mâles avec une urolithiase non obstructive [8].

Une fois les signes cliniques de dysurie, hématurie…disparus et les calculs dissous, des contrôles réguliers tous les 2 à 3 mois (analyse d'urine, radiographie de l'abdomen) doivent être réalisés pour prévenir tout risque de récidive. Ces examens sont aussi importants chez les chats prédisposés aux infections du tractus urinaire (chat insuffisant rénal chronique, chat diabétique, chat ayant subi une urétrostomie…) afin de mettre en place rapidement le traitement antibiotique adapté, et éviter des calculs de struvite induits par des infections urinaires.

De nombreuses fabricants d'aliments pour carnivores domestiques proposent une alimentation dont le but est de prévenir la récidive des calculs de struvite, après avoir utilisé l'alimentation de dissolution de ces calculs. Le pH urinaire visé est alors légèrement plus élevé que lors de la dissolution (*voir tableaux 6 et 7)*.

3. Prévention des urolithiases à oxalate de calcium

Il est impossible de dissoudre médicalement les calculs d'oxalate de calcium car il s'agit de complexes très stables. Les calculs entrainant des symptômes requièrent une exérèse mécanique, après laquelle un traitement préventif doit être mis en place afin d'éviter les récidives. Ces calculs ont un taux de récidive élevé, jusqu'à 50% dans les 2 ans suivant l'exérèse initiale [58]. Les animaux prédisposés aux urolithiases à oxalate de calcium tirent profit d'un régime préventif.

Les objectifs à rechercher pour éviter la récidive des cristaux d'oxalate sont les suivants :
- diminuer la saturation de l'urine en oxalate de calcium
- augmenter la concentration ou l'activité des inhibiteurs d'oxalate de calcium dans l'urine
- favoriser la production d'une urine plus diluée
- réduire l'acidité urinaire

Une étude clinique a montré que les modifications alimentaires peuvent réduire les facteurs de risque associés à la formation d'oxalate de calcium, et réduire le risque de récidive chez les individus sensibles [83]. Ceci se traduit par la distribution d'une alimentation humide non acidifiante adaptée, et l'augmentation de la prise de boisson.

a) Augmentation de la prise de boisson

La façon la plus simple de produire une urine insaturée est de favoriser la diurèse. Augmenter le flux urinaire réduit la concentration en substances lithogéniques et compense l'inconvénient de diluer les inhibiteurs de la cristallisation. Des volumes d'urine importants

augmentent la fréquence des mictions, et aident ainsi à évacuer tout cristal libre se formant dans le tractus urinaire [15].

Plusieurs stratégies sont possibles pour stimuler la diurèse : donner un aliment humide qui contient entre 70 et 80% d'eau, ajouter de l'eau aux croquettes, ou augmenter légèrement la teneur en chlorure de sodium contenue dans les aliments secs [51] (attention car une augmentation importante du taux de sodium augmente l'excrétion urinaire de calcium et peut conduire à des lésions rénale).

Le régime idéal de prévention des calculs d'oxalate de calcium chez le chien et le chat n'est pas connu. Beaucoup de recommandations diététiques sont avancées dans la littérature, certaines étant parfois contradictoires.

b) Rôle du pH urinaire

La solubilité des oxalates de calcium n'est généralement pas sensible au pH urinaire, comme le montre la courbe de précipitabilité *figure 14*.

Cependant, une acidification marquée induisant une acidose métabolique peut augmenter la calciurie jusqu'au point de favoriser la formation des calculs d'oxalate de calcium. Un pH trop alcalin est également à éviter car il favorise une urolithiase à struvite ou à phosphate de calcium. Les auteurs recommandent un pH urinaire d'au moins 6,5 à 7.

Les éléments légèrement acidifiants (pH urinaire de 6-6,5) et stimulant la diurèse, peuvent réduire à la fois le risque de formation des cristaux d'oxalate de calcium et de struvite, ce qui est intéressant pour les races prédisposées aux deux types de cristaux [81].

c) Rôle de l'acide oxalique/vitamine C

Il faut réduire les apports alimentaires en acide oxalique en choisissant des sources de fibres adaptées (éviter de nombreuses feuilles, épinards, oseille, salade, haricots verts, aubergines, carottes ; et préférer comme source de fibres courgettes, courges, potiron, son de blé, petits pois, lentilles, pommes de terre…). Les concentrations en acide oxalique doivent être réduites au minimum dans les aliments industriels (moins de 20mg d'acide oxalique pour 100g de MS).

Comme l'acide oxalique urinaire provient essentiellement de la dégradation de la vitamine C, il faut éviter les apports exogènes en vitamine C [14]. En réalité, les effets d'une supplémentation en vitamine C chez des chats avec des calculs d'oxalate de calcium n'ont pas encore été étudiés.

d) Rôle du calcium et phosphore

Les recommandations concernant les teneurs alimentaires en calcium dans les aliments destinés à prévenir les calculs d'oxalate de calcium évoluent. Des teneurs basses en calcium étaient habituellement recommandées, mais des études suggèrent que celles-ci favoriseraient plutôt la formation de ces calculs [51].

En effet, le calcium non absorbé au niveau intestinal se complexe habituellement aux anions tels que phosphate, citrate, sulfate et oxalate, empêchant leur absorption intestinale et leur excrétion urinaire. Ainsi, réduire la concentration en calcium augmente l'absorption intestinale d'oxalate, donc maintient ou augmente le risque de formation de calcul.

On recommande un apport alimentaire de calcium d'environ 0,5 à 0,8g pour 100g de MS chez le chat et 0,3 à 0,6g pour 100g de MS chez le chien.

De même, les dernières études suggèrent que la diminution du phosphore alimentaire augmente le risque de formation des urolithiases à oxalate de calcium. En effet, le phosphore se lie normalement dans le tractus digestif au calcium, diminuant ainsi son absorption et excrétion dans l'urine. De plus, les régimes restreints en phosphore augmentent la production rénale de calcitriol, favorisant l'absorption intestinale de phosphore et calcium, et donc une calciurie. Ceci a été démontré chez le chat [50].

Par ailleurs, les sels d'orthophosphate entrainent une excrétion urinaire de pyrophosphates et citrate, des inhibiteurs de la cristallisation des oxalates de calcium.

Cependant, un excès de phosphore prédispose à la formation d'oxalate de calcium.

On recommande donc un apport alimentaire de phosphore dans l'alimentation des chats et chiens prédisposés aux calculs d'oxalate de calcium d'environ 0,5 à 0,8g pour 100g de MS [11].

Par conséquent, il est inutile de chercher à restreindre les teneurs en calcium et phosphore des aliments visant à prévenir la formation des calculs d'oxalate de calcium [84].

e) Rôle du magnésium

Le magnésium intervient par son effet inhibiteur sur la formation des cristaux d'oxalate de calcium. En effet, le magnésium augmente l'excrétion urinaire de citrate et forme avec les oxalates un sel soluble, réduisant la proportion d'acide oxalique libre pour former des calculs d'oxalate de calcium. Plusieurs études associent un faible taux de magnésium avec un risque élevé de formation des calculs d'oxalate de calcium [49] [50]. Cependant, une supplémentation en magnésium peut augmenter le risque de formation des calculs de struvite. Ainsi, pour minimiser les risques de formation d'oxalate, il ne doit pas y avoir de supplémentation ou restriction excessive en magnésium.

On recommande un apport alimentaire de Mg dans l'alimentation des chats et chiens prédisposés aux calculs d'oxalate de calcium, d'environ 0,04 à 0,1g pour 100g de MS [11].

f) Rôle du potassium

Des études ont montré que des régimes avec un taux élevé de potassium étaient associés à une diminution du risque de formation de calculs d'oxalates de calcium [50]. En effet le potassium induit des modifications dans l'excrétion urinaire du calcium, ceci a bien été démontré chez l'homme mais pas encore chez le chat.

g) Rôle du sodium

Des controverses existent quant aux teneurs en sodium des aliments destinés à prévenir les calculs d'oxalate de calcium.

Une augmentation du taux de sodium dans l'alimentation semble inappropriée puisque le sodium favorise l'excrétion urinaire de calcium. Cependant, les études ont des résultats variés. Dans une étude, lorsque les chats sont nourris avec des taux élevés de sodium, la supersaturation en oxalate de calcium diminue même si l'excrétion urinaire de calcium augmente [12]. Il est possible que les effets d'une supplémentation orale en sodium sur l'augmentation de la prise d'eau et la dilution urinaire du calcium, soient plus importants que les effets du sodium sur l'augmentation de l'excrétion urinaire de calcium. Une autre étude a démontré que le risque de formation de calcul d'oxalate peut être significativement diminué en passant d'un niveau de 0,06g/100 kcal à 0,30g/100 kcal [82].

On recommande un apport alimentaire de sodium dans l'alimentation des carnivores domestiques prédisposés aux calculs d'oxalate de calcium, d'environ 0,5g pour 100g de MS [11].

h) Rôle des protéines

Jusqu'à présent, une teneur restreinte en protéines était recommandée. En effet, on considérait qu'un taux élevé de protéines était acidifiant, et donc augmentait l'excrétion urinaire de calcium suite à la résorption osseuse. De plus, les régimes hauts en protéines favorisaient l'excrétion urinaire d'acide oxalique, et réduisaient l'excrétion de citrate (important car se chélate avec le calcium pour former des sels solubles).

Pourtant, des études récentes montrent que des taux élevés de protéines alimentaires réduisent le risque d'urolithiase [50] [51]. Le mécanisme est inconnu mais pourrait être dû à d'autres facteurs : les régimes riches en protéines stimulent la diurèse et contiennent en outre plus de phosphore et potassium.

Etant donné que les chats sont des carnivores stricts, une restriction protéique dans le cadre de la prévention des urolithiases à oxalate de calcium n'est pas conseillée.

i) Rôle des fibres

L'efficacité de l'augmentation du taux de fibre pour diminuer la récidive des urolithiases à oxalate de calcium, n'a pas été prouvée chez le chat et le chien, contrairement à l'homme chez qui les fibres diminuent l'absorption de calcium dans le gros intestin, et donc la calciurie.

j) Citrate de potassium

Le citrate de potassium est utilisé comme alcalinisant urinaire et comme inhibiteur de la formation des calculs d'oxalate de calcium. On peut ajouter 50 à 75 mg/kg de citrate de potassium PO toutes les 12 heures.

Il augmente le pH urinaire, ce qui provoque une diminution de la résorption tubulaire du citrate, augmentant ainsi son excrétion urinaire et la formation des sels solubles avec le calcium. Pourtant, l'administration orale d'une dose allant jusqu'à 150mg/kg/j ne provoque pas d'augmentation nette de la concentration urinaire en citrate chez des chiens sains, alors qu'elle maintient un pH urinaire plus élevé au cours de la journée [80].

k) Diurétiques thiazidiques

Les diurétiques thiazidiques entrainent une réabsorption de calcium dans les tubules rénaux, ce qui diminue l'excrétion urinaire de calcium et donc la formation des calculs d'oxalate de calcium. Une étude a montré que l'administration d'hydrochlorothiazide (1mg/kg PO toutes les 12 heures), était associée à une diminution significative de la saturation urinaire en oxalate de calcium.

Mais des études cliniques à long terme sont nécessaires pour confirmer l'innocuité et l'efficacité d'une administration prolongée : elle pourrait induire une hypokaliémie, une hypercalcémie et une déshydratation. On les utilisera donc seulement si des récidives apparaissent malgré l'utilisation d'une alimentation humide adaptée et l'ajout de citrate de potassium [35] [59].

l) Vitamine B6

Une déficience en vitamine B6 favorise la production endogène d'acide oxalique et, par conséquent, son excrétion urinaire. Comme les aliments du commerce sont en général bien complémentés en vitamine B6, et qu'aucune étude n'a réellement montré les effets de la vitamine B6 sur des chats avec de calculs d'oxalate de calcium, il n'apparait pas nécessaire de supplémenter la nourriture industrielle en vitamine B6.

Si un chat avec des calculs d'oxalate de calcium est nourri avec un régime ménager, on peut envisager une supplémentation en vitamine B6 (2-4 mg/kg PO une fois par jour).

m) Eliminer les facteurs de risque

Si l'animal présente une hypercalcémie ou d'autres pathologies (hypercorticisme), la cause sous-jacente doit être corrigée. Habituellement, aucune autre mesure préventive n'est nécessaire.

Si l'animal présente une calcémie normale, les facteurs de risque d'urolithiase doivent être identifiés et contrôlés. Les aliments acidifiants qui ne stimulent pas la diurèse, ainsi que les médicaments qui favorisent une excrétion urinaire excessive de calcium (glucocorticoïdes, furosémide, acidifiants urinaires) doivent être écartés.

Aucun traitement ou supplément alimentaire contenant du calcium, de la vitamine D et des teneurs excessives en vitamine C, ne doit être donné puisqu'il peut augmenter l'excrétion de calcium et/ou d'oxalate.

n) Suivi de l'animal

Comme pour les urolithiases à struvite, il est nécessaire de réaliser des contrôles périodiques sur les animaux ayant présenté des calculs d'oxalate de calcium : analyse d'urine (pH, densité, recherche de cristaux sur le culot), mesure de la calcémie toutes les 4 semaines en début de traitement. Il est conseillé de réaliser des radiographies de l'abdomen tous les 6 à 12 mois afin de détecter tout nouveau calcul.

Pendant le traitement à l'hydrochlorothiazide, des ionogrammes doivent aussi être réalisés.

4. Récapitulatif des recommandations diététiques préconisées lors d'urolithiases chez le chat et le chien

Les *tableaux 6 et 7* regroupent les principales recommandations diététiques préconisées lors d'urolithiases chez le chat et le chien :

	Dissolution des PAM	Prévention des PAM	Prévention des calculs d'oxalate de calcium
Particularités nutritionnelles	-pH urinaire entre 5,9 et 6,1 -protéines d'origine animale -réduire les taux urinaires de magnésium et phosphore -favoriser la diurèse -densité énergétique élevée (>4kcal/g EM)	-pH urinaire entre 6,2 et 6,4 -protéines d'origine animale -réduire les taux urinaires de magnésium et phosphore -favoriser la diurèse	-pH urinaire entre 6,6 et 6,8 -réduire les taux urinaires de calcium, sodium et acide oxalique -favoriser la diurèse -légèrement réduit en protéines -agent alcalinisant
Formulation de l'aliment g/100g de MS	-protéines 30-45 -Mg 0,04-0,06 -P 0,5-0,8 -Na 0,7-0,9	-protéines 30-45 -Mg 0,04-0,1 -P 0,5-0,9 -Na 0,2-0,6	-protéines 30-45 -Ca 0,5-0,8 -Mg 0,04-0,1 -P 0,5-0,7 -Na 0,1-0,4
Distribution de l'aliment	Favoriser l'alimentation fractionnée	Favoriser l'alimentation fractionnée	
Durée du traitement	1 mois si pas d'ITU associée, 2 à 3 mois si ITU associée	Variable	Variable

Tableau 6 Récapitulation des principales recommandations diététiques préconisées lors d'urolithiases chez le chat, *d'après [4].*

	Dissolution des PAM	Prévention des PAM	Prévention des calculs d'oxalate de calcium
Antibiothérapie adaptée	Si ITU concomitante	Contrôler les ITU	
Recommandations nutritionnelles	-pH urinaire proche de 6 (5,9-6,1) -protéines d'origine animale -réduire les taux urinaires de magnésium et phosphore -favoriser la diurèse -densité énergétique élevée (>4kcal/g EM)	-pH urinaire entre 6,2 et 6,4 -protéines d'origine animale -réduire les taux urinaires de magnésium et phosphore -favoriser la diurèse	-pH urinaire entre 6,5 et 7 -réduire les taux urinaires de calcium, sodium et acide oxalique -favoriser la diurèse -légèrement réduit en protéines -agent alcalinisant
Formulation de l'aliment g/100g MS	-protéines <8 -Mg 0,02 -P 0,1 -Na 0,8	-protéines <25 -Mg 0,04-0,1 -P 0,6 -Na 0,5	-protéines 10-18 -Ca 0,3-0,6 -Mg 0,04-0,15 -P 0,5 -Na <0,3
Distribution de l'aliment	Favoriser l'alimentation fractionnée	Favoriser l'alimentation fractionnée	
Durée du traitement	1 mois si pas d'ITU associée, 2 à 3 mois si ITU associée	Variable	Variable

Tableau 7 Principales recommandations diététiques préconisées lors d'urolithiases chez le chien, *d'après [69].*

Le marché français met à la disposition des praticiens plusieurs aliments à objectifs nutritionnels particuliers, respectueux des recommandations actuelles concernant l'IRC et les urolithiases. Il est également possible de formuler des régimes ménagers efficaces (pour l'IRC notamment), ce qui ne fera pas l'objet de notre étude. La réussite du régime diététique dépend du choix de l'aliment, de sa consommation par un malade souvent dysorexique et donc du stade où le diagnostique a été fait. Un suivi clinique et biochimique régulier doit être envisagé parallèlement.

E. Formules nutritionnelles de quatre marques d'aliments recommandés lors d'IRC

Dans cette partie, nous allons nous intéresser à la composition nutritionnelle de différents aliments recommandés lors d'IRC, et comparer ces compositions nutritionnelles avec celles d'un aliment physiologique de la même gamme. Ceci nous permettra de bien voir quels sont les points clefs sur lesquels les fabricants d'aliment interviennent.

Nous nous intéresserons ici à quatre fabricants d'aliments, très présents sur le marché vétérinaire : Hill's, Royal Canin, Léo Spécific et Virbac. A noter que tous les tableaux sont tirés des product book des différents fabricants.

Se référer à la table des abréviations pour avoir la signification des différents sigles de chaque aliment.

1. Formules nutritionnelles des quatre marques applicables au chien

a) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Hill's

Hill's propose un aliment pour traiter les animaux présentant des troubles rénaux. Il s'agit de l'aliment Prescription Diet Canine k/d (Kidney/Diet). Il est recommandé lors de maladie rénale et insuffisance cardiaque précoce. Il existe sous forme humide (boites de 370g) et sèche (sacs de croquettes de 2-5 et 14kg).

Les *tableaux 8 et 9* indiquent la composition nutritionnelle de l'aliment k/d, comparée avec la composition d'un aliment physiologique de la gamme Hill's :

ANALYSE MOYENNE Aliment sec			
	Diététique Hill's Canine k/d	*Physiologique Science Plan Canine Adult with chicken*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**14.5%**	**25,00%**	**-42,00%**
Matières grasses	**19,00%**	**15,50%**	**22,58%**
Glucides (ENA)	60.9%	52,50%	16,00%
Cellulose brute	1.2%	2,00%	-40,00%
Calcium	0.70%	0,73%	-4,11%
Phosphore	**0.24%**	**0,62%**	**-61,29%**
Potassium	**0.63%**	**0,70%**	**-10,00%**
Magnésium	0.13%	0,09%	44,44%
Sodium	**0.21%**	**0,24%**	**-12,50%**
Acides gras ω-3	**1.32%**	**0,39%**	**238,46%**
Acides gras ω-6	2.69%	3,62%	-25,69%
Taurine	0.10%	-	-
Vitamine A UI/kg	16 757	9685	73,02%
Vitamine D UI/kg	789	424	86,08%
Vitamine E mg/kg	649	652	-0,46%
Vitamine C mg/kg	76	76	0,00%
Béta-carotène mg/kg	1.6	1,6	0,00%
RPC	**34**	**62**	**-45,00%**
Energie métabolisable kcal/100g	**425**	**403**	**5,46%**
pH urinaire	6,8-7,2	6,8-7,2	

Tableau 8 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Hill's Canine k/d sec et d'un aliment physiologique.

