

Tableau 15 - BESOINS NUTRITIFS DU CHAT (par rapport à la matière sèche alimentaire) (d'après le « National Research Council », 1978)

Protéines brutes	280	g/kg	Vitamines A	10 000	UI/kg
Matières grasses	9	"	D	1 000	"
Acide linoléique	1	"	E	80	mg/kg
Calcium	10	"	B1	5	mg/kg
Phosphore	8	"	B2	5	"
Potassium	3	"	PP	45	"
Chlorure de sodium	5	"	B6	4	"
Magnésium	0,5	"	Acide panthothénique	10	"
Fer	100	mg/kg	Acide folique	1	"
Cuivre	5	"	Vitamine B12	0,02	"
Zinc	30	"	Choline	2 000	"
Manganèse	10	"	Inositol	200	"
Iode	1	"	Biotine	0,05	"
Sélénium	0,1	"	Energie métabolisable	4 000	kcalories/kg

Tableau 16 - CONSOMMATION D'EAU CHEZ LE CHAT SELON LE TYPE DE RATION (g d'eau/g de matière sèche alimentaire) (d'après Seefeld et Chapman - 1979)

	Eau de l'aliment	Abreuvement	Total
Aliment humide	3,3	0,6	3,9
Aliment sec	0,1	2,2	2,3

Tableau 17 - NORMES DU MÉTABOLISME ÉNERGÉTIQUE D'ENTRETIEN DU CHIEN ADULTE (Leibetseder, 1979)

Poids vif (PV) (kg)	Poids métabolique (PV ^{0,75}) (kg)	Métabolisme de base (293, PV ^{0,75}) (kJ/jour)	Métabolisme de base (kJ/kg PV/j)	Métabolisme d'entretien (= 2 × métabolisme de base) (kJ/animal/j) (kcal/animal/j)
2,5	1,99	583	293	1 150 275
5	3,34	979	196	1 950 465
10	5,62	1 647	165	3 300 788
15	7,62	2 233	149	4 450 1 063
20	9,46	2 772	139	5 550 1 325
25	11,20	3 282	131	6 550 1 565
30	12,80	3 750	125	7 500 1 791
35	14,40	4 219	120	8 450 2 018
40	15,90	4 659	116	9 300 2 222
45	17,40	5 098	113	10 200 2 437
50	18,80	5 508	110	11 000 2 628

Bien entendu, les coefficients choisis pour la digestibilité ne sont que des références moyennes. Dans la mesure où on disposerait de résultats expérimentaux mieux adaptés à un type d'aliment considéré, il resterait préférable d'y recourir afin d'aboutir à une meilleure prévision de la teneur en énergie métabolisable. En effet, la digestibilité des matières organiques de la ration peut varier assez largement en fonction de la nature des matières premières et de la technologie imposée ; ainsi, elle serait souvent assez proche de 0,70 - 0,75 avec de bons aliments composés secs, alors qu'elle atteint plus fréquemment 0,85 avec des produits carnés humides, mais à l'inverse, elle peut chuter juste vers 0,50 avec des préparations mal conçues ou mal traitées, qui d'ailleurs sont alors incapables de couvrir les besoins énergétiques, même en étant laissées en libre disposition.

A. EVALUATION DES BESOINS

Cette évaluation apparaît plus délicate chez le chien dont le format et le mode de vie varient beaucoup plus largement que chez le chat.

I. Chez le chien

Par rapport à des besoins moyens, calculés en fonction du poids vif, il faut tenir compte des dépenses supplémentaires de thermorégulation, d'activité physique, de reproduction, de croissance.

a) **Les besoins moyens d'entretien** chez le chien adulte, dont le poids varie selon les races de 1 kg à près de 100 kg, progressent avec le poids métabolique ($PV^{0,75}$) et se situeraient en général vers **132 kcalories EM/kg $PV^{0,75}$** (soit environ 140 kcalories ED/kg $PV^{0,75}$), correspondant à près de 600 kJoules/kg $PV^{0,75}$. Plus précisément, ils atteindraient 950 kJ/kg $PV^{0,75}$ chez les chats et 900, 600 ou environ 400 kJ/kg $PV^{0,75}$ chez les chiens selon que leur format est petit, moyen ou gros (Clarke et al., 1977) (cités par Scott, 1978), démontrant ainsi qu'ils s'élèvent encore beaucoup moins rapidement que le poids métabolique. A ce propos, le tableau 17 récapitule les besoins du chien en fonction de son poids vif, avec sa correspondance en poids métabolique (Leibetseder, 1979).

Rapportées au poids vif, les recommandations du « National Research Council » publiées en 1972, en dépit des corrections fournies en 1974, nous apparaissent quelque peu excessives, d'autant plus qu'elles concernent des sujets de plus grand format.

C'est pourquoi, comme Kronfeld (1976), nous avons recalculé les apports énergétiques souhaitables en fonction du poids vif, pour en déduire les quantités correspondantes d'aliments secs, humides et semi-humides, en admettant des teneurs énergétiques moyennes respectivement de 3 500, 3 000 et 1 250 kcalories/kg. L'ensemble des résultats est récapitulé dans le tableau 18 (Wolter, 1980).

Tableau 18 - BESOINS ÉNERGÉTIQUES DU CHIEN ADULTE À L'ENTRETIEN (Wolter, 1980)

Exemples de races	Poids vif kg	Besoins d'entretien kcal EM/ animal/jour	Apports alimentaires en g/animal/jour		
			secs 3500 kcal EM /kg	semi-humides 3000 kcal EM /kg	humides 1250 kcal EM /kg
Chihuahua	1	140	40	47	110
Griffon bruxellois	2	235	67	78	190
Yorkshire terrier	3	315	90	105	250
Lévrier italien	4	390	110	130	310
Teckel	5	460	130	150	360
Cairn terrier	6	525	150	175	420
Carlin	7	590	170	200	475
Fox terrier	8	655	185	215	520
Bedlington terrier	9	715	205	240	575
Welsh-terrier					
Scottish terrier	10	775	220	255	615
Beagle					
Welsh corgi-Skye terrier	11	835	235	275	660
Bouledogue français	12	890	255	300	715
Cocker	13	950	285	330	800
Berger des Pyrénées	14	1000	300	350	840
Epagneul breton	15	1050	320	370	860
Caniche moyen	16	1100	330	400	900
Schnauzer moyen	18	1200	350		
Chow-chow	20	1290	365	425	1020
Grand caniche	22,5	1400	400	470	1120
Colley-Dalmatien	25	1500	430	500	1200
Doberman	27,5	1600	460	535	1280
Braque français et allemand, Setter anglais, Berger belge et allemand, Berger de Beauce	30	1680	480	560	1340
Boxer	35	1830	520	610	1460
Bouvier des Flandres	40	1970	560	650	1570
Lévriers					
Esquimaux-Dogue de Bordeaux	45	2090	600	700	1680
Chien des Pyrénées	50	2200	630	735	1750
Bullmastiff	55	2300	660	770	1820
Dogue allemand	60	2390	680	790	1900
Terre-Neuve	65	2480	710	820	1960
Saint-Bernard					

En pratique, on pourrait donc retenir les ordres de grandeur rapportés au tableau 19 (Wolter, 1980) quant aux besoins alimentaires d'entretien.

La représentation graphique figurant au schéma 7 (Wolter, 1980), visualise bien cette progression moins que proportionnelle des besoins énergétiques d'entretien en fonction du poids vif, et tend même à prouver que les consommations souhaitables sont encore quelque peu surévaluées pour les chiens de grand format.

b) Les variations physiologiques

Par comparaison à ces besoins moyens d'entretien, il convient d'adapter les apports alimentaires pour tenir compte des variations liées aux conditions climatiques et à l'activité physique, et surtout à la reproduction et à la croissance.

- La faible **température** extérieure, l'humidité, le vent, accroissent nettement les besoins énergétiques d'autant plus que le sujet ne dispose pas d'une fourrure abondante bien isolante ; de ce fait, dans les chenils non chauffés en saison hivernale, ou lors d'un élevage en plein air, les apports doivent être sensiblement rehaussés, de 50 jusqu'à 100 p. 100 parfois.

- L'**activité physique** est également très inégale, d'abord en fonction du tempérament (typique de la race), du sexe et de la castration éventuelle, de l'âge de l'individu lui-même. Elle accroît encore les besoins relatifs des petits sujets très dynamiques ; ainsi, une femelle Beagle de 10 kg requiert en moyenne 930 kcal/jour alors qu'un Fox terrier mâle de même poids en nécessite 1010.

Elle dépend aussi du mode de vie : en appartement bien tempéré, en pavillon avec jardin, en liberté à la campagne ; ainsi, chez un chien citadin très sédentaire, la dépense énergétique d'entretien serait diminuée de 20 p. 100 par rapport aux moyennes précédentes.

A l'inverse, elle est accrue de 30 à 40 p. 100 chez les chiens de garde, de police ou de course. Il en est de même pour les chiens militaires, et sans doute pour les chiens de concours qui, en plus du travail, subissent une tension psychologique entretenue, souvent défavorable à leur appétit. McNamara (1971) recommande alors d'utiliser des aliments renfermant au moins 5 500 calories/kg M.S., pour que le chien puisse absorber 77 à 98 calories/kg P.V., alors qu'une consommation de 60 à 73 calories/kg P.V. suffit à l'entretien d'animaux de compagnie.

A plus forte raison, le travail musculaire intense peut doubler les besoins des chiens de berger ou de chasse, et même les multiplier par 3 ou 4 chez les chiens de traîneau.

Il importe alors d'assurer un rationnement maximal en faisant appel à des aliments à haute concentration énergétique, très appétents, distribués fréquemment afin d'éviter l'amaigrissement des chiens.

glucides, peuvent même manifester de l'hypoglycémie, qui disparaît avec une alimentation glucidoprive, laquelle réduit d'ailleurs l'utilisation métabolique de glucose (Belo et al., 1976).

Ainsi Kronfeld (1972), Kronfeld et al. (1973, 1977), Hammel et al. (1977) de même que Downey et al. (1980) expérimentent sur des chiens esquimaux entraînés pour des courses de traîneau ou sur des beagles soumis à des efforts d'endurance sur tapis roulant, des régimes hyperlipidiques et glucidoprives, par comparaison à des rations dont les sources énergétiques sont plus également réparties ; ils améliorent sensiblement la résistance aux efforts longs, tout en haussant l'hématocrite et le taux d'hémoglobine, en diminuant l'acidose lactique à la suite du travail musculaire et en prévenant la coprophagie, voire des accidents de myoglobininurie.

Malgré tout, du point de vue économique, il est indiqué le plus souvent de recourir aux glucides. Le goût sucré est d'ailleurs régulièrement bien apprécié par les chiens, nettement plus chez les femelles que chez les mâles, mais il attire très inégalement les chats (Haupt et al., 1979). Les oligosides ne seraient pas les plus souhaitables, ni pour la croissance, ni pour le stockage hépatique de la vitamine A. En outre, le lactose peut être très mal digéré chez les animaux sevrés (cf. p. 25).

Les amidons très cuits, suffisamment dextrinisés, sont donc préférables. Pour cela, on recourt au riz bouilli, aux purées de pommes de terre étuvées, aux céréales floconnées ou expansées, aux invendus de boulangerie, de biscoterie, de biscuiterie.

Chez le chien, ces glucides représentent couramment 50 à 60 p. 100 de la matière sèche de la ration. Chez le chat, ils ne dépassent guère 35 à 40 p. 100, au profit d'une plus large introduction de graisses et de protides.

III. BESOINS AZOTÉS

Les protéines tirent d'abord leur importance de leurs rôles fonctionnels pour la production des enzymes, notamment digestives, des hormones, en particulier des gonadotrophines, des anticorps qui conditionnent la résistance immunitaire. Elles sont également essentielles au maintien des structures de l'organisme (entretien) et davantage encore à leur élaboration lors de la gestation (influençant le développement fœtal), la lactation (déterminant la vitesse du gain de poids postnatal), la croissance pondérale des jeunes ainsi que leur développement osseux et musculaire, et la production de phanères abondants et de bonne qualité. En maîtrisant l'intensité des protéosynthèses (avec le zinc et la vitamine A, surtout), elles contrôlent tout l'anabolisme ; elles retiennent ainsi sur l'ensemble des besoins et par conséquent sur l'appétit.

L'établissement logique du rationnement azoté suppose une évaluation suffisamment précise, d'une part des besoins, d'autre part de l'efficacité des apports qui seront ajustés en conséquence.

A. EVALUATION DES BESOINS

Les besoins azotés quantitatifs, exprimés en protéines brutes (MPb = $N \times 6,25$) ont longtemps servi de seule référence alors que leur signification reste très restreinte dans la mesure où ils ne prennent aucunement en considération la digestibilité des protéines ni leur équilibre en acides aminés indispensables. Fort heureusement, ce dernier se trouve bien étudié à présent.

I. Protéines brutes

Chez le chien, les besoins protéiques bruts sont estimés par le « National Research Council » (1974) à 22 p. 100 de la matière sèche alimentaire, en admettant que les larges variations des exigences azotées en période de croissance ($4,2 \text{ g/kg P.V.}^{0,75}$, soit environ 2 à 3 g/kg P.V. chez le chiot au sevrage), comme chez les femelles en gestation ou en lactation, par rapport à l'entretien ($1,6 \text{ g/kg P.V.}^{0,75}$, soit approximativement $1,25 \text{ g/kg P.V.}$), sont largement compensées par la progression du niveau alimentaire.

Chez le chat, ils seraient voisins de 2 g/kg P.V. chez l'adulte, après avoir fortement décliné, relativement, au cours de la croissance (tableau 23 - Greaves, 1965).

- Il convient donc de respecter d'abord un bon rapport *calories/protéines*, et à ce titre, les besoins spécifiques ne dépasseraient pas 16 p. 100 de l'apport énergétique avec une protéine très bien équilibrée, même chez le chaton (Rogers et Morris, 1979), ou 20 p. 100 avec des protéines usuelles de bonne qualité. De ce fait, les recommandations azotées doivent déjà tenir compte de la concentration calorique de la ration, c'est-à-dire de ses teneurs en eau, cellulose, minéraux, matières grasses. Ainsi, elles se situent pratiquement à l'entretien vers 20 p. 100 de l'apport calorique, soit 20 à 25 p. 100 de protéines brutes dans une ration à 5 p. 100 de lipides, alors que chez les chiots, les chiennes reproductrices et les chats, elles approchent 25 p. 100 de la nourriture énergétique, en prenant une certaine marge de sécurité correspondant à 25 - 30 p. 100 de protéines brutes en moyenne.

- Il importe aussi de juger de la *digestibilité* protéique qui peut varier par exemple entre 95 p. 100 et 70 p. 100, en fonction de l'origine des protéines, notamment animales (myosine ≠ scléroprotéines), de l'utilisation de traitements thermiques trop violents, trop prolongés ou trop répétés (réaction de Maillard), de la présence de facteurs antitrypsiques dans des graines de légu-