ANALYSE MOYENNE Aliment humide			
	Diététique Hill's Canine k/d	*Physiologique Science Plan Canine Adult Delicious Beef*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**14.6%**	**24,30%**	**-39,92%**
Matières grasses	**25.8%**	**15,70%**	**64,33%**
Glucides (ENA)	54%	50%	8%
Cellulose brute	1%	1,10%	-9,09%
Calcium	0.83%	0,63%	31,75%
Phosphore	**0.23%**	**0,54%**	**-57,41%**
Potassium	**0.70%**	**0,71%**	**-1,41%**
Magnésium	0.12%	0,09%	33,33%
Sodium	**0.20%**	**0,24%**	**-16,67%**
Acides gras ω-3	**1,93%**	**0,33**	**484,85%**
Acides gras ω-6	4,18%	3,49	19,77%
Taurine	0,10%		0,00%
Vitamine A UI/kg	32119	28299	13,50%
Vitamine D UI/kg	1573	1 570	0,19%
Vitamine E mg/kg	513	275	86,55%
Vitamine C mg/kg	70	-	
Béta-carotène mg/kg	1,5	-	
RPC	**32**	**60**	**-46,72%**
Energie métabolisable kcal/100g	**459**	**407**	**12,78%**
pH urinaire	6,8-7,2	6,8-7,2	

Tableau 9 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Hill's Canine k/d humide et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour ralentir l'évolution d'une maladie rénale précoce :

- protéines de haute qualité et en teneur restreinte (environ -40% pour les aliments sec et humide par rapport à l'aliment physiologique), ce qui diminue l'accumulation de déchets azotés protéiques toxiques tout en couvrant les besoins essentiels en protéines
- quantité augmentée en calories non protéiques (+23% de matière grasse pour l'aliment sec et +64% pour l'aliment humide par rapport à l'aliment physiologique), ce qui assure un apport adéquat d'énergie évitant ainsi le catabolisme des protéines
- teneur restreinte en phosphore (-57% pour l'aliment humide et -61% pour l'aliment sec par rapport à l'aliment physiologique), ce qui ralentit l'évolution de la maladie rénale
- quantité augmentée en pouvoir tampon de l'aliment, ce qui aide à contrer l'acidose métabolique et diminue la perte musculaire
- enrichi en acides gras oméga 3 (+485% pour l'aliment humide et +238% pour l'aliment sec par rapport à l'aliment physiologique), ce qui améliore le flux sanguin rénal
- teneur restreinte en sodium (environ -15% pour l'aliment suc et humide par rapport à l'aliment physiologique), ce qui contrôle l'hypertension, ralentit l'évolution de la maladie rénale
- quantité augmenté en fibres solubles, ce qui diminue la réabsorption d'ammoniaque dans l'intestin, et diminue les taux d'urée sanguine
- quantité augmentée en vitamines du groupe B, ce qui contrebalance les pertes urinaires anormalement importantes observées en cas de polyurie
- formule supérieure enrichie en antioxydants, ce qui réduit les lésions cellulaires oxydatives afin de soutenir la fonction rénale

On constate que le RPC calculé de l'aliment diététique est faible par rapport à l'aliment physiologique, ce qui témoigne de la restriction protéique, mais aussi d'une couverture des besoins énergétiques minimum.

A noter que Hill's présente également une gamme h/d recommandée lors de maladie rénale lorsque l'hypertension apparait comme le problème dominant. Cette alimentation présente des teneurs restreintes en phosphore, protéines, et surtout chlorure de sodium.

b) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Royal Canin

Royal Canin propose un aliment pour traiter les animaux présentant des troubles rénaux. Il s'agit de l'aliment Renal Canine, recommandé lors d'IRC, mais aussi dans la gestion des récidives d'urolithiase à urate ou cystine, et dans la gestion de la formation des calculs d'oxalate chez le chien dont la fonction rénale est diminuée. Il existe sous forme de humide (boites de 430g) et sèche (sacs de croquettes de 2-7 et 14kg).

Le *tableau 10* indique la composition nutritionnelle de l'aliment Renal Canine, comparée avec la composition d'un aliment physiologique Royal Canin (il n'existe pas d'aliment physiologique sous forme humide) :

ANALYSE MOYENNE				
Aliment sec				**Aliment humide**
	Diététique Renal Canine	*Physiologique Medium Adult*		*Diététique Renal Canine*
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*	*% Matière sèche*
Protéines	**17,39%**	**27,47%**	**-36,69%**	**18,9%0**
Matières grasses	**19,57%**	**15,38%**	**27,21%**	**24,90%**
Minéraux	4,89%	5,93%	-17,52%	5,40%
Amidon	50,22%	45,16%	11,20%	44,10%
Glucides (ENA)	55,76%	49,56%	12,51%	49,50%
Fibres alimentaires	7,93%	7,14%	11,13%	6,80%
Cellulose brute	2,39%	2,75%	-13,04%	1,40%
Calcium	0,22%	1,21%	-82,03%	0,70%
Potassium	**0,74%**	**0,66%**	**11,99%**	**0,90%**
Phosphore	**0,22%**	**0,88%**	**-75,30%**	**0,30%**
Magnésium	0,07%	**0,11%**	-40,71%	0,08%
Fer mg	131,5%	190	-30,78%	13,00
Cuivre mg	22,83	24	-4,89%	1,30
Zinc mg	261,96	263	-0,40%	17,30
Chlore	0,68%	-	-	0,80%
Sodium	**0,22%**	**0,38%**	**-42,79%**	**0,20%**
Sélénium mg	0,37	0,47	-21,37%	0,04
EPA+DHA	**0,46%**	**0,23%**	**98,49%**	**1,40%**
Taurine	0,23%	-	-	0,43%
Arginine	1,36%	-	-	2,20%
Vitamine A UI	23913,04	14286	67,39%	6216,00
Vitamine E mg	652,17	549	18,79%	78,00
Vitamine C mg	217,39	220	-1,19%	22,00
Vitamine D3 UI	1630,43	1099	48,36%	131,00
Vitamine B1 mg	9,78	9	8,70%	6,00
Vitamine B2 mg	4,35	7	-37,89%	2,00
Acide	31,52	33	-4,48%	5,00

pantothénique mg				
Vitamine B6 mg	10,22	5	104,35%	0,50
Vitamine B12 mg	0,10	0		11,00
Niacine mg	18,48	22	-16,01%	8,00
Biotine mg	1,27	0,9	41,30%	38,00
Acide folique mg	1,20	0,99	20,77%	0,18
Choline mg	2173,91	3297	-34,06%	270,00
RPC	**37**	**62**	**-40,16%**	**39**
Energie métabolisable kcal/100g	**469**	**442**	**6,04%**	**479**

Tableau 10 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Royal Canin Renal Canine sec et humide et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour ralentir l'évolution d'une maladie rénale :

- teneur restreinte en phosphore (-75% pour l'aliment sec par rapport à l'aliment physiologique)
- apport augmenté en flavanols, ce qui améliore la perfusion tissulaire en agissant sur les vaisseaux
- augmentation de l'apport en acides gras oméga 3 à longue chaine (EPA et DHA, +98% pour l'aliment sec par rapport à l'aliment physiologique), ce qui contribue à freiner la baisse du taux de filtration glomérulaire
- -association de zéolite et de FOS (Fructo-Oligo-Saccharides) qui limitent le risque d'ulcères de l'estomac et de la muqueuse intestinale apparaissant lors d'urémie

On constate également un RPC diminué de 40% par rapport à l'aliment physiologique.

c) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Leo Specific

Leo Specific propose un aliment pour traiter les animaux présentant des troubles rénaux. Il s'agit de l'aliment CKD/CKW (Canine Kidney Dry/Canine Kidney Wet), recommandé lors d'IRC, insuffisance hépatique, insuffisance cardiaque, urolithiase à urate-oxalate ou cystine. Il existe sous forme humide (boites de 300g) et sèche (sacs de croquettes de 2,5-8 et 15kg).

Le *tableau 11* indique la composition nutritionnelle de l'aliment CKD/CKW, comparée avec la composition d'un aliment physiologique Leo Specific :

ANALYSE MOYENNE Aliment sec			
	Diététique SPECIFIC CKD	*Physiologique SPECIFIC CXD-M*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**14,67%**	**24,84%**	**-40,93%**
Matières grasses	**19,57%**	**12,31%**	**59,01%**
Glucides	58,70%	55,60%	5,57%
Cellulose brute	2,17%	1,87%	16,16%
Cendre brute	4,89%	5,38%	-9,19%
Calcium	0,39%	0,77%	-49,3%
Phosphore	**0,27%**	**0,74%**	**-63,33%**
Magnésium	0,07%	0,19%	-25,06%
Sodium	**0,14%**	**0,80%**	**-82,5%**
Potassium	**1,27%**	**0,11%**	**1054,54%**
Chlorure	0,59%	0,56%	5,27%
Fer mg	10,65	9,23	15,4%
Zinc mg	16,3	21,21	-23,12%
Cuivre mg	0,39	0,81	-51,88%
Sélénium mg	0,03	0,04	-25%
Taurine	0,24%	0,02%	1100%
L-carnitine mg	0,01	32,97	-99,98%
Vitamine A UI	589	723,08	-18,54%
Vitamine D3 UI	59	72,53	-18,65%
Vitamine E mg	27	25,27	6,83%
Vitamine C mg	1,2	5,49	-78,16%
Vitamine B1 mg	2,4	3,41	-29,55%
Vitamine B6 mg	1,4	1,87	-25,06%
Biotine mg	10	14,95	-33,09%
Vitamine B12 ug	0,07	0,07	0%
Vitamine K mg	0,11	0,11	0%
Acide gras oméga-3 g	**0,46**	**0,45**	**2,1%**
Acide gras oméga-6 g	3,2	1,8	77,56%
RPC	**31**	**60**	**-48,33%**
Energie métabolisable kcal/100g	**470**	**413**	**13,8%**
pH urinaire	Alcalin		

ANALYSE MOYENNE Aliment humide			
	Diététique SPECIFIC CKW	*Physiologique SPECIFIC CXW*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**18,87%**	**44,12%**	**-57,23%**
Matières grasses	**16,98%**	**24,51%**	**-30,72%**
Glucides (ENA)	56,60%	19,61%	188,66%
Cellulose brute	4,53%	4,41%	2,68%
Cendres brutes	3,02%	7,35%	-58,93%
Calcium	0,38%	0,83%	-54,4%
Phosphore	**0,26%**	**0,64%**	**-59,2%**
Sodium	**0,15%**	**0,64%**	**-76,46%**
Potassium	**1,25%**	**0,88%**	**41,67%**
Magnésium	0,05%	0,10%	-49%
Chlorure	0,57%	0,98%	-41,8%6
Fer mg	10,19	14,71	-30,72%
Zinc mg	15,85	24,02	-34,02%
Cuivre mg	0,38	0,98	-61,51%
Sélénium mg	0,03	0,03	-10,19%
Taurine	0,30%	0,05%	512%
L-carnitine mg	75,47		
Vitamine A UI	7608	4970,59	53,06%
Vitamine D UI	226	78,43	188,15%
Vitamine E mg	57	29,41	93,8%
Vitamine C mg	1	8,33	-88%
Vitamine B1 mg	3	2,45	22,4%
Vitamine B6 mg	2	1,47	36%
Vitamine B12 ug	11	5,88	87%
Biotine mg	0	0,1	-100%
Vitamine K mg	0	0,15	-100%
Acides gras oméga 3 g	**3**	**0,49**	**512%**
Acides gras oméga 6 g	3	3,43	-12,57%
RPC	**42**	**93**	**-54,84%**
Energie métabolisable kcal/100g	**453**	**476**	**-4,83%**
pH urinaire	Alcalin		

Tableau 11 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Leo Specific CKD/CKW et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour ralentir l'évolution d'une maladie rénale :

- restriction phosphorée (environ -60% pour les aliments sec et humide par rapport à l'aliment physiologique), ce qui aide à la prévention de l'hyperphosphatémie et au ralentissement de la progression de l'insuffisance rénale
- formule enrichie en EPA et DHA, deux acides gras oméga 3 (+512% pour l'aliment humide par rapport à l'aliment physiologique), ce qui aide à ralentir la progression de l'insuffisance rénale
- teneur réduite en protéines (environ -50% pour les aliments humide et sec par rapport à l'aliment physiologique), associée à leur haute valeur biologique et à l'alcalinisation du pH, ce qui permet de limiter l'urémie chez les insuffisants rénaux

On retrouve des RPC diminués par rapport à ceux des aliments physiologiques.

d) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Virbac

Virbac propose un aliment pour traiter les animaux présentant des troubles rénaux. Il s'agit de l'aliment Cardio Renal Dog, recommandé lors d'IRC et insuffisance cardiaque. Il existe sous forme sèche (sacs de croquettes de 3 et 7,5kg).

Le *tableau 12* indique la composition nutritionnelle de l'aliment Cardio Renal Dog, comparée avec la composition d'un aliment physiologique Virbac :

ANALYSE MOYENNE Aliment sec			
	Diététique Cardio Renal Dog	*Physiologique Adult*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéine	**21,74%**	**29,35%**	**-25,93%**
Matières grasses	**26,09%**	**20,65%**	**26,32%**
Matières minérales	6,52%	8,70%	-25,00%
Cellulose brute	3,26%	2,72%	20,00%
ENA	42,39%	38,59%	9,86%
Amidon	32,61%	28,26%	15,38%
Fibres solubles	1,63%	1,09%	50,00%
Fibres insolubles	6,52%	7,61%	-14,29%
Calcium	0,98%	1,63%	-40,00%
Phosphore	**0,49%**	**1,09%**	**-55,00%**
Sodium	**0,22%**	**0,65%**	**-66,67%**
Potassium	**0,87%**	**0,54%**	**60,00%**
Magnésium	0,11%	0,22%	-50,00%
Chlore	0,22%	0,98%	-77,78%
Soufre	0,43%	0,33%	33,33%

AGE	**5,98%**	**4,35%**	**37,50%**
Ratio 6/3	**3,26**	**6,52**	**-50,00%**
Vitamine A UI/kg	11957	11957	0,00%
Vitamine D3 UI/kg	1196	1196	0,00%
Vitamine E mg/kg	543	543	0,00%
Vitamine K3 mg/kg	1	1	0,00%
Vitamine B1 (thiamine) mg/kg	7	7	0,00%
Vitamine B2 (riboflavine) mg/kg	9	9	0,00%
Vitamine B3 (PP, niacine, ac nicotinique) mg/kg	46	46	0,00%
Vitamine B5 (acide pantothénique) mg/kg	46	46	0,00%
Vitamine B6 (pyridoxine) mg/kg	6	6	0,00%
Vitamine B8 (biotine) ug/kg	337	337	0,00%
Vitamine B9 (acide folique) ug/kg	913	913	0,00%
Vitamine B12 (cobalamine) ug/kg	152	152	0,00%
Cuivre (sulfate) mg/kg	13	13	0,00%
Fer mg/kg	109	109	0,00%
Iode mg/kg	5	5	0,00%
Manganèse (sulfate) mg/kg	54	54	0,00%
Sélénium mg/kg	0	0	0,00%
Zinc (sulfate) mg/kg	196	196	0,00%
L-carnitine mg/kg	-	-	
Taurine mg/kg	2174	-	
Chondroitine sulfate mg/kg	0	234	-100,00%
RPC g/Mcal	**53**	**77**	**-30,99%**
Energie métabolisable kcal/100g	**447**	**413**	**8,16%**
pH urinaire	6,8-7,2	6,4-6,8	

Tableau 12 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Virbac Cardio Renal Dog et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour ralentir l'évolution d'une maladie rénale :

- densité énergétique élevée, grâce à une teneur élevée en matières grasses (+26% par rapport à l'aliment physiologique), ce qui permet d'obtenir des rations peu volumineuses chez des chiens ayant souvent un appétit capricieux
- apport protéique bas (-26% par rapport à l'aliment physiologique), protéines de haute valeur biologique, ce qui aide à lutter contre l'urémie
- teneur réduite en phosphore (-55% par rapport à l'aliment physiologique), ce qui permet de lutter contre l'hyperphosphatémie et de protéger la fonction rénale
- apport conservé en calcium, ce qui aide à lutter contre l'hyperparathyroïdisme secondaire
- teneur élevée en potassium (+60% par rapport à l'aliment physiologique), ce qui compense sa fuite rénale
- teneur réduite en sodium (-67% par rapport à l'aliment physiologique), ce qui aide à lutter contre l'hypertension artérielle
- richesse en vitamine E, sélénium et lycopène de tomate, complexes antioxydants, ce qui protège contre le vieillissement cellulaire, et aide à limiter les lésions vasculaires, cardiaques et rénales

2. Formules nutritionnelles des quatre marques applicables au chat

a) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Hill's

Hill's propose un aliment pour traiter les chats présentant des troubles rénaux. Il s'agit de l'aliment Feline k/d (Kidney/Diet), recommandé lors de maladies rénales et insuffisance cardiaque précoce. Il existe sous forme humide (boites formule originelle de 156g, boites «émincé» au poulet de 156g, tendres bouchées en Sauce au Poulet de 85g), et sèche (sacs de croquettes de 2 et 5kg).

Le *tableau 13* indique la composition nutritionnelle de l'aliment k/d, comparée avec la composition d'un aliment physiologique Hill's :

ANALYSE MOYENNE Aliment sec			
	Diététique Prescription Diet Feline k/d	*Physiologique Science Plan Feline Adult with Chicken*	
	% Matière sèche	*%Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**28,8%**	**34,00%**	**-15,29%**
Matières grasses	**22,3%**	**22,00%**	**1,36%**
Glucides (ENA)	43,3%	37,50%	15,47%
Cellulose brute	1%	1,00%	0,00%
Calcium	0,73%	0,84%	-13,10%
Phosphore	**0,48%**	**0,73%**	**-34,25%**
Sodium	**0,24%**	**0,25%**	**-4,00%**
Potassium	**0,76%**	**0,70%**	**8,57%**
Magnésium	0,05%	0,07%	-28,57%
Acide gras oméga 3	**1,06%**	**0,21%**	**404,76%**
Acide gras oméga 6	3,43%	3,30%	3,94%
Taurine	0,24%	0,17%	41,18%
Vitamine A UI/kg	18201	10540,00	72,69%
Vitamine D UI/kg	899	534,00	68,35%
Vitamine E mg/kg	582	582	0,00%
Vitamine C mg/kg	74		
Béta-carotène mg/kg	1,6	0,5	220,00%
Energie métabolisable kcal/100g	**442**	**434**	**1,84%**
pH urinaire	6,6-6,9	6,2-6,4	
RPC	**65**	**78**	**-16,46%**

ANALYSE MOYENNE Aliment humide			
	Diététique Prescription Diet Feline k/d boite formule originelle	*Physiologiqe Science Plan Feline Adult with chicken*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**28,5%**	**43,80%**	**-35%**
Matières grasses	**26,8%**	**25,10%**	**7%**
Glucides (ENA)	37,3%	20,30%	84%
Cellulose brute	2,4%	2,10%	14%
Calcium	0,6%	0,76%	-21%
Phosphore	**0,35%**	**0,70%**	**-50%**
Sodium	**0,3%**	**0,36%**	**-17%**
Potassium	**1,01%**	**0,72%**	**40%**
Magnésium	0,05%	0,06%	-17%
Acide gras oméga 3	**0,55%**	**0,2%**	**175%**
Acide gras oméga 6	3,9%	2,69%	45%
Taurine	0,37%	0,25%	48%
Vitamine A UI/kg	75254	62008	21%
Vitamine D UI/kg	1559	1888	-17%
Vitamine E mg/kg	600	348	72%
Vitamine C mg/kg	71		
Béta-carotène mg/kg	1,5		
Energie métabolisable kcal/100g	**460**	**450**	**2%**
pH urinaire	6,6-6,9	6,2-6,4	
RPC	**62**	**97**	**-36%**

Tableau 13 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Hill's Feline k/d sec et humide et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour ralentir l'évolution d'une maladie rénale précoce :

- protéines de haute qualité et en teneur restreinte (-15% pour l'aliment sec et -35% pour l'aliment humide par rapport à l'aliment physiologique), ce qui diminue l'accumulation de déchets azotés protéiques toxiques tout en couvrant les besoins essentiels en protéines

- quantité augmentée en calories non protéiques (on remarque cependant une faible augmentation du taux de matière grasse +1% pour l'aliment sec et +7% pour l'aliment humide par rapport à l'aliment physiologique), ce qui assure un apport adéquat d'énergie évitant ainsi le catabolisme des protéines
- teneur restreinte en phosphore (-50% pour l'aliment humide et -34% pour l'aliment sec par rapport à l'aliment physiologique), ce qui ralentit l'évolution de la maladie rénale
- quantité augmentée en pouvoir tampon de l'aliment, ce qui aide à contrer l'acidose métabolique et diminue la perte musculaire
- enrichi en acides gras oméga 3 (+405% pour l'aliment humide et +175% pour l'aliment sec par rapport à l'aliment physiologique), ce qui améliore le flux sanguin rénal
- teneur restreinte en sodium (-4% pour l'aliment sec et -17% pour l'aliment humide par rapport à l'aliment physiologique), ce qui contrôle l'hypertension, ralentit l'évolution de la maladie rénale
- quantité augmenté en fibres solubles, ce qui diminue la réabsorption d'ammoniaque dans l'intestin, et diminue les taux d'urée sanguine
- quantité augmentée en vitamines du groupe B, ce qui contrebalance les pertes urinaires anormalement importantes observées en cas de polyuries
- formule supérieure enrichie en antioxydants, ce qui réduit les lésions cellulaires oxydatives afin de soutenir la fonction rénale

b) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Royal Canin

Royal Canin propose un aliment pour traiter les animaux présentant des troubles rénaux. Il s'agit de l'aliment Renal Feline, recommandé lors d'IRC, de gestion des récidives d'urolithiase à urate-cystine-oxalate de calcium, encéphalose hépatique. Il existe sous forme humide (barquettes au poulet de 100g, sachets fraicheurs au poulet et au bœuf de 100g), et sèche (sacs de croquettes de 0,5-2 et 4kg).

Le *tableau 14* indique la composition nutritionnelle de l'aliment Renal Feline, comparée avec la composition d'un aliment physiologique Royal Canin :

ANALYSE MOYENNE				
	Aliment sec			**Aliment humide-**
	Diététique Renal Feline	*Physiologique Young Female Stones and Weight*		*Diététique Renal Feline S/O barquette with chicken*
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*	*% Matière sèche*
Protéines	**24,73%**	**36,56%**	**-32,35%**	**32,00%**
Matières grasses	**23,66%**	**10,75%**	**120,06%**	**38,00%**
Minéraux	5,91%	8,39%	-29,51%	6,00%
Amidon	34,52%	32,47%	6,30%	19,20%
Glucides (ENA)	39,25%	36,99%	6,10%	21,60%
Fibres alimentaires	11,18%	11,83%	-5,47%	4,80%
Cellulose brute	6,45%	7,31%	-11,74%	2,40%
Calcium	0,65%	1,24%	-47,97%	0,60%
Potassium	**1,08%**	**0,86%**	**25,03%**	**1,20%**
Phosphore	**0,32%**	**1,13%**	**-71,45%**	**0,40%**
Magnésium	0,05%	0,1%	-46,24%	0,08%
Fer mg	14	280	-46,62%	15
Cuivre mg	23	26	-13,15%	2
Zinc mg	249	247	1,00%	17,20
Chlore	0,91%			0,50%
Sodium	**0,22%**	**0,75**	**-71,33%**	**0,40%**
Sélénium mg	0,37	0,27	35,40%	0,12
EPA+DHA	**0,45%**	**0,28%**	**61,29%**	**2,00%**
Taurine	0,23%	0,22%	2,64%	0,70%
Arginine	1,72%			
Vitamine A UI	26882	23 656	13,64%	1200
Vitamine E mg	591	645	-8,31%	72
Vitamine C mg	215			32
Vitamine D3 UI	1183			141
Vitamine B1 mg	30	13	131,60%	17
Vitamine B2 mg	60	46	30,90%	2

Acide pantothénique mg	68	54	25,45%	3
Vitamine B6 mg	50,32	41	22,74%	1,00
Vitamine B12 mg	0,19	0		5,00
Niacine mg	192		229,24%	18
Biotine mg	3,66			26,00
Acide folique mg	16,45			0,40
Choline mg	2688	3 226	-16,67%	832
Acide gras oméga 6	4,52%	2,85%	58,46%	10,40%
Acide gras oméga 3	**0,97%**	**0,54%**	**79,21%**	**2,40%**
RPC	**53**	**97**	**-45,64%**	**58**
Energie métabolisable kcal/100g	**469**	**376**	**24,59%**	**556**

Tableau 14 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Royal Canin Renal Feline sec et humide et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour ralentir l'évolution d'une maladie rénale :

- teneur restreinte en phosphore (-71% pour l'aliment sec par rapport à l'aliment physiologique)
- apport augmenté en flavanols, ce qui améliore la perfusion tissulaire en agissant sur les vaisseaux
- augmentation de l'apport en acides gras oméga 3 à longue chaine (EPA et DHA, +79% pour l'aliment sec par rapport à l'aliment physiologique), ce qui contribue à freiner la baisse du taux de filtration glomérulaire
- -association de zéolite et de FOS qui limitent le risque d'ulcères de l'estomac et e la muqueuse intestinale

c) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Leo Specific

Leo Specific propose un aliment pour traiter les animaux présentant des troubles rénaux. Il s'agit de l'aliment FKD/FKW (Feline Kidney Dry/Feline Kidney Wet). Il existe sous forme humide (barquettes au poulet de 100g, sachets fraicheurs au poulet et au bœuf de 100g), et sèche (sacs de croquettes de 0,5-2 et 4kg).

Le *tableau 15* indique la composition nutritionnelle de l'aliment FKD/FKW, comparé avec la composition d'un aliment physiologique Leo Specific :

ANALYSE MOYENNE Aliment sec			
	Diététique SPECIFIC FKD	*Physiologique SPECIFIC FXD*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**25,63%**	**31,69%**	**-19,11%**
Matières grasses	**26,13%**	**11,23%**	**132,66%**
Glucides	39,44%	43,32%	-8,96%
Cellulose brute	4,93%	6,42%	-23,21%
Cendre brute	4,44%	5,21%	-14,84%
Calcium	0,74%	0,76%	-2,70%
Phosphore	**0,44%**	**0,64%**	**-30,68%**
Magnésium	0,05%	0,32%	-84,59%
Sodium	**0,20%**	**1%**	**-80,28%**
Potassium	**1,43%**	**0,08%**	**1687,03%**
Chlorure	1,04%	1,08%	-4,14%
Fer mg	18,73	15,24	22,92%
Zinc mg	12,32	10,03	22,87%
Cuivre mg	0,49	0,6	-17,84%
Sélénium mg	0,02	0,02	-1,41%
Taurine	207,05%	116,32%	78,00%
L-carnitine mg	8,38	3,21	161,08%
Vitamine A UI	2475	1007	145,75%
Vitamine D3 UI	246	100	146,49%
Vitamine E mg	64	32	100,27%
Vitamine C mg	1	5	-80,28%
Vitamine B1 mg	2	2	23,24%
Vitamine B6 mg	1	1	-1,41%
Biotine mg	0	5	-99,01%
Vitamine B12 ug	6	0,08	7910,81%
Vitamine K mg	0	0,12	-17,84%
Acide gras oméga-3	**2,32%**	**0,36%**	**543,60%**
Acide gras oméga-6	2,32%	2,17%	6,77%
RPC	**52**	**91**	**-42,87%**
Energie métabolisable kcal/100g	**493**	**401**	**22,94%**
pH urinaire	Alcalin		

ANALYSE MOYENNE Aliment humide			
	Diététique SPECIFIC FKW	*Physiologique SPECIFIC FXW*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**33,89%**	**54,37%**	**-37,67%**
Matières grasses	**43,08%**	**27,19%**	**58,44%**
Glucides	12,64%	7,41%	70,54%
Cellulose brute	4,60%	2,97%	54,72%
Cendre brute	5,17%	8,29%	-37,64%
Calcium	0,57%	0,84%	-31,62%
Phosphore	**0,46%**	**0,74%**	**-37,90%**
Magnésium	0,06%	**0,06%**	-4,27%
Sodium	**0,29%**	**0,54%**	**-46,82%**
Potassium	**1,67%**	**0,73%**	**128,18%**
Chlorure	0,57%	0,83%	-30,80%
Fer mg	28,72	18,53	54,99%
Zinc mg	14,36	12,19	17,80%
Cuivre mg	0,57	0,73	-21,32%
Sélénium mg	0,05	0,02	129,76%
Taurine	407,82%	302,36%	34,88%
L-carnitine mg	95,92		
Vitamine A UI	14417	7847	83,73%
Vitamine D3 UI	287	122	135,41%
Vitamine E mg	75	39	91,46%
Vitamine C mg	51	8	531,83%
Vitamine B1 mg	4	2	101,04%
Vitamine B6 mg	2	1	72,32%
Biotine mg	0,17	0,16	7,70%
Vitamine B12 ug	8,62	6	43,60%
Vitamine K mg	0,11	0,15	-23,41%
Acide gras oméga-3	**4,54%**	**2,08%**	**118,16%**
Acide gras oméga-6	13,61%	4,15%	228,03%
RPC	**59**	**112**	**-47,28%**
Energie métabolisable kcal/100g	**574**	**489**	**17,46%**
pH urinaire	Alcalin		

Tableau 15 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Leo Specific FKD/FKW et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour ralentir l'évolution d'une maladie rénale :

- restriction phosphorée (environ -35% pour les aliments sec et humide par rapport à l'aliment physiologique), ce qui aide à la prévention de l'hyperphosphatémie et au ralentissement de la progression de l'insuffisance rénale
- formule enrichie en EPA et DHA, deux acides gras oméga 3 (+543% pour l'aliment sec et +118 pour l'aliment humide par rapport à l'aliment physiologique), ce qui aide à ralentir la progression de l'insuffisance rénale
- teneur réduite en protéines (-19% pour l'aliment sec et -38% pour l'aliment humide par rapport à l'aliment physiologique), associée à leur haute valeur biologique et à l'alcalinisation du pH, ce qui permet de limiter l'urémie chez les insuffisants rénaux

d) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Virbac

Virbac propose un aliment pour traiter les animaux présentant des troubles rénaux. Il s'agit de l'aliment Renal Cat. Il existe sous forme sèche (sacs de 1,5 et 3kg).

Le *tableau 16* indique la composition nutritionnelle de l'aliment Renal Cat, comparée avec la composition d'un aliment physiologique Virbac :

ANALYSE MOYENNE Aliment sec			
	Diététique Renal Cat	*Physiologique Adult Cat*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéine	**29,35%**	**34,78%**	**-15,63%**
Matières grasses	**26,09%**	**17,39%**	**50,00%**
Matières minérales	5,43%	7,07%	-23,08%
Cellulose brute	3,26%	6,52%	-50,00%
ENA	35,87%	33,15%	8,20%
Amidon	26,09%	25,00%	4,35%
Fibres solubles	1,09%	1,09%	0,00%
Fibres insolubles	5,43%	10,87%	-50,00%
Calcium	0,87%	1,30%	-33,33%
Phosphore	**0,43%**	**0,98%**	**-55,56%**
Sodium	**0,33%**	**0,43%**	**-25,00%**
Potassium	**0,98%**	**0,87%**	**12,50%**
Magnésium	0,10%	0,11%	-10,00%
Chlore	0,65%	1,20%	-45,45%
Soufre	0,54%	0,65%	-16,67%
AGE	**5,11%**	**3,70%**	**38,24%**
Ratio 6/3	**4,35**	**5,43**	**-20,00%**
Vitamine A UI/kg	10870	10870	0,00%
Vitamine D3 UI/kg	1087	1087	0,00%
Vitamine E mg/kg	543	543	0,00%
Vitamine K3 mg/kg	2	2	0,00%
Vitamine B1 (thiamine) mg/kg	16	16	0,00%
Vitamine B2	20	20	0,00%

(riboflavine) mg/kg			
Vitamine B3 (PP, niacine, ac nicotinique) mg/kg	111	111	0,00%
Vitamine B5 (acide pantothénique) mg/kg	33	33	0,00%
Vitamine B6 (pyridoxine) mg/kg	15	15	0,00%
Vitamine B8 (biotine) ug/kg	293	293	0,00%
Vitamine B9 (acide folique) ug/kg	2	2	0,00%
Vitamine B12 (cobalamine) ug/kg	65	65	0,00%
Cuivre (sulfate) mg/kg	20	20	0,00%
Fer mg/kg	170	170	0,00%
Iode mg/kg	2	2	0,00%
Manganèse (sulfate) mg/kg	49	49	0,00%
Sélénium mg/kg	0	0	0,00%
Zinc (sulfate) mg/kg	202	202	0,00%
L-carnitine mg/kg	-	-	
Taurine mg/kg	2174	-	
RPC	**76**	**105**	**-27,84%**
Energie métabolisable kcal/100g	**475**	**360**	**32,02%**
pH urinaire	6,9-7,1	6,2-6,4	

Tableau 16 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Virbac Renal Cat et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour ralentir l'évolution d'une maladie rénale :

- densité énergétique élevée, grâce à une teneur élevée en matières grasses (+50% par rapport à l'aliment physiologique), ce qui permet d'obtenir des rations peu volumineuses chez des chats ayant souvent un appétit capricieux
- apport protéique bas (-16% par rapport à l'aliment physiologique), protéines de haute valeur biologique, ce qui aide à lutter contre l'urémie
- teneur réduite en phosphore (-56% par rapport à l'aliment physiologique), ce qui permet de lutter contre l'hyperphosphatémie et de protéger la fonction rénale
- apport conservé en calcium, ce qui aide à lutter contre l'hyperparathyroïdisme secondaire
- teneur élevée en potassium (+12% par rapport à l'aliment physiologique), ce qui compense sa fuite rénale
- teneur réduite en sodium (-25% par rapport à l'aliment physiologique), ce qui aide à lutter contre l'hypertension artérielle

- richesse en vitamine E, sélénium et lycopène de tomate, complexe antioxydant, ce qui protège contre le vieillissement cellulaire, et aide à limiter les lésions vasculaires, cardiaques et rénales

Après avoir comparé les formules nutritionnelles d'aliments diététiques destinés à lutter contre l'IRC avec celles d'un aliment physiologique, nous allons maintenant étudier les formules nutritionnelles d'aliments destinés à dissoudre et prévenir les urolithiases.

F. Formules nutritionnelles de quatre marques d'aliments destinés à dissoudre et prévenir les urolithiases canines

Nous nous intéresserons ici à quatre fabricants d'aliments : Hill's, Royal Canin, Léo Spécific et Virbac.

La gamme Hill's présente 3 types de croquettes destinées à traiter ou prévenir les récidives des urolithiases à struvite et oxalate de calcium :

- dissolution des calculs de struvite : s/d (Struvite/Diet)
- prévention des récidives des calculs de struvite : c/d (Calculus/Diet)
- prévention des récidives des calculs d'oxalate de calcium : u/d (Urate/Diet)

La gamme Royal Canin présente un seul type de croquettes destiné à dissoudre les calculs urinaires de struvite et prévenir les récidives des urolithiases à struvite et à oxalate de calcium :

- Urinary S/O Canine (Struvite/Oxalate)

La gamme Leo Specific présente deux types de croquettes destinés à traiter ou prévenir les récidives des urolithiases à struvite et oxalate de calcium :

- prévention et dissolution des calculs de struvite : SPECIFC CCD Struvite Management (Canine Calculus Dry)
- prévention des urolithiases à oxalate de calcium : SPECIFIC CKD/CKW Kidney Support (Canine Kidney Dry/Wet)

La gamme Virbac ne présente pas d'alimentation spécifique destinée à traiter ou prévenir les récidives des urolithiases à struvite et oxalate de calcium.

Se référer à la table des abréviations pour avoir la signification des différents sigles de chaque aliment.

On constate dès lors que chaque gamme présente une stratégie nutritionnelle différente pour appréhender le problème des urolithiases chez le chien.

Dans un premier temps, nous nous intéresserons à la composition nutritionnelle de chacun de ces aliments, puis nous ferons une étude comparative plus approfondie des aliments les uns par rapport aux autres.

1. Composition nutritionnelle des aliments destinés à dissoudre ou prévenir les récidives des urolithiases à struvite

a) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Hill's

(1) Prescription Diet Canine s/d

Cet aliment est destiné à dissoudre les calculs de struvite. Il s'agit d'un aliment humide se présentant sous la forme humide, boites de 370g.

Il ne doit pas être utilisé comme aliment d'entretien à long terme. Après dissolution (ou extraction chirurgicale) des calculs de struvite, il convient d'utiliser l'aliment Prescription Diet Canine c/d (ou w/d si l'animal est prédisposé à l'excès pondéral) à long terme pour réduire la récidive des calculs de struvite.

Le *tableau 17* indique la composition nutritionnelle de l'aliment s/d, comparée avec la composition d'un aliment physiologique de chez Hill's :

ANALYSE MOYENNE aliment humide			
	Diététique s/d boites	*Physiologique Canine adult delicious beef*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**7,90%**	**24,30%**	**-67,49%**
Matières grasses	26%	15,70%	65,60%
Glucides (ENA)	58,50%	50%	17%
Cellulose brute	2%	1,10%	81,82%
Humidité	-	-	
Calcium	0,27%	0,63%	-57,14%
Phosphore	**0,07%**	**0,54%**	**-87,04%**
Sodium	**1,28%**	**0,24%**	**433,33%**
Potassium	0,44%	0,71%	-38,03%
Magnésium	**0,02%**	**0,09%**	**-77,78%**
Chlore	2,37%		
Soufre	0,30%		
Acides gras Omega 3	0,36%	0,33%	9,09%
Acides gras Omega 6	5,17%	3,49%	48,14%
Vitamine A UI/kg	13 504	28 299	-52,28%
Vitamine D UI/kg	1 504	1 570	-4,20%
Vitamine E mg/kg	503	275	82,91%
Beta carotène mg/kg	1,5		
Energie métabolisable kcal/100g	**454**	**407**	**11,55%**
RPC	**17,3**	**59,7**	**-71,02%**
Substance acidifiant l'urine	sulfate de calcium 2,0g/kg DL-Méthionine 0,5 g/kg		
pH urinaire	**5,9 - 6,3**	**6,8 - 7,2**	

Tableau 17 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Hill's Canine s/d humide et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour dissoudre les calculs des struvite :

- quantité d'énergie augmentée (+11,55% par rapport à l'aliment physiologique), ce qui réduit la prise alimentaire et donc l'apport en minéraux
- quantités en magnésium, phosphore, protéines très restreintes (respectivement -77,78%, -87,04%, -67,49% par rapport à l'aliment physiologique), ce qui diminue la concentration urinaire en constituants des struvites, c'est-à-dire en magnésium, ammoniaque (dérivé des protéines) et phosphate
- quantité en sodium augmentée (*5 par rapport à l'aliment physiologique), ce qui augmente le volume urinaire et diminue la concentration urinaire en constituants des struvites
- pH urinaire acide : 5,9-6,3, ce qui augmente la solubilité des cristaux de struvite
- teneur élevée en vitamine E et bêta-carotène, ce qui réduit les lésions oxydatives contribuant à enrayer l'urolithiase. La formule n'est pas supplémentée en vitamine C car il s'agit d'un précurseur de l'oxalate pouvant accroitre le risque de formation d'oxalate de calcium durant un traitement diététique des calculs de struvite.
-

On constate cependant que dans cette formule, le rapport protido-calorique est extrêmement bas (17,30g de protéines/mégacalorie d'EM), ce qui témoigne d'une restriction protéique vraiment sévère (taux de protéine divisé par 3 par rapport à l'aliment d'entretien). On comprend dès lors que cet aliment n'est pas prévu à long terme mais seulement le temps de dissoudre les cristaux de struvites existant.

(2) Prescription Diet Canine c/d

Cet aliment est destiné à réduire la formation ou la récidive des urolithiases à struvite (et phosphate de calcium). Il se présente sous forme humide (boites de 370g) ou sèche (sacs de croquettes de 2, 5 ou 14kg).

Le *tableau 18* indique la composition nutritionnelle de l'aliment c/d, comparée avec la composition d'un aliment physiologique Hill's :

ANALYSE MOYENNE aliment humide			
	Diététique c/d boites	*Physiologique Canine adult delicious beef*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**23,60%**	**24,30%**	**-2,88%**
Matières grasses	24%	15,70%	52,87%
Glucides (ENA)	46,90%	50%	-6,20%
Cellulose brute	1%	1,10%	-9,09%
Calcium	0,69%	0,63%	9,52%
Phosphore	**0,50%**	**0,54%**	**-7,41%**
Sodium	0,28%	0,24%	16,67%
Potassium	0,60%	0,71%	-15,49%
Magnésium	**0,08%**	**0,09%**	**-11,11%**
Chlore	0,64%		
Soufre	0,25%		
Acides gras Omega 3	0,42%	0,33%	27,27%
Acides gras Omega 6	4,18%	3,49%	19,77%
Vitamine A UI/kg	19 692	28 299	-30,41%
Vitamine D UI/kg	1 199	1 570	-23,63%
Vitamine E mg/kg	503	275	82,91%
Vitamine C mg/kg	68 mg/kg		
Beta carotène mg/kg	1,5 mg/kg		
Energie métabolisable kcal/100g	**449**	**407**	**10,32%**
RPC	**53**	**60**	**-11,67%**
Substance acidifiant l'urine	sulfate de calcium 3,0 g/kg		
pH urinaire	**6,2 - 6,4**	**6,8-7,2**	

ANALYSE MOYENNE aliment sec			
	Diététique c/d sec	*Physiologique Canine Adult with chicken*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**23,50%**	**25%**	**-6,00%**
Matières grasses	21,20%	15,50%	36,77%
Glucides (ENA)	47,90%	52,50%	-8,76%
Cellulose brute	2,90%	2%	45,00%
Calcium	0,71%	0,73%	-2,74%
Phosphore	**0,55%**	**0,62%**	**-11,29%**
Sodium	0,30%	0,24%	25,00%
Potassium	0,65%	0,70%	-7,14%
Magnésium	**0,09%**	**0,09%**	**0,00%**
Chlore	0,74%		
Soufre	0,57%		
Acides gras Omega 3	0,40%	0,39%	2,56%
Acides gras Omega 6	4,09%	3,62%	12,98%
Taurine	0,14%		
Vitamine A UI/kg	13 038	9 685	34,62%
Vitamine D UI/kg	589	424	38,92%
Vitamine E mg/kg	649	652	-0,46%
Vitamine C mg/kg	76	76	0,00%
Beta carotène mg/kg	1,6	1,6	0,00%
Energie métabolisable kcal/100g	**430**	**403**	**6,70%**
RPC	**55**	**62**	**-11,29%**
Substance acidifiant l'urine	sulfate de calcium 5,0 g/kg		
pH urinaire	**6,2-6,4**	**6,8-7,2**	

Tableau 18 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Hill's Canine c/d humide et sec et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour prévenir les récidives des calculs de struvite :

- teneur restreinte en magnésium, phosphore, protéines, ce qui diminue la concentration urinaire en constituants de la struvite, c'est-à-dire en magnésium, ammoniaque, (dérivé des protéines) et phosphate. Toutefois, on constate que ces restrictions sont moins marquées par rapport à l'aliment physiologique que pour l'aliment s/d (par exemple taux de magnésium sensiblement identiques entre aliments diététique et physiologique)

- pH urinaire acide : 6,2-6,4, ce qui aide à empêcher la formation et agrégation des cristaux de struvites
- formule enrichie en antioxydants, ce qui réduit les lésions oxydatives contribuant à enrayer l'urolithiase.