Tableaux 24, 25 et 26 - BESOINS AZOTÉS DES CARNIVORES DOMESTIQUES

p. 100 de M.S.	CHIENS		CHATS	
	adultes entretien	jeunes croissance	adultes entretien	jeunes croissance
Protéines totales	22	28	30	—
Inadaptation des enzymes hépatiques aux variations du taux de matières protéiques chez le chat (Rogers et Morris, 1977).				
Pas d'antagonisme vérifié avec l'arginine				
Lysine	—	—	—	—
Milner (1979)	—	> 0,58	—	—
Banta (1976)	—	0,75	—	—
Anderson et al. (1979)	—	—	—	0,80
Milner (1981)	—	0,58	—	—
Arginine	—	—	—	—
Morris et al. (1978)	—	—	—	—
Hee Ha et al. (1978-79)	—	> 0,56	—	—
Anderson et al. (1979)	—	—	—	0,83
Morris et al. (1979)	—	—	—	—
" (1980)	—	—	—	—
Costello et al. (1980)	—	—	—	1,05
Prévention de l'intoxication ammoniacale aiguë/inappétence, vomissements, hyperesthésie, ataxie, dépression, tétanie (acrotique urinaire ?)				
Besoins ? avec niveau azoté (id. pour B6)				
Citulline = variante, Ornithine = inefficace				
Taux nécessaire pour réduire à son minimum l'excrétion urinaire d'acide orotique (0,8 % étant suffisant pour maintenir l'appétit et la croissance).				
AA SOUFRÉS				
Méthionine-cystine				
Teeter et al. (1978)	—	—	—	0,90
Milner (1979)	—	0,76	—	—
Burns et al. (1980)	—	0,40	—	—
Taurine				
Rabin et al. (1973)	—	0	—	—
Hayes (1975)	—	—	—	—
Schmidt et al. (1977)	—	—	—	—
Knopf et al. (1978)	—	—	—	—
Sturman et al. (1978)	—	—	—	—
Teeter et al. (1978)	—	—	—	0,10
Aguirre (1978)	—	—	—	—
Besoins spécifiques chez le chat (car déficience en décarboxylase de l'acide cystéine-sulfonique) pour : — vision/dégénérescence rétinienne — formation des taurocholates biliaires (pas de glycoconjugaison = o glycocholates) ± fonction dans bulbe olfactif. Inadaptation des régimes végétariens (= pour chiens). (+ besoin en graisses animales).				
Thréonine	—	≥ 0,41	—	0,80
≥ 0,7 p. 100 pour prévention de troubles neurologiques (Titchener et al. 1980) et de boiteries avec membres antérieurs torsés				
Tryptophane	—	≥ 0,0875	—	0,15
Besoins ? avec apports de lysine, bonne utilisation de la forme D (Triebwasser et al. 1976)				
Histidine	—	≥ 0,122	—	0,30
Leucine	—	≥ 0,55	—	1,20
Isoleucine	—	≥ 0,41	—	0,30
Valine	—	≥ 0,42	—	0,60
Phénylalanine (avec tyrosine)	—	≥ 0,93	—	1,00
Confirme résultat de Hardy et al. 1977.				
≥ 0,5 p. 100 phénylalanine				
≥ 0,5 p. 100 tyrosine				
Anderson et al. (1979a et 1980b)				
R. W.				

mineuses insuffisamment cuites, de l'effet négatif de certains glucides tels que amidon cru, lactose, pentosanes ou β glucanes qui augmentent les pertes fécales endogènes d'azote. Remarquons, par exemple, que le soja brut peut cumuler les handicaps de la présence de ces β glucanes et d'antitrypsines, en plus d'une moindre aptitude de ses protéines à être hydrolysées par la trypsine (mieux adaptée à la séquence en acides aminés des sources animales).

• Il est essentiel encore de prévoir le *rendement métabolique*, ou *valeur biologique*, qui dépend de l'équilibre des acides aminés indispensables résorbés, et qui est également susceptible de s'abaisser de 80 p. 100 environ à près de 50 p. 100, de nouveau selon l'origine des protéines (médiocre valeur des tendons, aponévroses...), de la réaction de Maillard, tandis qu'elle peut être réhaussée par une judicieuse association de protéines complémentaires (effet de supplémentation).

Au total, le coefficient d'utilisation pratique de l'azote ($CUP_N = CUD \times VB$) peut couramment passer du simple au double, en fonction du choix des matières premières, de la formule, et de la technologie appliquée, de telle sorte que le taux protéique brut d'un aliment prévient mal de son efficacité, et qu'il est nécessaire de définir des besoins en acides aminés indispensables, à fournir sous forme disponible.

2. Acides aminés indispensables

Les carnivores requièrent les dix acides aminés indispensables classiques, à l'exclusion du glycoaccolle qui joue pourtant un rôle particulier dans les processus de détoxication.

Comme le montrent les tableaux 24-25-26, la nature et le niveau de ces besoins ont été récemment bien précisés, notamment grâce aux travaux de Banta (1976), Milner (1979), Morris et al. (1978-1979), Hee Ha et al. (1978), Teeter et al. (1978), Anderson et al. (1979, 1980a, 1980b) ainsi que Costello et al. (1980). Il en ressort des exigences particulières en arginine chez les chiens comme chez les chats, et en taurine chez ces derniers.

a) L'arginine, en tant qu'acide aminé indispensable, est spécialement utile à la croissance et à la production pilaire. Surtout, elle joue un rôle essentiel, immédiat et irremplaçable, dans le cycle de Krebs de l'urée (schéma 14), particulièrement chez le chiot et les chats, jeunes ou même adultes. Ainsi, elle conditionne totalement la détoxication de l'ammoniac résultant du catabolisme azoté, exogène (principalement dans le gros intestin) et endogène, que les apports protéiques soient excessifs, difficilement assimilables (« mal digestibles »), ou de mauvaise valeur biologique. A cet égard, l'ornithine apparaît totalement inefficace et la citrulline n'a qu'une action vicariante partielle (Morris et al., 1979) ; par contre, la lysine semble peu antagoniste de l'arginine chez les carnivores (Anderson et al., 1979), alors qu'elle l'est nettement

8. Vitamines Bc (acides foliques) et B₁₂ (cyanocobalamine)

Les acides foliques et la cyanocobalamine sont fournisseurs de groupements méthyle dont le rôle s'étend à la synthèse des hèmes constitutifs de l'hémoglobine, et à celle des acides ribonucléiques. Ce sont donc des facteurs anti-anémiques et stimulants de la croissance. A ce propos, il a été démontré que les teneurs sanguines en folates, chez les chatons à la mamelle, sont assez étroitement dépendantes de la richesse de la ration maternelle en ces vitamines (Amyes et coll., 1971). La carence expérimentale en vitamine B₁₂ arrête la croissance des chatons et exagère l'excrétion urinaire d'acide méthylmalonique, mais pas celle d'acide formiminoglutamique (Kesling et Morris, 1975). Toutefois, la vitamine B₁₂ étant abondante dans les produits d'origine animale, le déficit pratique est peu plausible normalement chez les carnivores, à moins de surchauffer les aliments. La supplémentation est pratiquée à l'occasion d'anémie, notamment par ankylostomose, ou en vue d'améliorer les performances sportives.

9. Vitamine C (acide ascorbique)

L'acide ascorbique active l'absorption du fer, l'élaboration du collagène et participe ainsi à la régénération de la peau après blessures ou brûlures, et à la croissance du cartilage ou de l'os. Mais, comme cela a de nouveau été vérifié par Sheffy et al. (1978), la vitamine C, dans les conditions normales, n'est pas indispensable chez les carnivores.

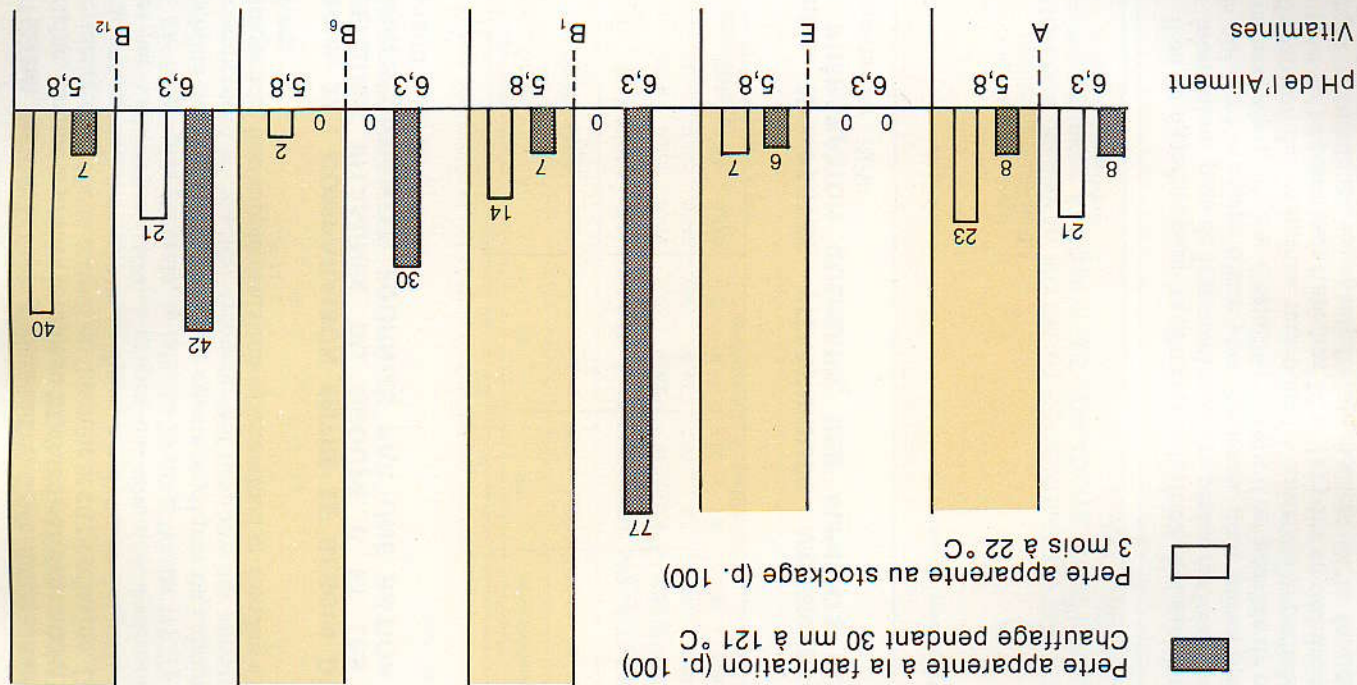
Toutefois, un déficit, plus ou moins secondaire, est mis en cause à propos du *scorbut infantile* du chiot (Bruyère, 1972) et parfois même de la dysplasie de la hanche (Belfield, 1976), de telle sorte que la supplémentation diététique en vitamine est parfois préconisée chez les chiots de race grande (Väänänen et Wikman, 1979).

En fait, pour Bennet (1976), le *scorbut infantile* et l'*ostéodystrophie hypertrophique* ne constitueraient qu'une seule et même entité pathologique, dont l'étiologie reste d'ailleurs très discutée : suralimentation globale, excès associés de calcium-phosphore vitamine D ou carence secondaire en vitamine C chez les chiots à croissance très rapide (cf. p. 151).

C. INFLUENCE DES TRAITEMENTS TECHNOLOGIQUES

Trop souvent, le « consommateur », dans le cas présent le propriétaire de carnivores domestiques, attribue aux matières premières distribuées en nature des propriétés vitaminiques supérieures, alors qu'il tend à suspecter les aliments préparés, en particulier les conserves, d'avoir perdu l'essentiel de leurs vitamines.

Schéma 16 - PERTES VITAMINIQUES DURANT LA FABRICATION ET LE STOCKAGE D'UN ALIMENT APPERTISÉ POUR CHIEN (CHEMILLIER, 1980).



En fait, les rations ménagères ne sont pas systématiquement pourvues dès l'origine, comme le prouve le tableau 27, établi par Ferrando (1973) et mettant en évidence des déficits surtout en thiamine et en riboflavine. De plus, les préparations culinaires courantes suffisent à provoquer des pertes notables, évaluées par Leibetseder (1979) à propos des vitamines hydrosolubles (tableau 28). De façon plus générale, le tableau 29 dû à Watier (1977) traduit bien la sensibilité des vitamines aux divers agents physiques ou chimiques, et permet de comprendre le caractère fréquemment aléatoire des apports naturels. En conséquence, une supplémentation systématique et étendue s'impose le plus souvent.

Tableau 27 : COMPARAISON ENTRE LE BESOIN DU CHIEN EN QUELQUES VITAMINES DU GROUPE B ET LES QUANTITÉS CORRESPONDANTES FOURNIES PAR UNE RATION MÉNAGÈRE (Ferrando, 1973)

Les valeurs des besoins et des apports sont exprimées en mg

Poids du chien (kg)	Consommation de viande (g)	B1		B2		PP		Acide pantothenique		B6	
		besoin	apport	besoin	apport	besoin	apport	besoin	apport	besoin	apport
3 kg	90 g	0,045	0,018	0,12	0,045	0,75	1,8	0,15	0,45	0,06	0,07
5 kg	125 g	0,075	0,025	0,20	0,062	1,00	2,5	0,25	0,62	0,10	0,10
10 kg	210 g	0,150	0,042	0,40	0,10	2,00	4,2	0,50	1,05	0,20	0,16
20 kg	350 g	0,300	0,070	0,80	0,17	4,00	7,0	1,00	1,75	0,40	0,28

Tableau 28 : PERTES VITAMINIQUES MOYENNES LORS DE LA PRÉPARATION CULINAIRE DES ALIMENTS POUR CHIENS (Leibetseder, 1979)

Vitamines		Pertes moyennes (en p. 100)
Thiamine (vitamine B1)	.....	30
Riboflavine (vitamine B2)	.....	15
Acide nicotinique	.....	20
Acide folique	.....	40 - 50
Acide pantothenique	.....	35

Il en est de même pour les aliments industriels, qui subissent, au cours de leur fabrication, puis de leur stockage, des pertes parfois plus importantes, mais qui ont l'avantage d'être plus régulières, donc mieux prévues et mieux prévenues. Ainsi, d'après Chemillier (1980), il est possible de préciser le taux de disparition des vitamines, tant pour les conserves appertisées (schéma 16) que pour les aliments secs (tableaux 30 et 31) pour en déduire ensuite les dosages vitaminiques recommandés au moment de la fabrication, afin de garantir une excellente couverture des besoins (tableau 32).

Tableau 29 : SENSIBILITÉ DES VITAMINES AUX DIVERS AGENTS FAVORISANT LEUR DESTRUCTION (Watier, 1977)

	Lumière	Oxydants	Réduc.	Chaleur	Humidité	Acides	Bases
Vitamine A	++	++	±	++	±	++	±
Vitamine D	++	++	±	++	±	++	++
Vitamine E	++	++	±	++	±	±	++
Vitamine K	++	++	±	±	±	++	++
Vitamine B1	++	±	±	++	++	±	++
Vitamine B2	++	±	++	±	±	±	++
Vitamine B6	++	±	±	±	±	++	++
Vitamine B12	++	±	++	±	++	++	++
Vitamine C	±	++	±	++	++	++	++
Vitamine PP	±	±	++	±	±	±	±
Acide pantothenique	±	±	±	++	++	++	++
Acide folique	++	++	++	±	±	++	++
Biotine	±	±	±	±	±	++	++

Tableau 30 - PERTES EN VITAMINE A DANS UN ALIMENT SEC POUR CHIEN (d'après Chemillier, 1980)

Aliment	pendant la fabrication	au cours d'un stockage de 2 mois à 37°C
Farine	—	8 p. 100
Granulés	—	8 p. 100
Biscuits	—	16 p. 100
Extrudé	13 à 29 p. 100	

Tableau 31 - PERTES VITAMINIQUES DANS UN ALIMENT SEC POUR CHIEN, AU COURS D'UN STOCKAGE DE 12 MOIS À TEMPÉRATURE AMBIANTE (Chemillier, 1980).

Vitamines	Pertes (p. 100)
Vitamine A	15 à 30
Vitamine E	8 à 12
Acide pantothenique	15 à 20
Autres vitamines	< 5

**Tableau 32 - SURDOSAGES VITAMINIQUES RECOMMANDÉS
DANS LES ALIMENTS POUR CHIENS** (Chemillier, 1980)

Vitamines	Surdosages recommandés (p. 100 de la teneur garantie)		
	Conserves (humides) Semi-humides Extrudés	Granulés	Farine
Vitamine A	130	120	110
Vitamine D ₃	130	120	110
Vitamine E	110	105	100
Vitamine B ₁	250	120	110
Vitamine B ₂	105	105	100
Vitamine B ₆	110	105	105
Vitamine B ₁₂	130	105	105
Acide pantothénique	105	105	100
Acide nicotinique	105	105	100
Acide folique	150	120	110
Choline	105	105	100
Biotine	105	105	100

Bibliographie

Les références signalées dans le texte de ce chapitre mais déjà citées dans le précédent ne sont pas répétées. Le lecteur est prié de bien vouloir s'y reporter.

42. National Research Council (N.R.C.), 1974. Nutrient requirements of domestic animals n° 8. Nutrient requirements of dogs. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
43. National Research Council (N.R.C.), 1978 - Nutrient requirements of domestic animals. n° 13. Nutrient requirements of cats. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- A. Besoins hydriques**
44. ARDISON (J.C.), DOLISI (C.), CAMOUS (J.P.) et OZON (P.), 1975 - Incidences des modalités d'alimentation sur la prise d'eau chez le chien. J. Physiol. Paris, **70**, 139-148.
45. BURGER (I.H.), ANDERSON (R.S.) and HOLME (D.W.), 1979 - Einfluß verschiedener Ernährungsfaktoren auf die Wasserbilanz bei Hund und Katze. in Ernährung von Hund und Katze. H. MEYER Ed., Archiv für tierärztliche Fortbildung, **5**, 127-139.
46. ENGLISH (P.B.) and FILIPICH (L.J.) - Measurement of daily water intake in the dog. J. small Anim. Pract., **21** 189-193.
47. HARDY (R.M.) and OSBORNE (C.A.), 1979 - Water deprivation test in the dog: maximal normal values. J.A.V.M.A., **174** (5), 479-483.
48. SEEFELD (S.L.) and CHAPMAN (T.E.), 1979 - Body Water content and turnover in cats fed dry and canned rations. Am. J. Vet. Res., **40** (2), 183-185.
49. SOYEUX (Y.), 1980 - L'eau et les minéraux dans l'alimentation du chien. Cycle approfondi d'alimentation animale, 17.10.1980. L'alimentation du chien, 73-96, INA-PG, Paris.
50. THRALL (B.E.) and MILLER (L.G.), 1976 - Water turnover in cats fed dry rations. Feline Practice, **6** (1), 10-17.
51. VAN LIMBORG (C.L.) and VAN DER WIND (J.J.), 1972 - Some preliminary investigations concerning water-intake in dogs. Tijdschr. Diergeneesk., **97** (19), 1217-1221.