On constate que la plage de pH urinaire est un peu moins acide que pour l'aliment de dissolution. De même, les restrictions en protéines, magnésium et phosphore sont beaucoup moins importantes.

A noter qu'il existe une gamme particulière pour la réduction des calculs de struvite chez les chiens prédisposés à l'obésité, à la pancréatite, à l'hyperlipidémie : Prescription Diet Canine w/d, qui a des propriétés semblables à Canine c/d avec une formule pauvre en calories, restreinte en matières grasses et énergie, enrichie en fibres.

Ceci est particulièrement intéressant étant donné que certaines races comme le Schnauzer sont prédisposées à la fois aux troubles du métabolisme lipidique et aux urolithiases.

b) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Royal Canin

La gamme Royal Canin présente un seul type de croquettes destiné à la fois à dissoudre les calculs urinaires de struvite et prévenir les récidives des urolithiases à struvite et à oxalate de calcium : Urinary S/O Canine. Il se présente sous forme humide (boites de 420g) ou sèche (sacs de croquettes de 2, 7,5 ou 14kg).

Le *tableau 19* indique la composition nutritionnelle de l'aliment S/O, comparée avec celle d'un aliment physiologique de la gamme Royal Canin (cette gamme physiologique présente uniquement des aliments secs) :

ANALYSE MOYENNE				
	Aliment sec			*Aliment humide*
	Diététique S/O	*Physiologique Medium Adult*		*Diététique S/O*
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique sec*	*% Matière sèche*
Protéines	**19,57%**	**27,47%**	**-28,76%**	**18,60%**
Matières grasses	18,48%	15,38%	20,16%	28,60%
Minéraux	7,07%	5,93%	19,22%	8,20%
Amidon	48,70%	45,16%	7,84%	32,10%
ENA	52,50%	49,56%	5,93%	42,50%
Fibres alimentaires	6,20%	7,14%	-13,17%	12,50%
Cellulose brute	2,39%	2,75%	-13,09%	2,10%
Calcium	0,54%	1,21%	-55,37%	1,30%
Potassium	0,87%	0,66%	31,82%	0,70%
Phosphore	**0,54%**	**0,88%**	**-38,64%**	**0,60%**
Magnésium	**0,05%**	**0,11%**	**-50,91%**	**0,07%**
Fer mg	151	190	-20,53%	12
Cuivre mg	23	24	-4,17%	1,3
Zinc mg	253	263	-3,80%	11,8
Chlore	2,39%			1,40%
Sodium	**1,30%**	**0,38%**	**242,11%**	**1,40%**
Sélénium mg	0,36	0,47	-23,40%	0,02
EPA+DHA	0,23%	0,23%	0,00%	0,90%
Taurine	0,23%			0,71%
Arginine	1,20%			
Vitamine A UI	23913	14286	67,39%	3857
Vitamine E mg	652	549	18,76%	69
Vitamine C mg	217	220	-1,36%	21
Vitamine D3 UI	1630	1099	48,32%	76
Vitamine B1 mg	10	9	11,11%	5
Vitamine B2 mg	4	7	-42,86%	2
Acide pantothénique mg	32	33	-3,03%	3
Vitamine B6 mg	10	5	100,00%	0,4
Vitamine B12 mg	0	0		14
Niacine mg	18	22	-18,18%	5
Biotine mg	1	0,9	11,11%	32
Acide folique mg	1	0,99	1,01%	0
Choline mg	2174	3297	-34,06%	393
RPC	**43**	**62**	**-30,65%**	**37**
Energie métabolisable kcal/kg	**4 546**	**4422**	**2,80%**	**5010**

pH urinaire	**6,2**			**6,2**

Tableau 19 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Royal Canin Urinary S/O Canine humide et sec et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour prévenir les récidives des calculs de struvite :

- teneur élevée en sodium (taux en sodium multiplié par 3,4 entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique) afin d'augmenter le volume urinaire, ce qui réduit la saturation des urines en struvites
- pH urinaire : 6,2, défavorable à la croissance bactérienne, inhibe la précipitation des cristaux de struvite par diminution de la disponibilité des ions phosphates
- teneur en magnésium restreinte (de moitié pour l'aliment diététique sec comparé à l'aliment physiologique), ce qui diminue la concentration urinaire en ce constituant des struvites
- teneurs également restreintes en phosphore et protéines (respectivement -28,76% pour les protéines comparées à l'aliment physiologique et -38,64% pour le phosphore)

Le RPC se trouve du même coup diminué pour les aliments diététiques du fait de la restriction protéique et de l'augmentation de la quantité d'énergie : 43g de protéines/mégacalories d'EM pour l'aliment sec et 37g de protéines/mégacalories d'EM pour l'aliment humide.

Le fabricant Royal Canin axe sa publicité sur un nouveau concept : la mesure de la «relative supersaturation» ou RSS de l'urine en certains minéraux spécifiques, pour identifier les chiens à risque vis-à-vis de la formation d'urolithes.

Le RSS est considéré comme un indicateur de prévision du potentiel de cristallisation de l'urine. Il rend obsolète l'approche pH seul et intègre les interactions entre les différents éléments intervenant dans la formation des cristaux et calculs urinaires :

- volume urinaire
- pH urinaire
- concentration urinaire en ions

Déterminer le RSS Struvite (Index S) et le RSS Oxalate (Index O) de l'urine d'un animal revient à évaluer l'impact de l'alimentation sur le risque de formation de calculs urinaires chez cet animal.

Le Waltham Center for Pet Nutrition a ainsi déterminé un index struvite<1 et un index oxalate<5 correspondant à une zone de sous-saturation induisant une urine défavorable au développement des cristaux de struvite et d'oxalate de calcium. Royal Canin a ainsi développé une gamme S/O se basant sur ce principe et assurant, d'après le fabricant, une bonne sécurité vis-à-vis des cristaux de struvite et d'oxalate de calcium.

c) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Léo Specific

La gamme Léo Specific présente un seul type de croquettes destiné à la fois à dissoudre les calculs urinaires de struvite et prévenir les récidives des urolithiases à struvite : SPECIFIC CCD Struvite Management. Cet aliment existe sous forme sèche (sacs de croquettes de 2,5-8 et 15kg).

Le *tableau 20* indique la composition nutritionnelle de l'aliment CCD, comparée avec la composition d'un aliment physiologique de la gamme Léo Specific :

ANALYSE MOYENNE aliment sec			
	Diététique Leo Specific CCD	*Physiologique Leo Specific CXD*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**22,95%**	**24,84%**	**-7,59%**
Matières grasses	20,77%	12,31%	68,76%
Glucides (ENA)	49,51%	55,60%	-10,96%
Cellulose brute	2,40%	1,87%	28,47%
cendres brutes	4,37%	5,38%	-18,84%
Calcium	0,60%	0,77%	-22,00%
Phosphore	**0,46%**	**0,74%**	**-37,52%**
Sodium	**0,60%**	**0,19%**	**221,18%**
Potassium	0,90%	0,80%	12,19%
Magnésium	**0,06%**	**0,11%**	**-43,71%**
Chlorure	0,70%	0,56%	24,72%
Fer mg	17,92	9,23	94,17%
Zinc mg	31,91	21,21	50,47%
Cuivre mg	1,19	0,81	46,49%
Sélénium mg	0,08	0,04	100%
Taurine	0,04%	0,02%	100%
Vitamine A UI/kg	996,72	723,08	37,84%
Vitamine D UI/kg	99,45	72,53	37,13%
Vitamine E mg/kg	28,42	25,27	12,43%
Vitamine C mg/kg	5,46	5,49	-0,55%
Vitamine B1 mg/kg	2,40	3,41	-29,42%
Vitamine B6 mg/kg	1,42	1,87	-23,95%
Vitamine B12 ug/kg	6,01	14,95	-59,78%
Biotine mg/kg	0,07	0,07	-0,55%
Vitamine K mg/kg	0,11	0,11	-0,55%
Acides gras oméga 3 g	4	0,45	787,80%
Acides gras oméga 6 g	15	1,80	732,32%
RPC	**48**	**58,00**	**-17,24%**
Energie métabolisable kcal/100g	**477**	**431,87**	**10,45%**
pH urinaire	**6,0-6,3**		

Tableau 20 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Leo Specific CCD sec et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour dissoudre et prévenir les récidives des calculs de struvite :

- teneurs réduites en magnésium et phosphore (composants des cristaux de struvite) (respectivement -43,71% et -37,52% par rapport à l'aliment physiologique), ce qui favorise la prévention et la dissolution des cristaux et calculs de struvite
- pH urinaire < 6,4, ce qui permet de dissoudre les cristaux de struvite existants et de prévenir la précipitation de nouveaux cristaux de struvite
- ingrédients hautement digestibles pour garantir une absorption maximale des nutriments tout en réduisant le volume des selles
- l'EPA et le DHA sont deux acides gras oméga-3 qui ont un effet bénéfique sur la santé des articulations, de la peau et du pelage

2. Composition nutritionnelle des aliments destinés à prévenir les récidives des urolithiases à oxalate de calcium

a) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Hill's

La gamme Hill's présente un type de croquettes destiné à prévenir les récidives des urolithiases à oxalate de calcium : Prescription Diet u/d. Il se présente sous forme humide (boites de 370g) ou sèche (sacs de croquettes de 5 ou 14kg).

Le *tableau 21* indique la composition nutritionnelle de l'aliment u/d, comparée avec celle d'un aliment physiologique de la gamme Hill's

ANALYSE MOYENNE aliment sec			
	Diététique u/d	*Physiologique Canine Adult with chicken*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**10,40%**	**25%**	**-58,40%**
Matières grasses	20,60%	15,50%	32,90%
Glucides (ENA)	63,10%	52,50%	20,19%
Cellulose brute	2,60%	2%	30,00%
Calcium	**0,35%**	**0,73%**	**-52,05%**
Phosphore	**0,17%**	**0,62%**	**-72,58%**
Sodium	**0,26%**	**0,24%**	**8,33%**
Potassium	0,63%	0,70%	-10,00%
Magnésium	**0,03%**	**0,09%**	**-66,67%**
Chlore	0,59%		
Soufre	0,21%		
Acides gras Omega 3	0,28%	0,39%	-28,21%
Acides gras Omega 6	3,24%	3,62%	-10,50%
Vitamine A UI/kg	18 249	9 685	88,42%
Vitamine D UI/kg	908	424	114,15%
Vitamine E mg/kg	649	652	-0,46%
Beta carotène mg/kg	1,6	1,6	0%
Energie métabolisable kcal/100g	**433**	**403**	**7,44%**
RPC	**24**	**62**	**-61,29%**
Substance alcalinisant l'urine	Citrate de potassium 9,2 g/kg Carbonate de calcium 5,8 g/kg		
pH urinaire	**7,1-7,7**	**6,8-7,2**	

ANALYSE MOYENNE aliment humide			
	Diététique u/d	*Physiologique Canine adult delicious beef*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**13,30%**	**24,30%**	**-45,27%**
Matières grasses	27%	15,70%	71,97%
Glucides (ENA)	55,90%	50%	11,80%
Cellulose brute	0,80%	1,10%	-27,27%
Calcium	**0,34%**	**0,63%**	**-46,03%**
Phosphore	**0,17%**	**0,54%**	**-68,52%**
Sodium	**0,28%**	**0,24%**	**16,67%**
Potassium	0,45%	0,71%	-36,62%
Magnésium	**0,05%**	**0,09%**	**-44,44%**
Chlore	0,50%		
Soufre	0,23%		
Acides gras Omega 3	0,39%	0,33%	18,18%
Acides gras Omega 6	5,30%	3,49%	51,86%
Vitamine A UI/kg	14 506	28 299	-48,74%
Vitamine D UI/kg	1 695	1 570	7,96%
Vitamine E mg/kg	500	275	81,82%
Beta carotène mg/kg	1,5		
Energie métabolisable kcal/100g	**472**	**407**	**15,97%**
RPC	**28**	**59,7**	**-53,10%**
Substance alcalinisant l'urine	Citrate de potassium 2,2 g/kg Carbonate de calcium 1,0 g/kg		
pH urinaire	**7,1 – 7,7**	**6,8-7,2**	

Tableau 21 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Hil's u/d humide et sec et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour prévenir les récidives des calculs d'oxalate de calcium :

- quantités restreintes en protéines de haute qualité (taux divisé par environ 2 entre l'aliment physiologique et le diététique), calcium (taux divisé par 2 entre l'aliment physiologique et le diététique), ce qui diminue la concentration urinaire en constituant des calculs d'oxalate
- pH urinaire alcalin : 7,1-7,7, ce qui inhibe la formation et l'agrégation des cristaux autres que des struvites
- pouvoir tampon de l'aliment, ce qui contribue à contrecarrer l'acidose métabolique

- teneur élevée en vitamine E et béta-carotène, réduisant les lésions oxydatives, ce qui contribue à enrayer l'urolithiase

Cet aliment est destiné également aux animaux présentant une insuffisance rénale avancée. Il est donc très restreint en protéines, ce qui est à surveiller lors d'une distribution à long terme (RPC=28 g de protéines/mégacalories d'EM seulement).

On constate d'autre part, qu'afin de ne pas favoriser l'émergence des cristaux de struvites, l'aliment diététique est également réduit en phosphore, magnésium.

b) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Royal Canin

L'aliment destiné à prévenir les urolithiases à oxalate de calcium est le même que celui utilisé pour dissoudre et prévenir les urolithiases à struvite.

Se référer au paragraphe sur les urolithiases à struvite pour avoir les informations.

c) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Leo Specific

Les aliments SPECIFIC CKD (forme sèche, sacs de croquettes de 2,5-8-15 kg) et SPECIFIC CKW Kidney support (forme humide, boites de 300g) sont destinés à prévenir les urolithiases à oxalate de calcium.

Le *tableau 22* indique la composition nutritionnelle des aliments CKD et CKW Kidney support, comparée avec celle d'un aliment physiologique de la même gamme :

ANALYSE MOYENNE aliment sec			
	Diététique Leo Specific CKD	*Physiologique Leo Specific CXD-M*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**14,67%**	**24,84%**	**-40,93%**
Matières grasses	19,57%	12,31%	59,01%
Glucides (ENA)	58,70%	55,60%	5,57%
Cellulose brute	2,17%	1,87%	16,16%
Cendres brutes	4,89%	5,38%	-9,19%
Calcium	**0,39%**	**0,77%**	**-49,3%**
Phosphore	**0,27%**	**0,74%**	**-63,33%**
Sodium	**0,14%**	**0,19%**	**-25,06%**
Potassium	1,27%	0,80%	58,31%
Magnésium	**0,07%**	**0,11%**	**-34,33%**
Chlorure	0,59%	0,56%	5,27%
Fer mg	10,65	9,23	15,40%
Zinc mg	16,30	21,21	-23,12%
Cuivre mg	0,39	0,81	-51,88%
Sélénium mg	0,03	0,04	-31,31%
Taurine	0,24%	0,02%	992%
L-carnitine mg	0,01	32,97	-99,98%
Vitamine A UI	589	723,08	-18,54%
Vitamine D UI	59	72,53	-18,65%
Vitamine E mg	27	25,27	6,83%
Vitamine C mg	1,2	5,49	-78,16%
Vitamine B1 mg	2,4	3,41	-29,55%
Vitamine B6 mg	1,4	1,87	-25,06%
Vitamine B12 ug	10	14,95	-33,09%
Biotine mg	0,07	0,07	6,17%
Vitamine K mg	0,11	0,11	0,1%
Acides gras oméga 3 g	0,46	0,45	2,10%
Acides gras oméga 6 g	3,2	1,80	77,56%
RPC	**31**	**60**	**-48,33%**
Energie métabolisable kcal/100g	**470**	**413**	**13,80%**
pH urinaire			

ANALYSE MOYENNE aliment humide			
	Diététique Leo Specific CKW	*Physiologique Leo Specific CXW*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et diététique*
Protéines	**18,87%**	**44,12%**	**-57,23%**
Matières grasses	16,98%	24,51%	-30,72%
Glucides (ENA)	56,60%	19,61%	188,66%
Cellulose brute	4,53%	4,41%	2,68%
Cendres brutes	3,02%	7,35%	-58,93%
Calcium	**0,38%**	**0,83%**	**-54,40%**
Phosphore	**0,26%**	**0,64%**	**-59,20%**
Sodium	**0,15%**	**0,64%**	**-76,46%**
Potassium	1,25%	0,88%	41,67%
Magnésium	**0,05%**	**0,10%**	**-49,00%**
Chlorure	0,57%	0,98%	-41,86%
Fer mg	10,19	14,71	-30,72%
Zinc mg	15,85	24,02	-34,02%
Cuivre mg	0,38	0,98	-61,51%
Sélénium mg	0,03	0,03	-10,19%
Taurine	0,30%	0,05%	512,00%
L-carnitine mg	75,47		
Vitamine A UI	7608	4970,59	53,06%
Vitamine D UI	226	78,43	188,15%
Vitamine E mg	57	29,41	93,80%
Vitamine C mg	1	8,33	-88,00%
Vitamine B1 mg	3	2,45	22,40%
Vitamine B6 mg	2	1,47	36,00%
Vitamine B12 ug	11	5,88	87,00%
Biotine mg	0	0,10	-100,00%
Vitamine K mg	0	0,15	-100,00%
Acides gras oméga 3 g	3	0,49	512,00%
Acides gras oméga 6 g	3	3,43	-12,57%
RPC	**42**	**93**	**-54,84%**
Energie métabolisable kcal/100g	**453**	**476**	**-4,83%**
pH urinaire			

Tableau 22 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Leo Specific CKD/CKW humide et sec et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour prévenir les récidives des calculs d'oxalate de calcium :

- restriction protéique (les taux de protéines sont quasiment divisés par deux par rapport à l'aliment physiologique), qui permet de limiter les concentrations urinaires d'oxalate
- pH urinaire alcalin, qui prévient la précipitation des cristaux d'oxalate
- présence de citrate de potassium qui limite la formation des cristaux d'oxalate
- de même, on observe une diminution des taux de calcium, magnésium et phosphore par rapport à l'aliment physiologique
- on ne note pas cette fois ci d'augmentation du taux de sodium par rapport à l'aliment physiologique

G. Composition nutritionnelle de quatre marques d'aliments destinés à traiter ou prévenir les urolithiases félines

Nous nous intéresserons ici à quatre fabricants d'aliments : Hill's, Royal Canin, Léo Spécific et Virbac.