B. Besoins énergétiques

1. Evaluation des besoins

52. CLARKE (H.E.), COATES (M.E.), EVA (J.K.), FORD (D.J.), MILNER (C.K.), O'DONOGHUE (P.N.), SCOTT (P.P.), WARD (R.J.), 1977 - Dietary standards for laboratory animals : report of the Laboratory Animals Centre Diets Advising Committee. Laboratory Animals, **11** (1), 1-28.
53. KRONFELD (D.S.) - Canine and feline nutrition. Mod. Vet. Pract., 1976, p. 23-24, 95-98, 176-180.
54. LEIBTSEDER (J.), 1979 - L'alimentation du chien. Documentation Roche n° 1450, F. Hoffmann La Roche et Cie.
55. MASON (E.), 1970 - Obesity in pet dogs. Vet. Rec., **86**, 612-616.
56. McNAMARA (J.H.), 1971 - Weight loss in the military working dog in Current Veterinary Therapy IV, 64-64 (R.W. Kirk, ed.) W.B. Saunders Co., Philadelphia, Pa.
57. SCOTT (P.P.), 1978 - Nutritional implications in the feeding of pets. Vet. Rec., **102** (25), 540-543.
58. Van LIMBORG (C.L.), 1978 - To what extent do dogs, cats and farm animals compete with man in food consumption? Tijdschr. Diergeneesk., **103** (5), 273-278.
59. WOLTER (R.), 1980 - Le rationnement énergétique du chien. Cycle approfondi d'alimentation animale, 17.10.1980. L'alimentation du chien, 9-26, INA-PG, Paris.

2. Efficacité des sources énergétiques

a) Apports lipidiques

60. COX (R.H.) and DETWEILER (D.K.), 1979 - Arterial wall properties and dietary atherosclerosis in the racing greyhound. Am. J. Physiol., **236** (6), H790-H797.
61. McCULLAGH (K.G.), EHRHART (L.A.), BUTKUS (A.), 1976 - Experimental canine atherosclerosis and its prevention. The dietary induction of severe coronary cerebral, aortic and iliac atherosclerosis and its prevention by safflower oil. Lab. Invest., **34** (4), 394-405.
62. FRANKEL (T.) and RIVERS (J.P.W.), 1978 - The nutritional and metabolic impact of γ linolenic acid (18:3 ω 6) on cats deprived of animal lipid. Br. J. Nutr., **39** (1), 227-231.
63. KIFER (R.E.), 1962 - Nutritional Requirements of cats. Small An. Clin., **2**, 661-663.
64. LEBENGARC (J.Z.), 1969 - Aliments pour jeunes visons avec différentes proportions de matières protéiques, matières grasses et glucides. Krolik. Zver., **5**, 13-15.
65. LEWIS (L.D.), BOULAY (B.S.), CHOW (F.H.C.), 1979 - Fat excretion and assimilation by the cat. Feline Practice, **9** (1), 46-49.
66. MERRIT (A.M.), BURROWS (C.F.), COWGILL (L.) and STREETT (W.), 1979 - Fecal fat and trypsin in dogs fed a meat-base or cereal-base diet. J.A.V.M.A., **174** (1), 59-61.
67. MEYER (H.), DAXL (K.), THOMEE (A.), 1979 - Weight gain and body composition of growing dogs given rations rich in fat or carbohydrate of the same energy value. Disch. Tierärz. Wschr., **86** (6), 215-220.
68. NOLEN (G.A.), 1973 - A feeding study of a used, partially hydrogenated soybean oil, frying fat in dogs. J. Nutr., **103** (9), 1248-1255.
69. RIIS (R.C.), SHEFFY (B.E.), LOEW (E.) and KERN (T.J.), 1981 - Vitamin E deficiency reitopathy in dogs. Am. J. Vet. Res., **42** (1), 74-86.
70. RIVERS (J.P.W.), SINCLAIR (A.J.), MOORE (D.P.), CRAWFORD (M.A.), 1976 - The abnormal metabolism of essential fatty acids in the cat. Proc. Nutr. Soc., **35** (2), 66 A.
71. RIVERS (J.P.W.), HASSAM (A.G.), ALDERSON (C.), 1976 - The absence of Δ 6 desaturase activity in the cat. Proc. Nutr. Soc., **35** (2), 67 A.
72. ROMSOS (D.R.), HORNSHUH (M.J.), LEVEILLE (G.A.), 1978 - Influence of dietary fat and carbohydrate on food intake, body weight and body fat adult dogs. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **157** (2), 278-281.

Tableau 33 : COMPOSITION DES PRINCIPAUX ALIMENTS DU CHIEN
(valeurs rassemblées par Wolter, 1978)

	par kg	M.S. (g)	Energie kcal E.M.	MPb (g)	M.G. (g)	Ca (g)	P (g)
	(maigre)	280	1460	205	60	0,1	1,8
Viande de bœuf	(semi grasse)	360	2200	180	150	0,1	1,8
	(assez grasse)	430	2900	170	240	0,1	1,8
Viande de cheval		240	1220	210	30	0,3	4,2
Foie		260	1360	173	42	0,1	3,2
Pâté		250	1200	180	40	0,1	2,6
Tripes		215	990	190	20	0,1	1,3
Farine de sang		920	3450	822	16	6,5	4,8
Farine de viande (intégrale)		920	3800	730	129	10	12
Farine de viande (osseuse)		920	2680	510	105	107	53
Poisson frais (harengs)		270	1360	190	85	0,2	2,2
Farine de poisson (harengs)		920	3350	705	73	30	21
Lait entier frais		130	650	33	40	13	11
Lait écrémé sec		940	3600	360	10	13	10
Levures sèches (Torula)		920	3600	505	12	5,5	18,6
Oeufs		260	1590	128	116	0,5	2,1
Tourteau de soja (cuit)		920	3200	495	8	2,7	6,5
Tourteau de tournesol (décortiqué)		920	2800	390	20	4,3	11,5
Haricots verts		110	350	23	2	0,4	0,3
Carottes		125	400	12	2	0,5	0,4
Salade (scarole)		250	150	13	2	0,2	0,2
Poireaux		100	240	18	4	1,2	0,3
Pain rassis		700	2860	84	6	0,2	0,8
Pain séché		950	3880	110	8	0,3	1
Riz blanc		880	3630	63	4	0,2	1
Frites		880	3560	75	6	0,5	1,5
Flocons de maïs		950	3600	80	7	0,1	0,5
Flocons d'avoine		900	3850	130	75	0,5	3,6
Germe de blé		880	3890	252	107	0,8	11,1
Pâtes alimentaires sèches		890	3600	130	14	0,2	1,4
Pâtes alimentaires cuites		170	700	25	2	0,04	0,25
Pommes de terre fraîches		260	850	21	1	0,1	0,5
Pommes de terre cuites		230	690	21	1	0,1	0,5
Farine de manioc		944	3500	28	5	0,3	0,5
Lard		990	9000	4	985	0	0
Huile de tournesol		1000	8840	0	0	0	0
Sucre		995	3870	0	0	0	0
Farine d'os déglutinés		960	0	4	3	231	110
Phosphate bicalcique		960	0	0	0	231	186
Carbonate de calcium		1000	0	0	0	380	0

CHAPITRE III

COUVERTURE DES BESOINS

La satisfaction des besoins nutritifs est assurée par la distribution de rations bien conçues, préparées et distribuées, en tenant compte de particularités physiologiques des carnivores, des variations des exigences en fonction de l'âge et de la production, ainsi que des spécificités du comportement alimentaire.

I. RATIONS PRATIQUES

Connaissant, d'une part les besoins tant qualitatifs que quantitatifs et, d'autre part, la composition des matières premières qui peuvent servir à la confection des régimes (tableau 33 - Wolter, 1978), il est aisé de concevoir des rations équilibrées, qui seront distribuées en quantités appropriées aux besoins énergétiques. Compte tenu de l'imprécision qui subsiste au sujet de l'évaluation de ces derniers, en raison des multiples fluctuations liées à l'activité, au mode de vie, aux conditions climatiques, à l'intensité du travail, etc... s'ajoutant à celles qui résultent des variations individuelles des rendements digestif et métabolique, il reste bien entendu indispensable de ne considérer les tables de référence que comme des guides moyens et approximatifs, qu'il convient d'interpréter en fonction de l'évolution du poids vif des sujets considérés.

La réalisation pratique de cette alimentation rationnelle laisse le choix entre deux modalités : soit la constitution de rations ménagères, soit le recours aux aliments préparés du commerce.

A. LES RATIONS MÉNAGÈRES

Elles peuvent très bien répondre aux impératifs d'une alimentation rationnelle, équilibrée et de valeur énergétique contrôlée.

I. Produits carnés

Parmi les matières premières, une place de choix est, en général, réservée à la viande. Celle-ci est choisie maigre de préférence, surtout pour des sujets à l'entretien, afin de ne pas exagérer les apports énergétiques, ni surtout la four-

niture d'acides gras saturés, en trop forte proportion dans les suifs. A ce propos, la viande de cheval a l'avantage d'être plus maigre tout en renfermant un meilleur équilibre des acides gras insaturés par rapport aux acides gras saturés (*).

Par ailleurs, les régimes riches en viande renforceraient l'immunité cellulaire chez le chien (Resnick, 1977).

Bien entendu, il faut exiger une viande rouge, sans excès de tendons ou d'aponévroses, puisque le collagène est très peu digestible à l'état cru, et très peu anabolisé, s'il est rendu digestible par une cuisson suffisante, à cause de son fort déséquilibre en acides aminés indispensables ; à plus forte raison, il importe de rejeter les résidus de parage des viandes, à peu près exclusivement constitués de collagène ou d'élastine et de suif, en se souvenant que des rats ne recevant que du collagène comme source protéique perdent du poids et meurent plus rapidement qu'avec un régime totalement protéoprive (Ferrando et Henry, 1966).

Il n'est pas pour autant nécessaire d'acheter des viandes de première catégorie et les morceaux à bouillir (tels que « bourguignon » ou « joue de bœuf ») conviennent très bien. Il est souhaitable de distribuer cette viande à l'état cru ou, au plus, grillée ou poêlée, afin de ne pas affecter la digestibilité des protéines ni leur valeur biologique (Dworschak, 1970) (de ce fait subsiste le risque de transmission parasitaire, surtout avec la viande de porc), et sous forme de petits morceaux plutôt que de hachis.

Les abats rouges (cœur, rognons, rate, gésiers) sont aussi excellents ; les tripailles invitent à la prudence car elles se conservent très mal et peuvent être vectrices de parasitisme, notamment celles de lapin. Les poumons, riches en tissu élastique, constituent des aliments protéiques plus médiocres. Au contraire, le poisson est riche en protéines de haute qualité. En raison de la grande labilité de celles-ci, il est nécessaire de n'utiliser que des produits très frais ou congelés précocement ; la cuisson a l'intérêt de stabiliser ces protéines, de détruire les thiaminases éventuelles, et d'améliorer l'appétibilité. L'élimination des têtes et des arêtes est judicieuse pour éviter les accidents traumatiques (notamment les piqûres dans la bouche et dans la gorge), au moins quand il s'agit de gros poissons et de petits carnivores.

2. Sources amyliacées

Les sources amyliacées fournissent l'énergie à bon compte. Leur proportion dans le régime est en balance avec les légumes verts ; ainsi, elle augmente lors de fortes dépenses physiques et régresse au contraire chez les inactifs. L'amidon doit obligatoirement être bien cuit pour être parfaitement digéré par les carnivores. Il est donc indispensable que la cuisson ménagère soit suffi-

samment prolongée. C'est aussi ce qui peut justifier la préférence pour le riz au détriment des pommes de terre dont l'amidon requiert une cuisson plus poussée. Au besoin, on fait appel à des flocons de céréales ou de pommes de terre, préparés industriellement.

Une prévention subsiste à l'égard du pain, en partie due à une cuisson incomplète mais aussi en raison des risques de sensibilisation allergique au gluten, également à craindre avec les pâtes alimentaires. Pourtant on emploie volontiers les sous-produits de boulangerie-pâtisserie, comme les biscuits, biscottes, sinon le pain rassis (plus facilement digéré que le pain frais).

Par ailleurs, bien qu'il s'agisse d'aliments très appétents, particulièrement chez les sujets conditionnés, il est préférable de limiter au maximum l'emploi du sucre et produits similaires, fournisseurs de « calories vides » et conduisant à une résorption rapide. Celle-ci entraîne une plus vive hyperglycémie post-prandiale, à l'origine d'une hypersecretion d'insuline, qui stimule la lipogénèse et hâte le retour de l'appétit, renforçant ainsi doublement la prédisposition à l'obésité, tout en favorisant l'installation d'un état diabétique. Notons, par ailleurs, que le sorbose, dès le taux de 2,5 à 5 p. 100 dans l'aliment, déclenche une anémie hémolytique chez le chien (Keller et Kisler, 1978). En outre, remarquons que l'abus de chocolat est susceptible de provoquer une intoxication aiguë par la théobromine chez des carnivores trop gourmands.

3. Légumes verts

Les légumes verts tels que haricots, salades... et y compris les carottes, sont principalement des diluants celluloseux, utiles pour réduire la concentration énergétique tout en facilitant le transit digestif, spécialement chez les carnivores sédentaires ou séniles. Leur faible appétibilité nécessite souvent quelque artifice de présentation, au moins au début.

Les oignons cuits, comme les poireaux, ont le mérite de parfumer les aliments mais on leur reproche de susciter l'émission de flatulences désagréables. Surtout, ces oignons contiennent, même à l'état déshydraté, un principe hémolytique du type N propyl disulfure donc comparable à celui qui a été identifié dans les choux ; de ce fait, il suffit de 0,5 p. 100 de bulbe par rapport au poids vif pour déclencher une anémie hémolytique et une hémoglobinurie chez un chien (Spice, 1976), ou de 25 g/kg P.V. pendant 3 jours pour intoxiquer pareillement un chat (Kobayashi, 1981).

En admettant aussi de ranger dans cette catégorie les champignons, signalons à titre anecdotique que *Gyromitra esculenta* (Gyromitre ou fausse morille) peut être responsable de dégénérescence hépatique et de tubulonéphrite chez le chien (Bernard, 1979).

4. Compléments d'équilibre

A ces aliments de base, il faut ajouter des compléments d'équilibre, riches en acides gras essentiels, en minéraux et en vitamines.

(*) Notons au passage que, sur le marché américain, cette viande de cheval était traditionnellement réservée aux carnivores, mais que ceux-ci souffrent depuis peu de la concurrence des exportations au profit du consommateur humain français.