La gamme Hill's présente 3 types de croquettes destinées à traiter ou prévenir les récidives des urolithiases à struvite et oxalate de calcium :

- dissolution des calculs de struvite : s/d (Struvite/Diet)
- prévention des récidives des calculs de struvite : c/d (Calculus/Diet)
- prévention des récidives des calculs d'oxalate de calcium : x/d (Oxalate/Diet)

La gamme Royal Canin présente un seul type de croquettes destiné à dissoudre les calculs urinaires de struvite, prévenir les récidives des urolithiases à struvite et à oxalate de calcium :

- Urinary S/O Feline (Struvite/Oxalate)

La gamme Leo Specific présente trois types de croquettes destinés à traiter ou prévenir les récidives des urolithiases à struvite et oxalate de calcium :

- dissolution des calculs de struvite : SPECIFC FSD/FSW Struvite Dissolution (Feline Struvite Dry/Feline Struvite Wet)
- prévention des urolithiases à struvite : SPECIFIC FCD/FCW Struvite Management (Feline Calculus Dry/Feline Calculus Wet)
- prévention des urolithiases à oxalate de calcium : SPECIFIC FKD/FKW Kidney Support (Feline Kidney Dry/Feline Kidney Wet)

La gamme Virbac présente une alimentation spécifique destinée à traiter ou prévenir les récidives des urolithiases à struvite et oxalate de calcium :

- Virbac Urology

Se référer à la table des abréviations pour avoir la signification des différents sigles de chaque aliment.

On constate dès lors que chaque gamme présente une stratégie nutritionnelle différente pour appréhender le problème des urolithiases chez le chat.

Dans un premier temps, nous nous intéresserons à la composition nutritionnelle de chacun de ces types d'aliments, puis nous ferons une étude comparative plus approfondie des aliments les uns par rapport aux autres.

1. Composition nutritionnelle des aliments destinés à dissoudre ou prévenir les récidives des urolithiases à struvite

a) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Hill's

(1) Prescription Diet Feline s/d

Cet aliment est destiné à dissoudre les calculs de struvite. Il existe sous forme humide (boites de 156g) et sèche (sacs de croquettes de 2 et 5kg).

Il ne doit pas être utilisé comme aliment d'entretien à long terme. Après dissolution des calculs de struvite, il convient d'utiliser l'aliment Prescription Diet Feline c/d (ou w/d si l'animal est prédisposé à l'excès pondéral) à long terme pour réduire la récidive des calculs de struvite.

Le *tableau 23* indique la composition nutritionnelle des aliments s/d, comparée avec la composition d'un aliment physiologique de la même gamme :

ANALYSE MOYENNE aliment humide			
	Diététique s/d	*Physiologique Science plan Feline Adult with chicken*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**41,00%**	**43,80%**	**-6,39%**
Matières grasses	33,70%	25,10%	34,26%
Glucides (ENA)	18,10%	20,30%	-10,84%
Cellulose brute	1,40%	2,10%	-33,33%
Calcium	**0,63%**	**0,76%**	**-17,11%**
Phosphore	**0,49%**	**0,70%**	**-30,00%**
Sodium	0,40%	0,36%	11,11%
Potassium	0,94%	0,72%	30,56%
Magnésium	**0,06%**	**0,06%**	**0,00%**
Chlore	0,97%		
Soufre	0,38%		
Acides gras Omega 3	0,35%	0,20%	75,00%
Acides gras Omega 6	4,27%	2,69%	58,74%
Taurine	0,21%	0,25%	-16,00%
Vitamine A UI/kg	76 76	62 008	23,75%
Vitamine D UI/kg	1 042	1 888	-44,81%
Vitamine E mg/kg	608	348	74,71%
Beta carotène mg/kg	1,5		
Energie métabolisable kcal/100g	**494**	**450**	**9,78%**

RPC	83	97	-14,43%
Substance acidifiant l'urine	DL-Méthionine 4,0g/kg		
pH urinaire	**5,9 - 6,1**	**6,2-6,4**	

ANALYSE MOYENNE aliment sec			
	Diététique s/d	*Physiologique Science plan Feline Adult with chicken*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**34,50%**	**34%**	**1,47%**
Matières grasses	26,70%	22%	21,36%
Glucides (ENA)	31,90%	37,50%	-14,93%
Cellulose brute	0,90%	1,00%	-10,00%
Calcium	**0,87%**	**0,84%**	**3,57%**
Phosphore	**0,71%**	**0,73%**	**-2,74%**
Sodium	0,40%	0,25%	60,00%
Potassium	0,95%	0,70%	35,71%
Magnésium	**0,06%**	**0,07%**	**-14,29%**
Chlore	1,31%		
Soufre	0,70%		
Acides gras Omega 3	0,46%	0,21%	119,05%
Acides gras Omega 6	5,27%	3,30%	59,70%
Taurine	0,18%	0,17%	5,88%
Vitamine A UI/kg	12 000	10 540	13,85%
Vitamine D UI/kg	589	534	10,30%
Vitamine E mg/kg	595	582	2,23%
Beta carotène mg/kg	1,6	0,5	220,00%
Energie métabolisable kcal/100g	**459**	**434**	**5,76%**
RPC	75	78	-3,85%
Substance acidifiant l'urine	DL-Méthionine 2,5g/kg		
pH urinaire	**5,9 - 6,1**	**6,2-6,4**	

Tableau 23 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Hill's s/d humide et sec et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant sur ses aliments les avantages clés suivants pour dissoudre les calculs de struvite :

- teneur légèrement augmentée en énergie (moins de 10% d'augmentation par rapport à l'aliment physiologique), ce qui réduit l'apport en nourriture, et donc l'apport en substances minérales
- quantité restreinte en magnésium et phosphore, ce qui diminue la concentration urinaire en composants de struvites, c'est-à-dire en magnésium et phosphates. On constate cependant que le taux de magnésium est identique pour l'aliment diététique humide et l'aliment physiologique humide, la restriction de phosphore est de 30%. Concernant l'aliment sec, la restriction est modérée pour le phosphore (-2,7% par rapport à l'aliment physiologique) et un peu plus marqué pour le magnésium (-14,29%)
- quantité restreinte en calcium, ce qui réduit le risque de formation d'oxalate de calcium. On constate cependant que ce n'est pas le cas pour l'aliment diététique sec par rapport au physiologique
- pH urinaire acide 5,9-6,1, ce qui augmente la solubilité des cristaux de struvite
- teneur élevée en vitamine E et béta-carotène, ce qui réduite les lésions oxydatives, contribuant à enrayer l'urolithiase. La formule n'est pas enrichie en vitamine C car il s'agit d'un précurseur de l'oxalate pouvant accroitre le risque de formation d'oxalate de calcium durant un traitement diététique des calculs de struvite.

(2) Prescription Diet Feline c/d

Cet aliment est destiné à gérer à long terme les récidives des urolithiases à struvite (et phosphate de calcium). Il est également utilisé dans le cadre des maladies du bas appareil urinaire félin (MBAUF) idiopathiques et des bouchons urétraux. Il se présente sous forme humide (boites originelles de 156g, boites « émincé au poulet » de 156g, sachets repas au poulet de 85g) ou sèche (sacs de croquettes au poulet de 2, 5 ou 10kg, au poisson de 2 et 5kg).

Nous avons choisi ici de n'étudier que les boites formule originelle et les croquettes au poulet.

Le *tableau 24* indique la composition nutritionnelle des aliments c/d, comparée avec celle d'un aliment physiologique de la même gamme :

ANALYSE MOYENNE aliment humide			
	Diététique c/d formule originelle	*Physiologique Science plan Feline Adult with chicken*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**41,80%**	**34%**	**23%**
Matières grasses	22,10%	22%	0%
Glucides (ENA)	26,90%	37,50%	-28%
Cellulose brute	2,80%	1,00%	180%
Calcium	**0,64%**	**0,84%**	**-24%**
Phosphore	**0,50%**	**0,73%**	**-32%**
Sodium	**0,49%**	**0,25%**	**96%**
Potassium	0,82%	0,70%	17%
Magnésium	**0,07%**	**0,07%**	**0%**
Chlore	1,12%		
Soufre	0,41%		
Acides gras Omega 3	0,22%	0,21%	5%
Acides gras Omega 6	2,25%	3,30%	-32%
Taurine	0,33%	0,17%	94%
Vitamine A UI/kg	26 908	10 540	155%
Vitamine D UI/kg	1 606	534	201%
Vitamine E mg/kg	602	582	3%
Beta carotène mg/kg	1,5	0,5	200%
Energie métabolisable kcal/100g	**427**	**434**	**-2%**
RPC	98	78	26%
Substance acidifiant l'urine	Sulfate de calcium 5,0g/kg		
pH urinaire	**6,2 - 6,4**	**6,2-6,4**	

ANALYSE MOYENNE aliment sec			
	Diététique "au poulet"	*Physiologique Science plan Feline Adult with chicken*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	34,50%	34%	1,47
Matières grasses	16,50%	22%	-25,00
Glucides (ENA)	43,00%	37,50%	14,67
Cellulose brute	0,70%	1,00%	-30,00
Calcium	**0,75%**	**0,84%**	**-10,71**
Phosphore	**0,69%**	**0,73%**	**-5,48**
Sodium	**0,34%**	**0,25%**	**36,00**
Potassium	0,85%	0,70%	21,43
Magnésium	**0,06%**	**0,07%**	**-14,29**
Chlore	0,93%		
Soufre	0,65%		
Acides gras Omega 3	0,74%	0,21%	252,38
Acides gras Omega 6	2,95%	3,30%	-10,61
Taurine	0,25%	0,17%	47,06
Vitamine A UI/kg	7 831	10 540	-25,70
Vitamine D UI/kg	413	534	-22,66
Vitamine E mg/kg	582	582	0,00
Beta carotène mg/kg	1,6	0,5	220,00
Energie métabolisable kcal/100g	**412**	**434**	**-5,07**
RPC	84	78	7,69
Substance acidifiant l'urine	Sulfate de calcium 1,0g/kg		
pH urinaire	**6,2-6,4**	**6,2 - 6,4**	

Tableau 24 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Hill's c/d humide et sec et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour réduire la formation ou la récidive des calculs de struvite :

- quantités restreintes en magnésium, phosphore et protéines, ce qui diminue la concentration urinaire en composants des struvites, c'est-à-dire en magnésium, phosphate, ammoniaque (dérivé des protéines). Cependant, on constate que le taux de magnésium est le même dans l'aliment humide diététique et physiologique. La restriction en phosphore est de -32% par rapport à l'aliment physiologique. Concernant l'aliment sec, la restriction en phosphore est de -5,48% et celle en magnésium de -14,29% par rapport à l'aliment physiologique. De plus, on ne note pas de restriction protéique mais des taux en protéines supérieurs à ceux de l'aliment physiologique.
- quantité contrôlée en sodium, ce qui limite la détérioration progressive de la fonction rénale. On note en réalité une augmentation conséquente des taux de sodium par rapport à l'aliment physiologique (+96% pour l'aliment humide et +36% pour l'aliment sec).
- pH urinaire acide 6,2-6,4, ce qui inhibe la formation et l'agrégation des cristaux de struvite
- quantité augmentée en eau dans les formules en boite et sachets repas, ce qui augmente le volume urinaire, d'où une dilution des constituants des struvites, et diminue la densité urinaire d'où une réduction des récidives des MBAUF idiopathiques
- addition d'antioxydants, ce qui réduit les lésions oxydatives contribuant à enrayer l'urolithiase.

On constate que la plage de pH urinaire est un peu moins acide que pour l'aliment de dissolution (pH>6,2). Les taux de magnésium et phosphore sont sensiblement identiques.

A noter que l'on utilisera plutôt la formule w/d chez les chats prédisposés à l'obésité : il s'agit d'une formule hypocalorique aux propriétés similaires à celles de Feline c/d.

b) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Royal Canin

Cette alimentation est utilisée pour dissoudre les calculs de struvite, ainsi que pour la gestion des récidives d'urolithiase à struvite et à oxalate de calcium.

Chez le chat âgé, il est conseillé de vérifier le bon fonctionnement rénal avant la prescription de Urinary S/O Feline.

Cette alimentation existe sous forme sèche (sacs de croquettes de 0,4-1,5-3,5 et 6 kg) et sous forme humide (sachets fraicheur au bœuf ou poulet de 100g, barquettes au poulet de 100g).

Nous nous intéresserons ici à la forme sèche et à la forme humide en barquette.

Le *tableau 25* indique la composition nutritionnelle des aliments Urinary S/0 humide et sec, comparée avec la composition d'un aliment physiologique de la même gamme (uniquement sous forme sèche) :

ANALYSE MOYENNE				
	Aliment sec			Aliment humide
	Diététique Urinary s/o	*Physiologique Young Female Stones and Weight*		*Diététique Urinary s/o barquette poulet*
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*	
Protéines	**37,1%**	**36,56%**	**1,47%**	**32%**
Matières grasses	16,1%	10,75%	49,77%	38%
Minéraux	7,7%	8,39%	-8,22%	6%
Amidon	31,8%	32,47%	-2,06%	2,4%
ENA	34,7%	36,99%	-6,19%	19,2%
Fibres alimentaires	7,2%	11,83%	-39,14%	21,6%
Cellulose brute	4,3%	7,31%	-41,18%	4,8%
Calcium	0,9%	1,24%	-27,42%	0,6%
Potassium	1,1%	0,86%	27,91%	1,2%
Phosphore	**0,8%**	**1,13%**	**-29,20%**	**0,4%**
Magnésium	**0,10%**	**0,10%**	**0%**	**0,08%**
Fer mg	177,4	280	-36,64%	15
Cuivre mg	24,7	26	-5%	1,6
Zinc mg	209,7	247	-15,10%	17,2
Chlore	2,0			0,5
Sodium	**1,0**	**0,75**	**33,33%**	**0,4**
Sélénium mg	0,3	0,27	11,11%	0,12
EPA+DHA	0,3%	0,28%	7,14%	2%
Chondroïtine + glucosamine mg	1919,4			-
Taurine	0,2%	0,22%	-9,09%	0,7%
Arginine	1,8%			-
Vitamine A UI	25806	23 656	9,09%	1200
Vitamine E mg	538	645	-16,59%	72
Vitamine C mg	215			32
Vitamine D3 UI	1290			141
Vitamine B1 mg	13	13	0%	17
Vitamine B2 mg	46	46	0%	2
Acide pantothénique mg	54	54	0%	3
Vitamine B6 mg	41	41	0%	1
Vitamine B12 mg	0	0	0%	5
Niacine mg	147	145	1,38%	18
Biotine mg	3			26
Acide folique mg	12			0,4

Choline mg	3226	3 226	0%	832
Energie métabolisable kcal/1000g	**4324,7**	**3763**	**14,93%**	**4630**
RPC	**86**	**97**	**-11,3%**	**69**
pH urinaire				

Tableau 25 Comparaison des compositions nutritionnelles des aliments Royal Canin Urinary S/O Feline humide et sec et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour dissoudre les calculs de struvite :

- une acidification urinaire défavorable à la croissance bactérienne et inhibant la précipitation des cristaux de struvite par diminution des ions phosphates
- une augmentation du volume urinaire (par l'alimentation humide) réduisant simultanément la saturation des urines en oxalate de calcium et en struvite
- restrictions en phosphore et magnésium (-33 et -22% pour l'aliment sec par rapport à l'aliment physiologique)

c) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Leo Specific

(1) SPECIFIC FSD/FSW Struvite Dissolution

Il s'agit d'une alimentation temporaire pour la dissolution des calculs de struvite. Elle existe sous forme humide (boites de 150g) et sèche (sacs de croquettes de 1,5kg).

Dans les cas très récidivants d'urolithiase à struvite, il est recommandé de préférer l'administration d'un aliment humide pour favoriser la diurèse, augmenter la fréquence des mictions et diminuer la concentration urinaire des minéraux.

Les *tableaux 26 et 27* indiquent la composition nutritionnelle des aliments FSD et FSW, comparée avec celle d'un aliment physiologique de la même gamme :

ANALYSE MOYENNE aliment sec			
	Diététique SPECIFIC FSD	*Physiologique SPECIFIC FXD Adult*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**33,70**	**31,69**	**6,34%**
Matières grasses	28,80	11,23	156,48%
Glucides (ENA)	28,80	43,32	-33,50%
Cellulose brute	1,74	6,42	-72,90%
Humidité		0,00	
Cendres brutes	7,12	5,21	36,59%
Calcium	0,60	0,76	-21,55%
Phosphore	**0,49**	**0,64**	**-23,78%**
Sodium	**0,85**	**0,32**	**164,23%**
Potassium	1,27	1,00	26,83%
Magnésium	**0,05**	**0,08**	**-99,32%**
Chlorure	2,09	1,08	92,59%
Fer	25,43	15,24	66,88%
Zinc mg	12,72	10,03	26,83%
Cuivre mg	2,14	0,60	255,12%
Sélénium mg	0,02	0,02	-15,45%
Taurine mg	147,52	116,32	26,83%
L-carnitine mg	4,07	3,21	26,83%
Vitamine A UI	1277	1007	26,83%
Vitamine D UI	76	100	-23,90%
Vitamine E mg	41	32	26,83%
Vitamine C mg	6	5	7,32%
Vitamine B1 mg	3	2	26,83%
Vitamine B6 mg	1	1	26,83%
Vitamine B12 ug	7	5	26,83%
Biotine mg	0,05	0,08	-36,59%
Vitamine K mg	0,10	0,12	-15,45%
Acides gras oméga 3	0,54	0,36	50,56%
Acides gras oméga 6	4,35	2,17	100,74%
Energie métabolisable kcal/100g	**509**	**401**	**26,83%**
RPC	**66**	**91**	**-27,50%**
pH urinaire	**6,0 - 6,3**		

Tableau 26 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Leo Specific FSD sec et d'un aliment physiologique.

ANALYSE MOYENNE aliment humide			
	Diététique SPECIFIC FSW	*Physiologique SPECIFIC FXW Adult*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**48,78%**	**54,37%**	**-10,29%**
Matières grasses	32,52%	27,19%	19,62%
Glucides (ENA)	13,01%	7,41%	75,44%
Cellulose brute	2,44%	2,97%	-17,76%
Cendres brutes	1,67	8,29	-79,90%
Calcium	0,65%	0,84%	-22,60%
Phosphore	**0,53%**	**0,74%**	**-28,73%**
Sodium	**1,02%**	**0,54%**	**86,90%**
Potassium	1,35	0,73	84,77%
Magnésium	**0,04%**	**0,06%**	**-36,74%**
Chlorure	2,22	0,83	167,37%
Fer	27,03	18,53	45,87%
Zinc	13,52	12,19	10,86%
Cuivre	2,27	0,73	210,41%
Sélénium	0,02	0,02	10,86%
Taurine	335,20	302,36	10,86%
Vitamine A UI/100g	10180	7847	29,74%
Vitamine D UI/100g	81	122	-33,48%
Vitamine E mg	43	39	10,86%
Vitamine C mg	7	8	-15,22%
Vitamine B1 mg	3	2	10,86%
Vitamine B6 mg	1	1	10,86%
Vitamine B12 ug	7	6	10,86%
Biotine mg	0,16	0,15	10,86%
Vitamine K mg	0,11	0,15	-26,09%
Acides gras oméga 3 g	2	2,08	-9,93%
Acides gras oméga 6 g	9	4,15	125,17%
Energie métabolisable kcal/100g	**541**	**489**	**10,48%**
RPC	**90**	**112**	**-19,64%**
pH urinaire	**6,0 - 6,3**		

Tableau 27 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Leo Specific FSW humide et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour dissoudre les calculs de struvite :

- teneurs réduites en magnésium et en phosphore, ce qui diminue les composants des cristaux de struvite

- pH urinaire acide < 6,4, ce qui permet de dissoudre les cristaux de struvite existants et de prévenir la précipitation de nouveaux cristaux de struvite
- ingrédients hautement digestibles fournissant au chat l'équilibre nutritionnel optimal pour sa santé
- protéines, lipides, glucides hautement digestibles permettant une absorption maximale des nutriments tout en réduisant le volume des selles
- ajout d'EPA et DHA (acides gras oméga-3) ayant un effet bénéfique sur la santé de la peau, de pelage et des articulations.
- pn constate également une forte augmentation du taux de NaCl par rapport à l'aliment physiologique

(2) SPECIFIC FCD/FCW Struvite Management

Il s'agit d'une alimentation visant à prévenir les urolithiases à struvite. Elle se présente sous forme humide (boites de 150g) et forme sèche (sacs de croquettes de 1,2-3 et 8,5kg).

Les *tableaux 28 et 29* indiquent la composition nutritionnelle des aliments FCD et FCW, comparée avec celle d'un aliment physiologique de la même gamme :

ANALYSE MOYENNE aliment sec			
	Diététique SPECIFIC FCD	*Physiologique SPECIFIC FXD Adult*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**33,81%**	**31,69%**	**6,70%**
Matières grasses	25,36%	11,23%	125,83%
Glucides (ENA)	33,81%	43,32%	-21,94%
Cellulose brute	1,49%	6,42%	-76,76%
Cendres brutes	5,47%	5,21%	4,99%
Calcium	0,75%	0,76%	-1,86%
Phosphore	**0,65%**	**0,64%**	**1,01%**
Sodium	**0,40%**	**0,32%**	**24,32%**
Potassium	1,24%	1%	24,32%
Magnésium	**0,05%**	**0,08%**	**-37,84%**
Chlorure	1,69%	1,08%	56,55%
Fer	18,90%	15,24%	23,99%
Zinc	12,43%	10,03%	23,95%
Cuivre	0,75%	0,6%	24,32%
Sélénium	0,02%	0,02%	-0,55%
Taurine	144,21%	116,32%	23,97%
L-carnitine	3,98%	3,21%	23,93%
Vitamine A UI	1248	1007	23,95%
Vitamine D UI	124	100	24,32%
Vitamine E mg	40	32	24,32%
Vitamine C mg	5	5	9,40%
Vitamine B1 mg	2	2	24,32%
Vitamine B6 mg	1	1	-0,55%
Vitamine B12 ug	6	5	29,29%
Biotine mg	0,05	0,08	-37,84%
Vitamine K mg	0,10	0,12	-17,12%
Acides gras oméga 3 g	0,65	0,36	79,57%
Acides gras oméga 6 g	3,88	2,17	78,74%
Energie métabolisable kcal/100g	**497**	**401**	**24,01%**
RPC	**68**	**91**	**-25,27%**
pH urinaire	**6,0 - 6,3**		

Tableau 28 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Leo Specific FCD sec et d'un aliment physiologique.

ANALYSE MOYENNE aliment humide			
	Diététique SPECIFIC FCW	*Physiologique SPECIFIC FXW Adult*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**46,45%**	**54,37%**	**-14,56%**
Matières grasses	31,67%	27,19%	16,49%
Glucides (ENA)	14,78%	7,41%	99,47%
Cellulose brute	2,11%	2,97%	-28,90%
Cendres brutes	4,75%	8,29%	-42,69%
Calcium	0,79%	0,84%	-5,74%
Phosphore	**0,69%**	**0,74%**	**-7,26%**
Sodium	**0,53%**	**0,54%**	**-2,24%**
Potassium	1,32%	0,73%	80,78%
Magnésium	**0,05%**	**0,06%**	**-12,02%**
Chlorure	1,48%	0,83%	78,08%
Fer	20,06%	18,53%	8,25%
Zinc	13,20%	12,19%	8,26%
Cuivre	0,79%	0,73%	8,47%
Sélénium	0,02%	0,02%	5,58%
Taurine	327,29%	302,36%	8,24%
Vitamine A UI/100g	11117	7847	41,67%
Vitamine D UI/100g	132	122	8,17%
Vitamine E mg	42	39	8,28%
Vitamine C mg	6	8	-20,82%
Vitamine B1 mg	3	2	31,97%
Vitamine B6 mg	1	1	5,58%
Vitamine B12 ug	7	6	14,37%
Biotine mg	0,16	0,15	5,58%
Vitamine K mg	0,11	0,15	-29,62%
Acides gras oméga 3 g	1,64	2,08	-21,33%
Acides gras oméga 6 g	13,09	4,15	215,46%
Energie métabolisable kcal/100g	**528**	**489**	**7,95%**
RPC	**88**	**112**	**-21,43%**
pH urinaire	**6,0-6,3**		

Tableau 29 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Leo Specific FCW humide et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour dissoudre les calculs de struvite :

- teneurs réduites en magnésium et en phosphore (composants des cristaux de struvite), participant à la prévention des urolithiases à struvite. On remarque cependant que ces restrictions sont faibles, voire inexistantes en ce qui concerne le phosphore dans l'aliment sec par rapport à l'aliment physiologique
- pH urinaire < 6,4, permettant de dissoudre les cristaux de struvite existants et de prévenir la précipitation de nouveaux cristaux de struvite
- ingrédients hautement digestibles fournissant au chat l'équilibre nutritionnel optimal pour sa santé
- protéines, lipides et glucides hautement digestibles permettant une absorption maximale des nutriments tout en réduisant le volume des selles
- présence d'EPA et DHA (deux acides gras oméga-3) ayant un effet bénéfique sur la santé de la peau, du pelage et des articulations

d) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Virbac

L'aliment Virbac Urology se présente sous forme sèche (sacs de croquettes de 1,5 et 3 kg). Il est destiné au chat adulte stérilisé, sujet aux affections du bas appareil urinaire, à la prévention des récidives des calculs d'oxalate de calcium et de struvite.

Le *tableau 30* indique la composition nutritionnelle de l'aliment Virbac Urology, comparée avec celle d'un aliment physiologique de la même gamme :

ANALYSE MOYENNE aliment sec			
	Diététique Urology	*Physiologique Adult*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéine brute	**34,78%**	**34,78%**	**0,00%**
Matières grasses brutes	18,48%	17,39%	6,25%
ENA	34,78%	33,15%	4,92%
Amidon	25,00%	25,00%	0,00%
Cellulose brute	5,43%	6,52%	-16,67%
Matières minérales	6,52%	7,07%	-7,69%
Fibres solubles	1,09%	1,09%	0,00%
Fibres insolubles	9,78%	10,87%	-10,00%
Calcium	**0,87%**	**1,30%**	**-33,33%**
Phosphore	**0,65%**	**0,98%**	**-33,33%**
Sodium	**0,54%**	**0,43%**	**25%**
Potassium	0,87%	0,87%	0,00%
Magnésium	**0,08%**	**0,11%**	**-30%**
Chlorure	0,98%	1,20%	-18,18%
Soufre	0,65%	0,65%	0,00%
Fer mg	156	170	-7,93%
Zinc mg	186	202	-7,93%
Cuivre mg	18	20	-7,93%
Sélénium mg	0,24	0,26	-7,93%
Taurine mg	2002	2174	-7,93%
L-carnitine mg	100	109	-7,93%
Vitamine A UI	10870	10870	0,00%
Vitamine D UI	1087	1087	0,00%
Vitamine E mg	543	543	0,00%
Vitamine B1 mg	16	16	0,00%
Vitamine B6 mg	15	15	0,00%
Vitamine B12 ug	65	65	0,00%
Vitamine K mg	2,17	2,17	0,00%
AGE	4,24%	3,70%	14,57%
Ratio 6/3	5,00	5,43	-8,00%
RPC	**93**	**97**	**-4,12%**
Energie métabolisable kcal/100g	**374**	**360**	**3,86%**
pH urinaire	**6,1-6,3**	**6,2-6,4**	

Tableau 30 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Virbac Urology sec et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour éviter la récidive des calculs d'oxalate de calcium et de struvite :

- ajout de DL-méthionine et de chlorure d'ammonium, acidifiants urinaires. Ils permettent de stabiliser le pH urinaire dans la zone de sécurité (6,1-6,3) pour prévenir la récidive des calculs de struvite sans favoriser la formation de calculs d'oxalate
- ajout de citrate de potassium, qui limite la formation des cristaux d'oxalate de calcium en constituant des sels solubles (oxalate de potassium et citrate de calcium)
- densité énergétique modérée pour éviter une surcharge pondérale reconnue comme facteur aggravant des affections du bas appareil urinaire
- teneur en fibres légèrement réduite pour minimiser les pertes fécales en eau et ne pas porter préjudice à la diurèse
- les apports en minéraux (Ca, P, Mg) sont réduits au juste besoin pour en limiter l'élimination urinaire (-30% en moyenne)
- teneur en sodium accrue pour stimuler l'ingestion d'eau et donc la diurèse
- richesse en vitamine E et sélénium, complexe antioxydant, qui protège contre le vieillissement cellulaire

On constate qu'aucune restriction protéique n'est réalisée.

2. Composition nutritionnelle des aliments destinés à prévenir les récidives des urolithiases à oxalate de calcium

a) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Hill's

L'aliment Hill's x/d est destiné à réduire la formation ou la récidive des cristaux et des calculs d'oxalate de calcium. Il se présente sous forme humide (boites d'émincé au poulet de 156g).

Le *tableau 31* indique la composition nutritionnelle de l'aliment x/d, comparée avec celle d'un aliment physiologique de la même gamme :

ANALYSE MOYENNE aliment humide			
	Diététique x/d	*Physiologique Science plan Feline Adult With chicken*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines	**42,90%**	**43,80%**	**-2,05%**
Matières grasses	19,60%	25,10%	-21,91%
Glucides (ENA)	29,40%	20,30%	44,83%
Cellulose brute	2,40%	2,10%	14,29%
Calcium	**0,69%**	**0,76%**	**-9,21%**
Phosphore	**0,53%**	**0,70%**	**-24,29%**
Sodium	**0,35%**	**0,36%**	**-2,78%**
Potassium	0,88%	0,72%	22,22%
Magnésium	**0,08%**	**0,06%**	**33,33%**
Chlore	0,69%		
Soufre	0,65%		
Hydroxyproline	0,43%		
Acides gras Omega 3	0,61%	0,20%	205,00%
Acides gras Omega 6	6,02%	2,69%	123,79%
Taurine	0,54%	0,25%	116,00%
Vitamine A UI/kg	87 755	62 008	41,52%
Vitamine D UI/kg	408	1888	-78,39%
Vitamine E mg/kg	600	348	72,41%
Beta carotène mg/kg	1,5		
Energie métabolisable kcal/100g	**419**	**450**	**-6,89%**
RPC	**102**	**97**	**5,15%**
Substance acidifiant l'urine	Citrate de potassium 2,4 g/kg		
	Carbonate de calcium 2,9 g/kg		
pH urinaire	**6,6 - 6,8**	**6,2-6,4**	

Tableau 31 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Hill's x/d sec et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour éviter la récidive des calculs d'oxalate de calcium :

- quantité contrôlée en calcium et vitamine D, ce qui contribue à limiter l'excrétion de calcium dans l'urine
- quantité restreinte en sodium, ce qui contribue à limiter l'excrétion de calcium dans l'urine. Cependant, on constate que cette valeur reste très proche de celle de l'aliment physiologique (-2,78%).
- quantité contrôlée en oxalate ce qui freine la formation d'oxalate de calcium
- ajout de citrate ce qui augmente le pH urinaire, forme des complexes solubles avec le calcium, inhibant la formation d'oxalate de calcium
- quantité augmentée en fibres solubles, ce qui piège le calcium présent dans les intestins afin d'en limiter l'excrétion urinaire
- quantité augmentée en vitamine B6, ce qui diminue l'absorption d'oxalate, limitant son excrétion dans l'urine
- pH urinaire moins acide 6,6-6,8, ce qui limite la formation des cristaux d'oxalate de calcium
- quantité augmentée en eau, ce qui augmente le volume urinaire entrainant une dilution des constituants de cristaux d'oxalate de calcium
- teneur élevée en vitamine E et béta-carotène, ce qui réduit les lésions oxydatives contribuant à enrayer l'urolithiase. La formule n'est pas enrichie en vitamine C car il s'agit d'un précurseur de l'oxalate

b) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Royal Canin

La gamme Royal Canin présente un seul type d'aliment Urinary S/O destiné à dissoudre les cristaux de struvite et prévenir la récidive des cristaux de struvite et oxalate de calcium.

Se référer au paragraphe concernant les urolithiases à struvite pour avoir la composition de cet aliment.

c) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Leo Specific

Cet aliment se présente sous une forme sèche FKD Kidney Support (sacs de croquettes de 3kg) et sous une forme humide FKW Kidney Support (boites de 150g).

Les *tableaux 32 et 33* indiquent la composition nutritionnelle des aliments FKD et FKW, comparée avec celle d'un aliment physiologique de la même gamme :

ANALYSE MOYENNE aliment sec			
	Diététique SPECIFIC FKD Kidney Support	*Physiologique SPECIFIC FXD Adult*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines g	**25,63**	**31,69**	**-19,11%**
Matières grasses g	26,13	11,23	132,66%
Glucides (ENA) g	39,44	43,32	-8,96%
Cellulose brute g	4,93	6,42	-23,21%
Humidité g	8,11		
Cendres brutes	4,44	5,21	-14,84%
Calcium g	0,74	0,76	-2,70%
Phosphore g	**0,44**	**0,64**	**-30,68%**
Sodium g	**0,20**	**0,32**	**-38,38%**
Potassium mg	1,43	1	42,96%
Magnésium g	**0,05**	**0,08**	**-38,38%**
Chlorure	1,04	1,08	-4,14%
Fer	18,73	15,24	22,92%
Zinc	12,32	10,03	22,87%
Cuivre mg	0,49	0,6	-17,84%
Sélénium	0,02	0,02	-1,41%
Taurine mg	207,05	116,32	78,00%
L-carnitine mg	8,38	3,21	161,08%
Vitamine A UI	2475	1007	145,75%
Vitamine D UI	246	100	146,49%
Vitamine E mg	64	32	100,27%
Vitamine C mg	1	5	-80,28%
Vitamine B1 mg	2	2	23,24%
Vitamine B6 mg	1	1	-1,41%
Vitamine B12 ug	6	5	28,17%
Biotine mg	0,05	0,08	-38,38%
Vitamine K mg	0,10	0,12	-17,84%
Acides gras oméga 3 g	2,32	0,36	543,60%
Acides gras oméga 6 g	2,32	2,17	6,77%
Energie métabolisable kcal/100g	**493**	**401**	**22,94%**
RPC	**52**	**91**	**-42,87%**
pH urinaire	**Alcalin**		

Tableau 32 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Leo Specific FKD sec et d'un aliment physiologique.

ANALYSE MOYENNE aliment humide			
	Diététique SPECIFIC FKW Kidney Support	*Physiologique SPECIFIC FXW Adult*	
	% Matière sèche	*% Matière sèche*	*% de variation entre l'aliment physiologique et l'aliment diététique*
Protéines g	**33,89**	**54,37**	**-37,67%**
Matières grasses g	43,08	27,19	58,44%
Glucides (ENA) g	12,64	7,41	70,54%
Cellulose brute g	4,60	2,97	54,72%
Humidité g	246,02	-	
Cendres brutes	5,17	8,29	-37,64%
Calcium g	0,57	0,84	-31,62%
Phosphore g	**0,46**	**0,74**	**-37,90%**
Sodium g	**0,29**	**0,54**	**-46,82%**
Potassium mg	1,67	0,73	128,18%
Magnésium g	**0,06**	**0,06**	**-4,27%**
Chlorure	0,57	0,83	-30,80%
Fer	28,72	18,53	54,99%
Zinc	14,36	12,19	17,80%
Cuivre mg	0,57	0,73	-21,32%
Sélénium	0,05	0,02	129,76%
Taurine mg	407,82	302,36	34,88%
L-carnitine mg	95,92		
Vitamine A UI	14417	7847	83,73%
Vitamine D UI	287	122	135,41%
Vitamine E mg	75	39	91,46%
Vitamine C mg	51	8	531,83%
Vitamine B1 mg	4	2	101,04%
Vitamine B6 mg	2	1	72,32%
Vitamine B12 ug	9	6	43,60%
Biotine mg	0,17	0,15	14,88%
Vitamine K mg	0,11	0,15	-23,41%
Acides gras oméga 3 g	4,54	2,08	118,16%
Acides gras oméga 6 g	13,61	4,15	228,03%
Energie métabolisable kcal/100g	**574**	**489**	**17,46%**
RPC	**59**	**112**	**-47,28%**
pH urinaire	**Alcalin**		

Tableau 33 Comparaison des compositions nutritionnelles de l'aliment Leo Specific FKW humide et d'un aliment physiologique.

Le fabricant met en avant les avantages clés suivants pour éviter la récidive des calculs d'oxalate de calcium :

- restriction protéique permettant de limiter les concentrations urinaires d'oxalate (cet aliment étant également utilisé pour lutter contre l'insuffisance rénale, la restriction protéique est plus marquée)
- pH urinaire alcalin, prévenant la précipitation des cristaux d'oxalate de calcium
- ajout de citrate de potassium limitant la formation des cristaux d'oxalate de calcium

d) Composition nutritionnelle des aliments de la gamme Virbac

La gamme Virbac présente un seul type d'aliment Virbac Urology destiné à dissoudre les cristaux de struvite et prévenir la récidive des cristaux de struvite et oxalate de calcium.

Se référer au paragraphe concernant les urolithiases à struvite pour avoir la composition de cet aliment.

III. Comparaison des stratégies nutritionnelles proposées par quatre fabricants d'aliments dans le traitement de l'IRC, la dissolution et la prévention des urolithiases

A. Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter l'insuffisance rénale

1. Aliments destinés à lutter contre l'insuffisance rénale chez le chien

Le *tableau 34* compare la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter l'IRC chez le chien.

On constate dès lors que l'on dispose d'une offre très large de la part des fabricants de Petfood.

Ainsi, le RPC des différents aliments s'échelonnent de 31 à 53g de protéine/Mcal d'EM. Cela correspond aux recommandations préconisées lors d'IRC modérée : plus réduit que pour une IRC débutante (RPC>50) mais moins que pour une IRC sévère (RPC<30).

Concernant la restriction protéique mise en place afin de lutter contre l'urémie, elle est plus ou moins marquée selon les régimes. Virbac ne préconise pas de réelle restriction protéique, Royal Canin préconise une restriction modérée. La restriction est beaucoup plus marquée chez Hill's.

Tous les régimes sont enrichis en matière grasse, permettant d'augmenter l'énergie métabolisable de la ration grâce à des calories non protéiques. Tous sont également enrichis en acides gras oméga 3 (EPA et DHA), aidant à limiter la chute du taux de filtration glomérulaire.

Les valeurs concernant le taux de sodium sont assez similaires pour Hill's, Royal Canin et Virbac, aux alentours de 0,2g pour 100g de MS. Ces régimes jouent sur le fait qu'une restriction sodée trop importante pourrait avoir un effet délétère sur la fonction rénale : elle favoriserait l'hypertension glomérulaire via l'augmentation de la sécrétion d'aldostérone et l'activation du système rénine-angiotensine. La restriction est plus marquée pour Leo Specific, ce régime étant également préconisé dans la lutte contre l'hypertension artérielle et l'insuffisance cardiaque congestive.

La restriction phosphorée destinée à lutter contre l'hyperparathyroïdisme est moins marquée chez Virbac où l'on se rapproche des valeurs recommandées par les normes AAFCO. Dans les autres aliments, le taux de phosphore se situe entre 0,15 et 0,30g pour 100g de MS, conformément aux valeurs recommandées lors d'IRC.

Tous les régimes sont complémentés en potassium pour lutter contre l'hypokaliémie liée à l'IRC, avec des taux en potassium doublés par rapport aux recommandations AAFCO pour les aliments de la gamme Leo Specific.

Tous les régimes proposent un pH urinaire alcalin afin de lutter contre l'acidose métabolique (mais aussi car certains de ces aliments sont destinés à lutter contre les calculs d'oxalate de calcium).

Aliment	Forme	Protéines	Matières grasses	Na	Mg	Ca	K	P	pH urinaire	RPC	Energie métabolisable kcal/100g	oméga 3
Normes NRC et AAFCO		18-20	10-20	0,06	0,04	0,6	0,6	0,5		60	350	
Hill's Canine k/d	Sèche	14,5	9	0,21	0,13	0,7	0,63	0,24	6,8-7,2	34	425	1,32
Hill's Canine k/d	Humide	14,6	25,8	0,2	0,12	0,83	0,7	0,23	6,8-7,2	32	459	1,93
Royal Canin Canine Renal	Sèche	17,39	19,57	0,22	0,07	0,22	0,74	0,22		37	469	0,91
Royal Canin Canine Renal	Humide	18,9	24,9	0,2	0,08	0,7	0,9	0,3		39	479	1,49
Leo Specific SEPCIFIC CKD	Sèche	14,67	19,57	0,14	0,07	0,39	1,27	0,27	Alcalin	31	470	0,46
Leo Specific SEPCIFIC CKW	Humide	18,87	16,98	0,15	0,05	0,38	1,25	0,26	Alcalin	42	453	3
Virbac Cardio Renal Dog	Sèche	21,74	26,09	0,22	0,11	0,98	0,87	0,49	6,8-7,2	53	447	

Tableau 34 Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter l'insuffisance rénale chez le chien. *Tous les chiffres sont donnés en % de la MS.*

2. Aliments destinés à lutter contre l'insuffisance rénale chez le chat

Le *tableau 35* compare la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter l'IRC chez le chat.

Là encore on constate que l'on dispose d'une large palette alimentaire.

Concernant le RPC, les formes sèches de Royal Canin et Leo Specific présentent des RPC adaptés à une IRC aggravée, compris entre 45 et 55g de protéines/Mcal d'EM. Hill's, et les formes humides de Royal Canin et Leo Specific, présentent des RPC adaptés à une IRC débutante, compris entre 55 et 60g deprotéines/Mcal d'EM. Virbac constitue l'exception avec un RPC particulièrement élevé, supérieur aux normes recommandées par l'AAFCO.