Apports nutritifs	Composition des matières premières				la ration			
	MS (g)	Ca (g)	MG (g)	P (g)	MS (g)	Energie (kcal EM)	MPB (g)	Ca (g)
Viande de bœuf (bourguignon - jõe)	240	1500	200	70	0,1	1,8	96	600
	28	0,04	0,72					
Semoule de riz : — avant cuisson (sèche) — après cuisson	880	3600	75	4	0,24	1,35	264	1080
	290	1200	25	1	0,08		22,5	1,2
ou flocons de céréales	920	3400	60	21	0,4	3,0		
Légumes : Haricots ou carottes	130	300	23	2	0,4	0,3	31	72
	125	350	12	2	0,5	0,4	5,5	0,5
Huile de maïs ou de tournesol	980	9000			20		180	20
Levure sèche (Torula)	950	3500	450	12	5,7	16,8	19	72
							9	0,2
Composé minéral vitaminé (CMV)	970				220		0	4,4
								2,2
Total des apports (pour 1000 g de ration)	1000	450	2000	117	50	4,7	3,6	
Composition de la ration (par kg de MS)			4444	260	110	10,4	8,0	
Equilibre de la ration								Ca/P = 1,3

a) **L'huile de table, ordinaire**, ou mieux de maïs ou de tournesol, est une excellente source d'acides gras essentiels dont on sait toute l'importance dans la prévention de la stéatose hépatique et des troubles cutanés et qui, pourtant, font fréquemment défaut dans les régimes courants. Il faut rappeler, à ce propos, que les besoins sont estimés à 1 p. 100 d'acide linoléique dans la matière sèche, alors que le suif n'en contient que 2 p. 100 et le saindoux environ 18 p. 100 ; donc, si le lard frais est déjà un palliatif intéressant, les huiles végétales lui sont bien supérieures, surtout celles de maïs et de tournesol (cf. tableau 21 p. 53), et il suffit d'en prévoir la distribution journalière d'environ une cuillerée : à café, à dessert ou à potage, selon le format du sujet.

b) **La levure sèche**, aux mêmes quantités, assure un large apport de vitamines du complexe B qui ne peut nuire à la santé, quoique non indispensable en complément de produits frais habituellement bien pourvus. Mais il est aussi facile de se mettre à l'abri de toute carence par l'adjonction de vitamines B de synthèse dans le composé minéral vitaminé.

c) **Le composé minéral vitaminé** doit combler les déficits substantiels, surtout en calcium, dont la viande et les céréales sont spécialement démunies, en sel et en vitamines liposolubles qui font également défaut le plus souvent, tout en apportant toute garantie nécessaire quant à la couverture des besoins en oligo-éléments et en vitamines du complexe B.

Tableau 35 - QUANTITÉS JOURNALIÈRES DU MÉLANGE PRÉCÉDENT (tableau 34) A DISTRIBUER À DES CHIENS À L'ENTRETIEN (Volter, 1978).

ANIMAL	Poids vif (kg)	Besoins (kcal E.M./j.)	Quantités (g/Al/j.)
Fox terrier	7,5	620	310
Cocker	12,5	900	450
Epagneul breton	15	1030	515
Caniche (grand)	22	1330	665
Dalmatien	25	1450	725
Braque	28	1560	780
Berger allemand	34	1800	900
Saint-Bernard	70	3150	1575

déjà noté, si ce mode de rationnement a l'avantage de permettre un transfert affectif du maître vers son animal, il entraîne, en contrepartie, une notable consommation de temps, une contrainte journalière pour l'approvisionnement et la préparation, en même temps que la nécessité d'une bonne compétence technique et d'une grande vigilance. Au total, il apparaît généralement astreignant, aléatoire, imprécis et finalement dispendieux. Dès lors, on conçoit l'intérêt des aliments préparés.

B. LES ALIMENTS PRÉPARÉS

Ils offrent la possibilité d'un rationnement plus sûr, plus précis et plus régulier, plus simple et plus pratique, souvent plus économique. Encore faut-il qu'ils bénéficient d'une excellente technique s'appuyant d'abord sur un bon choix des matières premières, puis sur une formulation rigoureuse, enfin sur une technologie élaborée.

I. Différentes catégories

Selon leur humidité qui conditionne leur mode de conservation et leur présentation, on distingue trois grands groupes d'aliments préparés :

a) Les aliments humides

Les aliments humides, complets ou complémentaires, sous forme de conserves appertisées ou de semi-conserves sous enveloppes de plastique ou autres, se distinguent par leur richesse en eau (70 à 80 p. 100 en moyenne) et par l'emploi de sous-produits animaux non déshydratés. Ils font largement appel aux sous-produits d'abattoirs, valorisant la partie du 5^e quartier, à la fois alibile et non consommée par l'homme, ainsi qu'aux dérivés de la pêche écartés de la commercialisation. Ils comportent ainsi des protéines animales de valeur biologique très inégale mais susceptibles d'être associées judicieusement pour tirer parti de l'effet de supplémentation.

Les muscles, abats rouges et poissons sont les meilleures sources azotées ; la mamelle comme le poulmon, se distinguent par leur teneur en élastine, alors que les cretons contiennent surtout du collagène ; les panses avec leur contenu et les boyaux des diverses espèces sont des matières premières intéressantes à condition d'être stabilisées ou stérilisées précocement ; les issues d'abattoirs de volailles qui regroupent résidus d'effilage, têtes, cous, pattes et parfois carcasses, sinon les plumes, ont des qualités nutritionnelles très différentes en fonction des proportions de ces divers constituants qui gagneraient à être séparés, notamment pour éviter les excès de kératines ou de substance osseuse.

En plus, éventuellement, des levures et des tourteaux, la formule contient aussi des céréales et un composé minéral vitaminé. Elle aboutit souvent à des taux relativement élevés de protéines (10-12 p. 100 par rapport au produit tel quel) et de matières grasses (3 à 8 p. 100).

La cuisson en milieu humide puis l'appertisation conduite selon les méthodes classiques de la conserverie apportent la garantie d'une « gélatinisation » suffisante des céréales, sans altération de la qualité des protéines (réaction de Maillard) et assurent une bonne stérilisation.

La valeur du produit final, très bien stabilisé, dépend donc avant tout de la nature des matières premières animales qui sont utilisées.

Notons qu'on peut se faire une première idée de la digestibilité par l'estimation du poids des matières fécales, qui devrait rester inférieur au quart de la ration consommée.

b) Les aliments semi-humides

Les aliments semi-humides ou demi-secs peuvent doser 30 à 60 p. 100 d'humidité ; présentés sous emballages souples, ils sont riches en produits animaux et parfois en soja. Ils se comportent comme des semi-conserves, en étant stabilisés par divers additifs tels que sucres, acide sorbique, glycérol, ... alors que le propylène glycol mériterait d'être discuté puisqu'on met à présent en doute sa totale innocuité (cf. p. 127).

Au même titre que les conserves, ils ont l'avantage d'une forte appétibilité et d'une bonne digestibilité, mais le prix des éléments nutritifs ainsi apportés reste élevé et leur place sur le marché français est restreinte.

c) Les aliments secs

Les aliments secs renferment moins de 14 p. 100 d'eau, avec 20 à 25 p. 100 de protéines en moyenne (davantage dans les aliments pour chiots et pour chats), et 5 à 8 p. 100 de matières grasses. Ils sont préparés essentiellement à partir de farines d'origine animale, avec des levures, des tourteaux (de soja principalement), des céréales cuites et un composé minéral vitaminé. Leur valeur alimentaire dépend très étroitement de la qualité des farines animales utilisées ou du choix d'autres sources azotées, et de la technologie appliquée.

• *Les farines animales* les plus utilisées sont les farines de viande. Or la valeur biologique de celles-ci est excessivement variable en fonction :

- de la nature des sous-produits d'abattoirs qui peuvent comporter des portions élevées de tendons, d'aponévroses, de cartilage, d'os et peu de muscles, d'où un déséquilibre initial des acides aminés indispensables avec, en particulier, un déficit en lysine et une augmentation du taux d'hydroxyproline, proportionnelle à la teneur en collagène ;
- des traitements thermiques plus ou moins brutaux, mis en œuvre lors de la fabrication de ces farines de viandes, et qui bloquent puis détruisent la lysine (réaction de Maillard).

Au contraire, les farines de poisson sont souvent de meilleures sources de protéines mais leur emploi ne peut être généralisé en raison de leur odeur, inégalement appréciée des maîtres, et également à cause de leur plus grande sensibilité au rancissement.

Les farines de sang et les sous-produits lactés sont plus faiblement employés, soit à cause des disponibilités, du prix, ou de la richesse en lactose, parfois mal toléré par les carnivores sevrés.

Les farines de plumes correctement hydrolysées sont riches en protéines totales et en cystine, mais pauvres en lysine, en méthionine et en histidine. Leur digestibilité azotée, comprise entre 45 et 60 p. 100, est relativement médiocre et invite à limiter leur taux d'utilisation alimentaire à 5 p. 100 pour ne pas abaisser la digestibilité générale ni exagérer le volume fécal, tout en préservant l'appétibilité de la ration (Drochner, 1977).

- *Les autres sources azotées*, susceptibles de se substituer, au moins en partie, aux farines animales plus rares ou de qualité discutable, sont représentées principalement par les levures et les tourteaux.
 - les levures et autres micro-organismes protéosynthétiques, cultivés sur méthanol par exemple, sont d'excellentes matières premières. Leur coût relativement élevé en limite l'emploi, alors qu'à taux supérieur certaines intolérances digestives peuvent survenir.
 - Les tourteaux n'ont souvent qu'une place restreinte puisque les carnivores digèrent plus difficilement leurs protéines et sont très sensibles à leurs facteurs antinutritionnels.