Concernant la restriction protéique destinée à lutter contre l'urémie, les résultats sont surprenants : si tous les aliments diététiques présentent bien une restriction protéique par rapport à l'aliment physiologique de la même gamme, on constate qu'on est loin des recommandations retrouvées dans la littérature (22 à 25g de protéines pour 100g de MS) : les taux varient en effet ici de 24,73 à 33,89g pour 100g de MS. On peut supposer que les restrictions indiquées sur le papier sont difficiles à appliquer à un carnivore strict et pourraient conduire à une malnutrition protéique.

Les différents régimes sont enrichis en matière grasse, permettant d'augmenter l'énergie métabolisable de la ration grâce à des calories non protéiques. Tous sont également enrichis en acides gras oméga 3 (EPA et DHA), aidant à limiter la chute du débit de filtration glomérulaire.

Ils ont des teneurs assez semblables en sodium, assez proche des normes AAFCO quoique un peu plus élevées, notamment pour l'aliment Royal Canin forme humide.

Tous les aliments présentent une restriction phosphorée destinée à lutter contre l'hyperparathyroïdisme, parfois modérée. On attendrait plus des valeurs comprises entre 0,3 et 0,4g de phosphore pour 100g de MS.

Tous sont complémentés en potassium pour lutter contre l'hypokaliémie liée à l'IRC, avec des taux en phosphore quasi triplés par rapport aux recommandations AAFCO pour les aliments de la gamme Leo Specific.

Ils proposent un pH urinaire alcalin afin de lutter contre l'acidose métabolique (mais aussi car certains de ces aliments sont destinés à lutter contre les calculs d'oxalate de calcium).

Aliment	Forme	Protéines	Matières grasses	Na	Mg	Ca	K	P	pH urinaire	RPC	Energie métabolisable Kcal/100g	Oméga 3
Normes AAFCO 2002 Chat entretien		26	10-20	0,2	0,04	0,6	0,6	0,5		65	400	
Hill's Feline k/d	Sèche	28,8	22,3	0,24	0,05	0,73	0,76	0,48	6,6-6,9	65	442	1,06
Hill's Feline k/d boite formule originelle	Humide	28,5	26,8	0,3	0,05	0,6	1,01	0,35	6,6-6,9	62	460	0,55
Royal Canin Renal Feline	Sèche	24,73	23,66	0,22	0,05	0,65	1,08	0,32		53	469	0,97
Royal Canin Renal Feline S/O barquette with chicken	Humide	32	38	0,4	0,08	0,6	1,2	0,4		58	556	2,40
Leo Specific SEPCIFIC FKD	Sèche	25,63	26,13	0,2	0,05	0,74	1,43	0,44	Alcalin	52	493	2,32
Leo Specific SEPCIFIC FKW	Humide	33,89	43,08	0,29	0,06	0,57	1,67	0,46	Alcalin	59	574	4,54
Virbac Renal Cat	Sèche	29,35	26,09	0,33	0,1	0,87	0,98	0,43	6,9-7,1	76	475	

Tableau 35 Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter l'insuffisance rénale chez le chat. *Tous les chiffres sont donnés en % de la MS.*

B. Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter ou prévenir les urolithiases canines

1. Aliments destinés à lutter contre les urolithiases à struvite

Le *tableau 36* compare la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à lutter contre les urolithiases à struvite chez le chien.

D'une manière générale, on constate que tous les aliments diététiques utilisés pour dissoudre ou prévenir la récidive des cristaux de struvite présentent des valeurs énergétiques élevées (> 4 000 kcal EM/kg de MS), ce qui permet de réduire la prise alimentaire, donc le volume des matières fécales et leur humidité.

De plus, tous privilégient des taux restreints en minéraux :

- magnésium (<0,1g de magnésium pour 100g de MS) afin de diminuer les constituants des calculs de phosphate ammoniaco magnésien. Attention cependant à ne pas entrainer une déficience en magnésium, se traduisant à long terme par un retard de croissance, anorexie, vomissements, faiblesse musculaire, hyperextension des membres, ataxie, hyperirritabilité et manifestations tétaniformes. L'insuffisance en magnésium induirait également un ensemble de calcifications, comparables à celles qui sont provoquées par une hypervitaminose D, et affectant en particulier le cœur et les gros vaisseaux, l'appareil respiratoire, parfois les muscles lisses du tube digestif et de l'intestin et enfin le rein.
- phosphore (<0,6g de phosphore pour 100g de MS), pour diminuer les constituants des calculs de phosphate ammoniaco magnésiens
- et également en protéines, afin de réduire la concentration en urée substrat de l'uréase bactérienne, et en ammoniac (dérivé des protéines) constituant des calculs de phosphate ammoniaco magnésien (voir *figure 5*)

Tous ces aliments favorisent également un pH urinaire acide afin d'augmenter la solubilité des cristaux de struvite.

On constate cependant des stratégies nutritionnelles différentes suivant les fabricants d'aliments.

On remarque déjà que seule la gamme Hill's présente un aliment de dissolution des cristaux de struvite et un aliment de prévention des récidives. L'aliment de dissolution est à utiliser à court terme à cause de son RPC faible (17,3g de protéines/Mcal d'EM) et de sa restriction très marquée en phosphore et en magnésium. Une fois les cristaux dissous, l'aliment utilisé pour la prévention des récidives présente une restriction protéique moins forte, des restrictions en magnésium et phosphore moins marquées, et on s'attache à faire remonter le pH urinaire au-dessus de 6,2.

A noter qu'une étude a montré que le régime Hill's s/d entrainait des modifications sur le profil biochimique sanguin. En effet, à cause de son taux très restreint en protéine, les chiens peuvent présenter des concentrations plasmatiques basses en urée, en albumine et phosphore dès un mois de traitement, ainsi qu'une augmentation modérée des PAL [1].

La différence la plus marquée concerne le taux de sodium. Les chercheurs de Royal Canin jouent beaucoup sur l'utilisation du chlorure de sodium pour stimuler la diurèse (voir *figure 15*) et donc diminuer la saturation des urines en struvites. Ce fabricant se base également sur le fait que plusieurs études ont montré que des régimes enrichis en sodium (jusqu'à 3,2g Na/1000 kcal d'EM) n'altèrent la pression artérielle ni chez les chiens ni chez

les chats en bonne santé, ni chez les chiens et chats présentant des maladies rénales induites expérimentalement [13]. On constate que Hill's s/d utilise également ce point clé.

Le RSS, concept marketing définit par les chercheurs de chez Royal Canin (voir p.103) est considéré comme un indicateur de prévision du potentiel de cristallisation de l'urine :

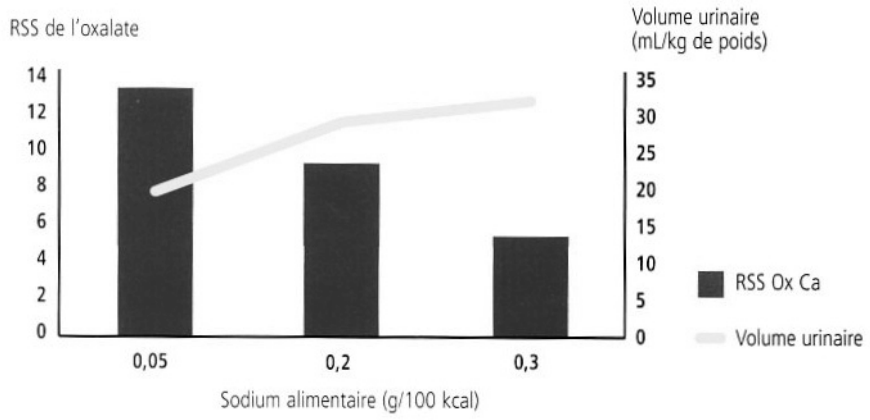


Figure 15 Effet de la teneur de l'alimentation en chlorure de sodium sur la Super Saturation Relative en oxalate de calcium (RSS Ox Ca) et sur le volume urinaire chez les Schnauzer nains, *d'après [79].* *Une teneur moyenne en sodium alimentaire, favorisant la diurèse, n'affecte pas la pression artérielle des chiens en bonne santé, ni de ceux présentant une pathologie rénale modérée.*

Aliment	Forme	Protéines	Matières Grasses	Na	Mg	Ca	P	pH urinaire	Energie métabolisable Kcal EM/kg	RPC
Normes AAFCO 2002 chien entretien		18	10-20	0,06	0,04	0,6	0,5		3 500	60
Hill's Canine s/d	Humide	7,9	26,1	1,28	0,02	0,27	0,07	5,9-6,3	4 540	17,3
Hill's Canine c/d	Humide	23,6	24	0,28	0,08	0,69	0,50	6,2-6,4	4 490	53
Hill's Canine c/d	Sèche	23,5	21,2	0,30	0,09	0,71	0,55	6,2-6,4	4 300	55
Royal Canin Urinary S/O	Humide	18	17	1,40	0,07	1,3	0,6	6,2	5 010	37
Royal Canin Urinary S/O	Sèche	18,6	28,6	1,20	0,05	0,5	0,5	6,2	4 546	43
Leo Specific SPECIFIC CCD	Sèche	22,95	20,77	0,6	0,06	0,6	0,46	6-6,3	4 770	48

Tableau 36 Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter ou prévenir les urolithiases à struvite chez le chien. *Tous les chiffres sont donnés en % de la matière sèche.*

2. Aliments destinés à lutter contre les urolithiases à oxalate de calcium

Le *tableau 37* compare la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à lutter contre les urolithiases à oxalate de calcium chez le chien.

On constate là encore des stratégies différentes suivant les fabricants d'aliments afin de prévenir les récidives des cristaux d'oxalate de calcium.

Tous présentent une restriction protéique marquée avec des RPC variant de 24 à 43g de protéines/Mcal d'EM, bien que celle-ci soit actuellement remise en question.

De même, ces aliments présentent des restrictions en calcium et phosphore, bien que les études récentes aient montré qu'une telle restriction n'était pas nécessaire.

Ainsi, Hill's insiste particulièrement sur le pH alcalinisant (ajout de citrate de potassium et carbonate de calcium).

Royal Canin présente un pH plus acide et une diurèse favorisée par une teneur élevée en sodium, ce qui est intéressant dans la mesure où ce type de croquettes est utilisé à la fois pour prévenir les calculs de struvite et ceux d'oxalate.

Une étude a prouvé que la relative supersaturation de l'urine (RSS) était diminuée chez dix sept chiens avec des calculs d'oxalate de calcium et nourris avec l'aliment Royal Canin Canine S/O. Un RSS diminué suggère une diminution du risque de formation des urolithiases à oxalate de calcium [3]

Aliment	Forme	Protéines	Matières Grasses	Na	Mg	Ca	P	pH urinaire	Energie métabolisable Kcal EM/kg	RPC
Normes AAFCO 2002 chien entretien		18	10-20	0,06	0,04	0,6	0,5		3 500	60
Hill's Canine u/d	Humide	13,3	27	0,28	0,05	0,34	0,17	7,1-7,7	4 720	28
Hill's Canine u/d	Sèche	10,4	20,6	0,26	0,03	0,35	0,17	7,1-7,7	4 330	24
Royal Canin Urinary S/O	Humide	18	17	1,40	0,07	1,3	0,6	6,2	5 010	37
Royal Canin Urinary S/O	Sèche	18,6	28,6	1,20	0,05	0,5	0,5	6,2	4 546	43
Leo Specific SPECIFIC CKW	Humide	18,87	16,98	0,15	0,05	0,38	0,26	6-6,3	4 530	42
Leo Specific SPECIFIC CKD	Sèche	14,67	19,57	0,14	0,07	0,39	0,27	6-6,3	4 700	31

Tableau 37 Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter ou prévenir les urolithiases à oxalate de calcium chez le chien. *Tous les chiffres sont donnés en % de la matière sèche.*

C. Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter ou prévenir les urolithiases félines

1. Aliments destinés à lutter contre les urolithiases à struvite

Le *tableau 38* compare la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à lutter contre les urolithiases à struvite chez le chat. On constate des stratégies nutritionnelles différentes suivant les fabricants d'aliments.

De manière générale, tous privilégient des taux restreints en magnésium (<0,1g de magnésium pour 100g de MS) et phosphore (<0,8g de phosphore pour 100g de MS), pour diminuer les constituants des calculs de phosphate ammoniaco magnésiens. Contrairement aux chiens, la restriction protéique est moins recherchée, les infections urinaires à uréase bactérienne étant beaucoup moins présentes.

Tous ces aliments favorisent également un pH urinaire acide afin d'augmenter la solubilité des cristaux de struvite.

On constate que les gammes Hill's et Leo Specific présentent un aliment de dissolution des cristaux de struvite et un aliment de prévention des récidives. Au sein de ces deux gammes, on constate donc qu'une fois les cristaux dissous, on ne maintient pas une restriction protéique trop forte, les restrictions en magnésium et phosphore sont moins marquées, et on s'attache à faire remonter le pH urinaire au-dessus de 6,2 pour Hill's, 6,1 pour Leo Specific.

La différence la plus marquée concerne le taux de sodium. En effet, Royal Canin et Leo Specific pour sa forme de dissolution des struvites jouent beaucoup sur l'utilisation du chlorure de sodium pour stimuler la diurèse et donc diminuer la saturation des urines en struvites. Ces fabricants se basent également sur le fait que plusieurs études ont montré que des régimes enrichis en sodium (jusqu'à 3,2g Na/1000 kcal d'énergie métabolisable) n'altèrent la tension artérielle ni chez les chiens ni chez les chats en bonne santé, ni chez les chiens et chats présentant des maladies rénales induites expérimentalement [13].

Une étude menée au centre Hill's Pet Nutrition au Kansas a indiqué que des chats nourris avec une alimentation Hill's s/d avaient leurs calculs de struvite stériles dissous dans un délai de 36 jours. Les chats présentant une infection urinaire concomitante avaient besoin d'une période plus longue pour avoir leurs calculs dissous (en moyenne 2,6 mois) [65].

Différentes études menées sur des chats sains et nourris avec une alimentation destinée à dissoudre les calculs de struvite (Hill's s/d, Hill's c/d, Royal Canin Urinary S/O) ont indiqué un RSS<1 et donc une sous-saturation de l'urine en struvite [2].

Aliment	Forme	Protéines	Matières Grasses	Na	Mg	Ca	P	pH urinaire	RPC	Energie métabolisable kcal/100g
Hill's Feline s/d	Humide	41	33,7	0,40	0,06	0,63	0,49	5,9-6,1	83	494
Hill's Feline s/d	Sèche	34,5	26,7	0,40	0,06	0,87	0,71	5,9-6,1	75	459
Hill's Feline c/d	Humide (boites formule originelle)	41,8	22,1	0,49	0,07	0,64	0,50	6,2-6,4	98	427
Hill's Feline c/d	Sèche (poulet)	34,5	16,5	0,34	0,06	0,75	0,69	6,2-6,4	84	412
Royal Canin Urinary S/O	Humide (barquette au poulet)	35	25	0,8	0,08	0,7	0,7		69	463
Royal Canin Urinary S/O	Sèche	34,5	15	0,9	0,07	0,8	0,7		86	432
Leo Specific SPECIFIC FSD struvite dissolution	Sèche	33,7	28,8	0,85	0,05	0,6	0,49	5,9-6,0	66	509
Leo Specific SPECIFIC FSW struvite dissolution	Humide	48,78	32,52	1,02	0,04	0,65	0,53	5,9-6,0	90	541
Leo Specific SPECIFIC FCD struvite management	Sèche	33,88	25,14	0,42	0,07	0,77	0,67	6,1-6,2	68	497
Leo Specific SPECIFIC FCW struvite management	Humide	46,47	31,60	0,56	0,04	0,78	0,67	6,1-6,2	88	528
Virbac Urology	Sèche	34,78	18,48	0,54	0,08	0,87	0,65	6,1-6,3	93	374

Tableau 38 Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter ou prévenir les urolithiases à struvite chez le chat. *Tous les chiffres sont donnés en % de la matière sèche.*

2. Aliments destinés à lutter contre les urolithiases à oxalate de calcium

Le *tableau 39* compare la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à lutter contre les urolithiases à oxalate de calcium chez le chat.

La différence la plus marquée concerne le taux de sodium. En effet, Royal Canin joue beaucoup sur l'utilisation du chlorure de sodium pour stimuler la diurèse et donc diminuer la saturation des urines en struvites. Ce fabricant se base également sur le fait que plusieurs études ont montré que des régimes enrichis en sodium (jusqu'à 3,2g Na/1000 kcal d'énergie métabolisable) n'altèrent la tension artérielle ni chez les chiens ni chez les chats en bonne santé, ni chez les chiens et chats présentant des maladies rénales induites expérimentalement [13]. Contrairement à l'homme chez qui un excès de sel promeut la formation d'urolithes à oxalate de calcium, un chat en bonne santé n'excrète pas d'avantage de calcium dans l'urine en réponse à ce phénomène. En réalité chez le chat, un apport sodique augmenté stimule la prise de boisson et la diurèse, diminue la calciurie et dès lors le risque d'urolithiases. Une étude clinique réalisée par Kirk [45] s'est attachée à déterminer la conséquence d'un apport augmenté en NaCl sur l'état général, la pression artérielle, la fonction rénale, cardiaque, chez des chats en bonne santé, obèses, souffrant d'IRC, puis à comparer les conséquences de concentrations élevées ou faibles en NaCl sur l'abreuvement, la diurèse, de manière à évaluer à long terme une éventuelle diminution du risque d'urolithiase. Les résultats indiquent que les chats nourris avec un aliment High Sodium Concentration (HSC) présentent un abreuvement supérieur (102mL/j contre 88 mL/j en moyenne) aux chats nourris avec un aliment Low Sodium Concentration (LSC). Le régime HSC augmente significativement le volume urinaire (en moyenne 165ml/48h contre 124ml/48h pour les LSC). De plus, l'adjonction de NaCl ne fait pas courir un risque d'hypertension ou un risque cardiaque décelable à l'échocardiographie. Cependant, certains animaux présentent des réactions indésirables au régime HSC : il s'agit des chats qui initialement ont une créatininémie élevée et présentent par la suite une forte augmentation de la phosphatémie, de l'urémie et de la créatininémie sans modifications des paramètres vasculaires étudiés et sans hypertension. Il faut cependant rester prudent quant à l'interprétation de ces résultats : la durée de l'étude (6 mois) peut ne pas refléter les mécanismes physiologiques qui vont s'installer à long terme chez des chats recevant un régime riche en sel. Dans ces conditions, avant d'opter pour un régime de type HSC, il est nécessaire d'effectuer un bilan rénal même chez des chats apparemment sains.

Aliment	Forme	Protéines	Matières Grasses	Na	Mg	Ca	P	pH urinaire	RPC	Energie métabolisable kcal/100g
Normes AAFCO 2002 Chat entretien		26	10-20	0,2	0,04	0,6	0,5		65	400
Hill's Feline x/d	Humide	42,9	19,6	0,35	0,08	0,69	0,53	6,6-6,8	102	419
Royal Canin Urinary S/O	Humide (barquette au poulet)	35	25	0,8	0,08	0,7	0,7		69	463
Royal Canin Urinary S/O	Sèche	34,5	15	0,9	0,07	0,8	0,7		86	432
Leo Specific SPECIFIC FKD	Sèche	25,41	25,95	0,21	0,05	0,75	0,45	6-6,3	52	493
Leo Specific SPECIFIC FKW	Humide	33,89	43,08	0,29	0,06	0,57	046	6-6,3	59	574
Virbac Urology	Sèche	34,78	18,48	0,54	0,08	0,87	0,65	6,1-6,3	93	374

Tableau 39 Comparaison de la composition nutritionnelle des différents types d'aliments destinés à traiter ou prévenir les urolithiases à oxalate de calcium chez le chat. *Tous les chiffres sont donnés en % de la matière sèche.*

Conclusion

L'insuffisance rénale chronique et les urolithiases sont des affections très fréquentes en médecine vétérinaire. Leur traitement de l'IRC passe d'abord par une réanimation médicale ; il en est de même pour les urolithiases, avec en plus une résection des calculs. Une fois l'animal insuffisant rénal stabilisé ou l'épisode obstructif passé, il est essentiel d'adapter la nutrition afin de limiter les signes cliniques liés à l'insuffisance rénale et de prévenir les récidives de calculs.

Lors d'IRC, les objectifs diététiques sont de répondre aux besoins nutritionnels du chien et du chat, d'atténuer les signes cliniques et les conséquences de l'urémie, de minimiser les perturbations du bilan hydrique et électrolytique, vitaminique, minéral et acido-basique et de ralentir la progression de l'IRC. Lors d'urolithiases, l'alimentation permet d'influencer la saturation, le pH, le volume et la concentration de l'urine en cristalloïdes.

L'étude de la physiopathologie de l'IRC et des urolithiases a permis l'établissement de rations ménagères adaptées au traitement de ces affections. Cependant, réaliser de telles rations est extrêmement contraignant. Depuis 25 ans, les fabricants d'aliments pour carnivores domestiques se sont penchés sur le problème et ont mis sur le marché de nombreux régimes industriels supposés adaptés aux besoins énergétiques des animaux malades.

Concernant l'IRC, les régimes préconisés sont à teneur réduite en protéines mais de très bonne qualité, teneur réduite en phosphore. Concernant les urolithiases, les régimes sont à teneur réduite en composants des différents urolithes, et permettent de maintenir un pH urinaire spécifique.

Nous avons pu constater au cours de notre travail, qu'il existe dans la plupart des cas une différence marquée entre la composition des aliments diététiques et celles des aliments physiologiques. C'est pourquoi ces régimes diététiques ne doivent pas être administrés à des animaux sains. Ces régimes industriels apparaissent pratiques : ils sont prêts à l'emploi, aucun ajout n'est nécessaire. Cependant, il est difficile d'adapter la prescription des régimes industriels à chaque malade, le seul paramètre que l'on puisse faire varier étant la quantité d'aliment distribuée chaque jour.

De plus, la comparaison des différentes formules nutritionnelles des aliments diététiques recommandés lors d'IRC et d'urolithiases, montrent parfois des valeurs éloignées (justifiées ou non) des recommandations que l'on trouve dans la littérature. Cependant, aucun consensus n'est réellement établi. Ces recommandations étant comme nous l'avons vu en constante évolution depuis 25 ans, aucune « norme usuelle » n'existant. Il serait intéressant de réévaluer ces conseils nutritionnels dans une quinzaine d'année, afin de voir si les recommandations préconisées aujourd'hui sont toujours d'actualité.

Le Professeur responsable
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Germaine EGRON
Docteur Vétérinaire
Alimentation/Nutrition

Le Président de la thèse

Vu : Le Directeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

LE DIRECTEUR

Stéphane MARTINOT

Vu et permis d'imprimer

Lyon, le 26 SEP. 2008

Pour le Président de l'Université,
Le Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales,
Professeur F.N GILLY

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Bibliographie

1. **Abdllahi SU**. Evaluation of a calculolytic diet in female dogs with induced struvite urolithiasis. *Am J Vet Res*, 1984. 45: p.1508-1519.
2. **Abood SK, Zhang P, and Ballam JM**. Relative supersaturation of struvite and calcium oxalate in urine from healthy cats. *J Vet Intern Med*, 2000. 14: p.353.
3. **Adams LG and Syme HM**. Canine lower urinary tract disease, in *Textbook of veterinary internal medicine*, Hand MS, Thatcher CD, Remillard RL, and Roudebush P, Editors. 2005. p.1850-1874.
4. **Allen TA and Kruger JM**. Maladies du bas appareil urinaire félin, in *Nutrition clinique des animaux de compagnie*, Hand MS, Thatcher CD, Remillard RL, and Roudebush P, Editors. 2000. p.711-747.
5. **Allen TA, Polzin DJ, and Adams LG**. Maladie rénale, in *Nutrition Clinique des Animaux de Compagnie*, Hand MS, Thatcher CD, Remillard RL, and Roudebush P, Editors. 2000.
6. **Baker DH and Czarnecki-Maulden GL**. Comparative nutrition of dogs and cats. *Annual Review of nutrition*, 1991. 11: p.239-263.
7. **Barber PJ and Elliott J**. Feline chronic renal failure : calcium homeostasis in 80 cases diagnosed between 1992 and 1995. *Journal of Small Animal Practice*, 1998. 39: p.108-116.
8. **Barker J and Povery RC**. The feline urolithiasis syndrome : a review and an inquiry into the alleged role of dry cat food in its etiology. *J Small Anim Pract*, 1973. 14: p.445-457.
9. **Barsanti JA and Finco DR**. Dietary management of chronic renal failure in dogs. *J Am Anim Hosp Assoc*, 1984. 21: p.371.
10. **Bartges JW, Kirk CA, and Lane IF**. Update : management of calcium oxalate uroliths in dogs and cats. *Vet Clin Small Anim Pract*, 2004. 34: p.969-987.
11. **Bartges JW and Kirk CA**. Nutrition and lower urinary tract diseases in cats. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 2006. 36: p.1361-1376.
12. **Biourge V, Devois C, Morice G, and et al.** Increased dietary NaCl significantly increases urine volume but does not increase urinary calcium oxalate relative supersaturation in healthy cats. *J Vet Intern Med*, 2001. 15: p.301.
13. **Biourge V, Iben C, Wagner E, and et al**. Does increasing dietary NaCl affect blood pressure in adult healthy dogs? in *Proceeding of the 12th congress of the european college of veterinary internal medicine*. 2002. Munich.
14. **Blanchard G, Sancey I, and Paragon BM**. Urolithiases à oxalate de calcium chez le chat. *La dépêche vétérinaire*, 2004. 88: p.25-27.
15. **Borghi L, Meschi T, and Amato F**. Urine volume : stone risk factor and preventive measure. *Nephron*, 1999. 81 (suppl.): p.31-37.
16. **Bovee KC, Reif JS, and Maguire TG**. Recurrence of feline urethal obstruction. *J Am Vet Med ASsoc*, 1979. 174: p.445-457.
17. **Brenner BM**. 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. *New England Journal of Medicine*, 1982. 307: p.652-659.
18. **Brown CA, Crowell WA, and Barsanti JA**. Beneficial effect of dietary mineral restriction in dogs with marked reduction of functional renal mass. *Journal of the American Society of Nephrology*, 1991. 1: p.1169-1179.
19. **Brown SA, Brown CA, and Crowell WA**. Dietary lipid composition alters chronic course of canine renal disease. in *Fourtheen Annual Veterinary Medical Forum*. 1996. American Colege of Veterinary Internal Medicine, San Antonio, TX.

20. **Buffington CAT, Rogers QR, and Morris JG**. Effect of diet on struvite acticity product in feline urine. *J am vet res*, 1990. 151: p.20025-2030.
21. **Buffington CAT and Chew DJ**. Effects of diet on cats with non obstructive lower urinary tract diseases *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*, 1998. 80: p.120-127.
22. **Burankarl C, Mathur S, and Cartier L**. Effects of dietary sodium chloride (NaCl) supplementation on renal function and blood pressure in normal cats and in cats with induced renal insufficiency. in *28th World Congress of the World Small Animal Veterinary Association*. 2003. Bangkok, Thailand.
23. **Burkholder WJ**. Dietary considerations for dogs and cats with renal disease. *J Am Vet Med Assoc*, 2000. 216(11): p.1730-1734.
24. **Cotard JP**. Néphrologie et urologie du chien et du chat, ed. PMCAC. 1993.
25. **Demory C**. Parathormone et hyperparathyroidie secondaire rénale. *Point Vétérinaire*, 2004. 242(18-25).
26. **Devaux C, Polzin DJ, and Osborne CA**. What role does dietary protein restriction play in the management of chronic renal failure in dogs? *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 1996. 26: p.1247-1267.
27. **Dibartola SP**. Renal disease : clinical approach and laboratory evaluation, in *Textbook of veterinary internal medicine*, Ettinger SJ and Feldman EC, Editors. 2005. p.1727.
28. **Eliott D**. Nutritional management of chronic renal disease in dogs and cats. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 2006. 36(6): p.1377-1384.
29. **Eliott J, Rawlings JM, and B.P. Markwell PJ**. Prevalence of hypertension in cats with naturally occurring chronic renal failure. *J Vet Intern Med*, 1999. 13: p.251.
30. **Eliott J**. L'insuffisance rénale chronique chez le chat. Diagnostic et traitement de l'hyperparathyroidie et de l'hypertension artérielle. *Waltham Focus, progrès en nutrition clinique*, 2000.
31. **Eliott J**. Prolongation de l'espérance de vie des chats souffrant d'insuffisance rénale. *Waltham Focus, progrès en nutrition clinique*, 2000.
32. **Elliott D and Lefebvre HP**. Insuffisance rénale chronique : importance de la nutrition, in *Encyclopédie de la nutrition clinique canine*, Pibot P, Biourge V, and Elliott D, Editors. 2006. p.252-282.
33. **Finco DR, Brown CA, and Crowell WA**. Effects of dietary phosphorus and protein in dogs with chronic renal failure. *Am J Vet Res*, 1992. 53: p.2264-2271.
34. **Forrester SD**. Evidence-based Nutritional management of feline lower urinary tract disease. in *24th ACVIM*. 2006. Louisville, Kentucky.
35. **Forrester SD and Roudebush P**. Evidence-based management of feline lower urinary tract disease. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 2007. 37: p.533-558.
36. **Granjean D, Paragon BM, and Granjean R**. Intérêt d'une alimentation hypophosphorée dans l'évolution post-seuil critique d'une IRC chez le chien. *Recueil de médecine vétérinaire*, 1990. 166: p.865.
37. **Greco DS, Lees GE, and Dzendzel GS**. Effects of dietary sodium intake on glomerular filtration rate in partially nephrectomized dogs. *Am J Vet Res*, 1994. 55(152-9).
38. **Greco DS, Lees GE, and Dzendzel GS**. Effects of dietary sodium intake on blood pressure measurements in partially nephrectomized dogs. *Am J Vet Res*, 1994. 55(160-5).
39. **Hess RS**. Association between hyperadrenocorticism and development of calcium containing uroliths in dogs with urolithiasis. *J Am Vet Med Assoc*, 1998. 212: p.1889-1891.
40. **Hostutler RA, Chew DJ, and Dibartola SP**. Recent concepts in feline lower urinary tract disease. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 2005. 35: p.147-170.

41. **Houston DM, Rinkardt NE, and Hilton J**. Evaluation of the efficacy of a commercial diet in the dissolution of feline struvite bladder uroliths. *Veterinary Therapeutics*, 2004. 5: p.187-201.
42. **Houston DM, Moore AE, and Favrin MG**. Feline urethral plugs and bladder uroliths : a review of 5484 submissions 1998-2003. *Can Vet J*, 2006. 44: p.974-777.
43. **Jeusette I, Cremer V, Tonglet C, Istasse L, and Diez M**. Les affections du système urinaire du chat : insuffisance rénale chronique : aspects diététiques. *Annales de médecine vétérinaire*, 2000: p.137-148.
44. **Kirk CA**. Evaluation of factors associated with development of calcium oxalate urolithiasis in cats. *J Am Vet Med Assoc*, 1995. 207: p.1429-1434.
45. **Kirk CA, Jewell DE, and Lowry SR**. Effects of sodium chloride on selected parameters in cats. *Veterinary Therapeutics* 2006. 7: p.333-346.
46. **Krawiec DR, Osborne CA, and Leininger JR**. Effect of acetohydroxamic acid on dissolution of canine uroliths. *Am J Vet Res*, 1984. 45: p.1276-1282.
47. **Leckcharoensuk C**. Association between patient-related factors and risk of calcium oxalate and magnesium ammonium phosphate urolithiasis in cats. *J Am Vet Med ASsoc*, 2000. 217: p.520-525.
48. **Leckcharoensuk C, Lulich JP, and Osborne CA**. Patient and environmental factors associated with calcium oxalate urolithiasis in dogs. *J Am Vet Med ASsoc*, 2000. 217: p.515-519.
49. **Leckcharoensuk C, Osborne CA, and Lulich JP**. Epidemiologic study of risk factors for lower urinary tract diseases in cats. *J Am Vet Med ASsoc*, 2001. 218: p.1429-1435.
50. **Leckcharoensuk C, Osborne CA, Pusoonthornthum R, Kirk CA, Ulrich LK, Koehler LA, Carpenter KA, and Swanson LL**. Association between dietary factors and calcium oxalate and magnesium ammonium phosphate urolithiasis in cats. *JAVMA*, 2001. 219: p.1228-1237.
51. **Leckcharoensuk C**. Association between dietary factors in canned food and formation of calcium oxalate uroliths in dogs. *Am J Vet Res*, 2002. 63: p.163-169.
52. **Lefebvre HP and Pouchelon JL**. La classification IRIS des maladies rénales chroniques des carnivores domestiques. *Le nouveau praticien vétérinaire canine-féline*, 2008. 36: p.14-16.
53. **Leibetseder JL and Neufeld KW**. Effect of medium protein diets in dogs with chronic renal failure. *J Nutr.*, 1991. 121: p.145.
54. **Ling GV**. Urolithiasis in dogs. Breed prevalence, and interrelations of breed, sex, age, and mineral composition. . *Am J Vet Res*, 1998. 59: p.630-642.
55. **Ling GV, Franti CE, and Johnson DL**. Urolithiasis in dogs : prevalence of urinary tract infection and interrelations of infection, age, sex, and mineral composition. *Am J Vet Res*, 1998. 59: p.643-649.
56. **Lulich JP**. Evaluation of urine and serum metabolites in miniature schnauzers with calcium oxalate urolithiasis *Am J Vet Res*, 1991. 152: p.1583-1590.
57. **Lulich JP, Osborne CA, and O'Brien TD**. Feline renal failure : questions, answers, questions. *Comp Contin Educ Pract Vet*, 1992. 14: p.127-153.
58. **Lulich JP, Osborne CA, and Thumchai R**. Management of canine calcium oxalate urolith recurrence. *Comp Cont Educ Pract Vet*, 1998. 20: p.178-189.
59. **Lulich JP, Osborne CA, Leckcharoensuk C, Kirk CA, and Allen TA**. Effects of hydrochlorothiazide and diet in dogs with calcium oxalate urolithiasis. *J Am Vet Med ASsoc*, 2001. 218(10): p.1583-1586.
60. **Markwell PJ and Stevenson AE**. Gestion nutritionnelle de l'urolithiase chez le chien. *Waltham Focus, progrès en nutrition clinique*, 2000: p.43-47.
61. **Martin L**. Alimentation et urolithiases du chat. *Le nouveau praticien vétérinaire*, 2000(aout-septembre-octobre): p.41-43.

62. **Moraillon R and Wolter R**. eds. *Les affections rénales du chat*. 1996, Le livre WALTHAM de la nutrition clinique du chien et du chat.
63. **Nguyen P, Loukil L, and Arpaillange C**. Nutrition clinique de l'insuffisant rénal chronique. in *Congrès CNVSPA AFVAC*. 1997.
64. **Nguyen P, Diez M, Martin L, Dumon H, and Siliart B**. Evolution des concepts diététiques dans le traitement et la prévention des insuffisances rénales. *Le nouveau praticien vétérinaire*, 2001(juin-sept): p.59.
65. **Osborne CA, Lulich JP, and Kruger JM**. Medical dissolution of feline struvite urocystoliths. *J Am Vet Med ASsoc*, 1990. 196: p.1053-1063.
66. **Osborne CA**. Feline urolithiasis. Etiology and pathophysiology. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 1996. 26: p.217-232.
67. **Osborne CA, Lulich JP, and Polzin DJ**. Medical dissolution and prevention of canine struvite urolithiasis : twenty years of experience. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 1999. 29: p.73-112.
68. **Osborne CA, Lulich JP, and Polzin DJ**. Analysis of 77000 canine uroliths. Perspectives from the Minnesota Urolith Center. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 1999. 29: p.17-38.
69. **Osborne CA, Bartges JW, Lulich JP, Polzin DJ, and Allen TA**. Urolithiase canine, in *Nutrition clinique des animaux de compagnie*, Hand MS, Thatcher CD, Remillard RL, and Roudebush P, Editors. 2000. p.625-709.
70. **Osborne CA, Kruger JM, and Lulich JP**. Feline lower urinary tract diseases, in *Textbook of Veterinary Internal Medicine*, Ettinger SJ and Feldman EC, Editors. 2000, WB Saunders Co: Philadelphia. p.1710-1747.
71. **Polzin DJ, Osborne CA, and Stevens JB**. Influence of modified protein diets on the nutritional status of dogs with induced renal failure. *Am J Vet Res*, 1983. 44: p.1694.
72. **Polzin DJ, Osborne CA, and Bartges JW**. Chronic renal failure, in *Textbook of Veterinary Internal Medicine*, Ettinger SJ and Feldman EC, Editors. 1995, WB Saunders Co: Philadelphia. p.1734-1760.
73. **Polzin DJ, Osborne CA, and James K**. Medical management of chronic renal failure in cats : current guidelines. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 2004. 34: p.1-6.
74. **Ross LA, Finco DR, and Crowell WA**. Effect of dietary phsophorus restriction on the kidneys of cats with reduced renal mass. *Am J Vet Res*, 1982. 43: p.1023-1026.
75. **Ross SJ, Osborne CA, and Lulich JP**. Canine and feline nephrolithiasis : epidemiology, detection, and management. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 1999. 29: p.231-250.
76. **Roudebush P and Forrester SD**. Evidence-based management of feline lower urinary tract disease. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 2007. 37: p.533-558.
77. **Seaman R and Bartges JW**. Canine struvite urolithiasis. *Compendium*, 2001. 23(5): p.407-420.
78. **Smih BHE, Moodie SJ, and Wensley S**. Differences in urinary pH and relative supersaturation values between senior and young adults cats. in *15th American College of Veterinary Internal Medecine Forum*. 1997. Lake Buena Vista, Floride.
79. **Stevenson A and Rutgers C**. Gestion nutritionnelle des urolithiases canines, in *Encyclopédie de la nutrition clinique canine*, Pibot P, Biourge V, and Elliott D, Editors. 2006. p.284-315.
80. **Stevenson AE, Wrigglesworth DJ, and Smith BH**. Effects of dietary potassium citrate supplementation on urine pH and urinary relative supersaturation of calcium oxalate and struvite in dogs. *Am J Vet Res*, 2000. 61: p.430-435.
81. **Stevenson AE**. The incidence of urolithiasis in cats and dogs and the influence of diet in formation and prevention of reccurence. *Institute of Urology and Nephrology*, 2002.
82. **Stevenson AE, Hynds WK, and Markwell PJ**. 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*, 2003. 74: p.145-151.

83. **Stevenson AE, Blackburn JM, Markwell PJ, and Robertson WG**. Nutrient intake and urine composition in calcium oxalate stone-forming dogs : comparison with healthy dogs and impact of dietary modification. *Veterinary Therapeutics*, 2004. 5(3): p.218-231.
84. **Westropp JL, Buffington CAT, and Chew D**. Feline lower urinary tract diseases, in *Textbook of Veterinary Internal Medicine.*, Ettinger SJ and Feldman EC, Editors. 2005. p.1828-1850.
85. **Westropp JL, Cannon AB, and Ruby AL**. Trends in feline urolithiasis. in *24 th ACVIM*. 2006. Louisville, Kentucky.
86. **Wolter R**. Alimentation du chat, ed. Point Vétérinaire. 2002.

GUSSE Chloé

Prise en charge diététique de certaines affections urinaires des carnivores domestiques. Comparaison de différents aliments disponibles sur le marché.

Thèse Vétérinaire : Lyon, *le 30 septembre 2008*

RESUME :

Cette thèse porte sur la prise en charge nutritionnelle de l'insuffisance rénale et des urolithiases chez les carnivores domestiques. Nous y avons rappelé la pathogénie de l'insuffisance rénale chronique et des urolithiases chez les carnivores domestiques, avant de définir les principes généraux de la gestion nutritionnelle de l'insuffisance rénale chronique et des urolithiases. Notre étude a également comparé les formules nutritionnelles de différents aliments diététiques mis sous le marché, avec celles d'un aliment physiologique de la même gamme. Enfin, nous avons comparé les différentes stratégies nutritionnelles proposées par plusieurs fabricants d'aliments dans le traitement de l'insuffisance rénale chronique, la dissolution et prévention des urolithiases chez les carnivores domestiques. Le but de ce document est de vérifier l'intérêt d'une alimentation industrielle spécifique adaptée aux animaux insuffisants rénaux chroniques ou présentant des urolithiases, et de vérifier si la composition de tels aliments est en adéquation avec les données de la littérature.

MOTS CLES :

- Carnivores domestiques
- Insuffisance rénale chronique
- Prise en charge nutritionnelle
- Urolithiases
- Aliments diététiques

JURY :

Président :	Monsieur le Professeur GHARIB
1er Assesseur :	Madame le Professeur EGRON
2ème Assesseur :	Madame le Professeur HUGONNARD

DATE DE SOUTENANCE : 30 septembre 2008

ADRESSE DE L'AUTEUR :

17 rue Jacques Callot
57100 MANOM