Le soja contient des principes inappétents, liposolubles, qui lui confèrent un goût amer, « de haricot cru ». En outre, il renferme des pentosanes, polymères de raffinose, de stachyose et de verbascose qui stimulent les fermentations gazeuses dans le côlon et même dans l'iléum, provoquant des ballonnements douloureux de l'abdomen et des flatulences (Rackis et al., 1970 ; Wagner et al., 1977). Par ailleurs, il se caractérise, à l'état cru, par sa richesse en antitrypsine qui n'aurait, cependant, qu'un effet transitoire chez les carnivores (Patten et al., 1971). Si la cuisson habituelle détruit assez facilement cette dernière, l'expansion-extrusion est sans doute préférable pour tenter de prévenir l'inappétence et les troubles digestifs. Ainsi, nous avons montré que le soja pouvait être substitué totalement aux farines animales dans des aliments complets secs, sans aucun inconvénient (Wolter et al., 1980). Dans des conditions comparables, Moore et al. (1980) constatent pourtant une très nette augmentation de l'humidité fécale. L'emploi du soja mérite donc encore quelque prudence et la préférence peut être donnée à ses dérivés concentrés en protéines et de ce fait mieux débarrassés des polysaccharides.

Le colza est moins prisé en raison de la présence d'isothiocyanates (ITC) et de vinylthiooxazolidone (VTO) qui lui valent son inappétence et ses propriétés antithyroïdiennes. Toutefois, l'extrusion apparaît de nouveau favorable et permet d'introduire jusqu'à 15 p. 100 de tourteau de colza dans des aliments secs, sans manifestation de problèmes de consommation ni de reproduction (Brown et al., 1976).

D'autres tourteaux sont également utilisables, tels que celui de tournesol, dans la mesure où il est suffisamment bien décortiqué. Au contraire, il faut systématiquement rejeter le tourteau d'arachide à cause de sa fréquence conta-

mination par l'aflatoxine, à laquelle les carnivores domestiques sont très sensibles.

L'appétence plus limitée de ces sources protéiques végétales peut être améliorée par l'adjonction d'arômes, préparés grâce à une réaction de Maillard ménagée, fournis par des hydrolysats et des autolysats de protéines, ou d'origine synthétique.

- Parmi les *céréales*, le riz présenterait une certaine supériorité par rapport au maïs, mais les conditions économiques imposent fréquemment celui-ci et le blé dans les aliments secs. La cuisson nécessaire est obtenue soit par floconnage, soit par expansion, soit par expansion-extrusion.
 - Dans le premier procédé, les céréales, cuites à la vapeur à 130 °C, sont ensuite écrasées entre deux rouleaux chauffés, d'où la présentation en flocons.
 - Dans la seconde méthode, moins courante, les grains passent rapidement (moins d'une minute) dans une enceinte sèche portée à une température de 250-280 °C qui en provoque l'éclatement, d'où le terme d'expansé (« pop » ou « popping » en anglais).
 - Dans la troisième technique d'expansion-extrusion, le mélange amyacé est comprimé dans un puissant tube (« canon ») sous l'influence d'une vis sans fin, et le frottement, avec le plus souvent des injections de vapeur, porte la température à 120-150 °C pendant 20 secondes environ ; à la sortie de la filière qui clôt le tube, la décompression brutale entraîne un gonflement du produit (l'eau surchauffée se vaporisant au sein d'une masse amyacée rendue malléable par la dextrinisation).

Si ce n'est pas seulement la partie céréalière qui subit cette cuisson, mais tout le mélange alimentaire, il faut craindre un nouveau développement de la réaction de Maillard, altérant encore davantage la valeur biologique des farines animales (déjà sensibilisées par le chauffage qui intervient au cours de leur préparation). En outre, les vitamines thermolabiles, telles que la thiamine, subissent des pertes non négligeables qui invitent à renforcer d'autant les suppléments de la formulation. Par contre, il ne semble pas que ces traitements très rapides affectent sensiblement la digestibilité.

Les sous-produits des grains, tels que sons, remoulages, farines basses et drèches de brasserie, sont mieux pourvus en protéines et surtout en glucides membranaires, dont cellulose et hémicelluloses sont peu digestibles chez le chien. Ils sont introduits avec modération dans les aliments composés (Visek et Robertson, 1973) et facilitent le transit digestif.

Au total, les aliments industriels sont très divers, d'abord par leur composition, avec notamment une humidité variant de 10 à 80 p. 100, mais aussi par de larges fluctuations sur les taux de protéines, de matières grasses, de minéraux totaux. De plus, la valeur alimentaire est étroitement dépendante de la qualité des matières premières utilisées et de la bonne conduite de la technique de cuisson. Il convient donc d'essayer d'apprécier objectivement ces produits, pour savoir en conseiller l'usage et orienter le choix des acheteurs.

2. Quelques formules pratiques

A titre d'exemples, nous rapportons quelques formules d'aliments montrant en particulier la tendance à la simplification entre 1953 et 1979 (tableau 37 - Wolter et Amizet, 1980), et la possibilité de substituer le soja aux farines animales dans des aliments secs pour chiens (tableau 38 - Wolter et al., 1980).

Tableau 37 - EXEMPLES DE FORMULES D'ALIMENTS PRÉPARÉS POUR CHIENS (Wolter et Amizet, 1980)

1953

1979

BISCUIT

p. 100

Farine de maïs finement moulue	43
Brisures de blé	20
Déchets de viande	10
Lait en poudre écrémé	10
Farine de soja	5
Farine de pois secs	5
Farine de feuilles de luzerne	2
Farine d'os	2
Sel iodé	1
Levure de bière sèche	1
Huile de poisson	1

ALIMENT SEC

p. 100

Farine de maïs	57
Farine de viande	25
Farine de poisson	5
Tourteau de soja	10
Concentrat minéral et vitaminique	3

RATION DESSECHÉE

p. 100

Farine de maïs et de blé	55,45
Farine de viandes	20
Farine de soja	5
Lait écrémé en poudre	4
Germe de blé	5
Jus de tomate	2,5
Levure de bière sèche	2
Farine de poisson	2
Farine de fromage	2
Farine de feuilles de luzerne	1
Farine d'os	1
Sel	1
Concentré d'huile de foie de morue irradiée	0,05

ALIMENT HUMIDE

p. 100

Issues d'abattoir	50
Céréales	10
Légumes verts	10
Concentrat minéral et vitaminique	3
Eau	q.s

Tableau 38 - COMPARAISON ENTRE DES ALIMENTS DU COMMERCE ET DES ALIMENTS EXPÉRIMENTAUX À TAUX DÉCROISSANTS DE FARINE ANIMALE (Wolter et al., 1980)

	Aliments du commerce				Aliments expérimentaux			
	Lot T1	Lot T2	Lot F1	Lot F2	Lot F3	Lot F4		
COMPOSITION DES ALIMENTS								
• Formules calculées								
Farine de poisson			10,5	7	3,5	0		
Soja 50 (tourteau)			0	0	6,5	13		
Soja (graines entières)			10,5	17	17	17		
Maïs			62	59	56	53		
Avoine			10					
Farine d'os			5,2					
Sel			0,8	17	17	17		
Vitamines			1					
Oligo-éléments								
			100	100	100	100		
+ Méthionine			0,04	0,07	0,08	0,09		
• Résultats pratiques des analyses								
Humidité	13,76	11,26	7,56	11,54	8,05	8,02		
Protéines	25,79	19,51	21,36	20,89	20,71	20,44		
Cellulose	5,74	5,18	5,7	4,9	5,01	6,08		
Amidon	36,66	47,30	39,04	38,89	41,52	42,47		
Cendres	6,61	5,46	6,46	7,40	7,17	7		
Calcium	1,05	1,03	1	1,32	1,32	1,26		
Phosphore	0,96	0,93	0,91	1,01	1	0,96		
Chrome	0,11	0,146	0,14	0,132	0,12	0,13		
Rapport chrome/cendres	0,021	0,026	0,016	0,017	0,016	0,018		
Consommation (g/animal/jour)	850	900	900	800	900	950		
DIGESTIBILITÉ (p. 100)								
CUD (MS)	75,5	75	74,0	72	75	71		
CUD (MP)	79,5	73,5	70,1	68	74	68		