



077THV-2

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Saad Dahleb-Blida

Faculté des sciences Agro-Vétérinaires et Biologiques

Département des Sciences Vétérinaires

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de docteur en médecines vétérinaires

Thème

L'alimentation du poulet de chair et son effet sur les coccidioses

(ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE)

PRESENTE PAR :

KOUAS Kaddour

AKOCHIAH Tarek

PROMOTEUR: D^R BOUDERGHOUA SID AHMED.

MEMBRES DE JURYS :

D ^R BERBER ALI	PRESIDENT	MAITRE DE CONFERENCE	UNIV SAAD DAHLEB-BLIDA
D ^R AIT BELKACEM AMAR	EXAMINATEUR	MAITRE ASSISTANT	UNIV SAAD DAHLEB BLIDA
D ^R ADEL DJALLAL	EXAMINATEUR	MAITRE ASSISTANT	UNIV SAAD DAHLEB-BLIDA

2006/2007

Remerciements

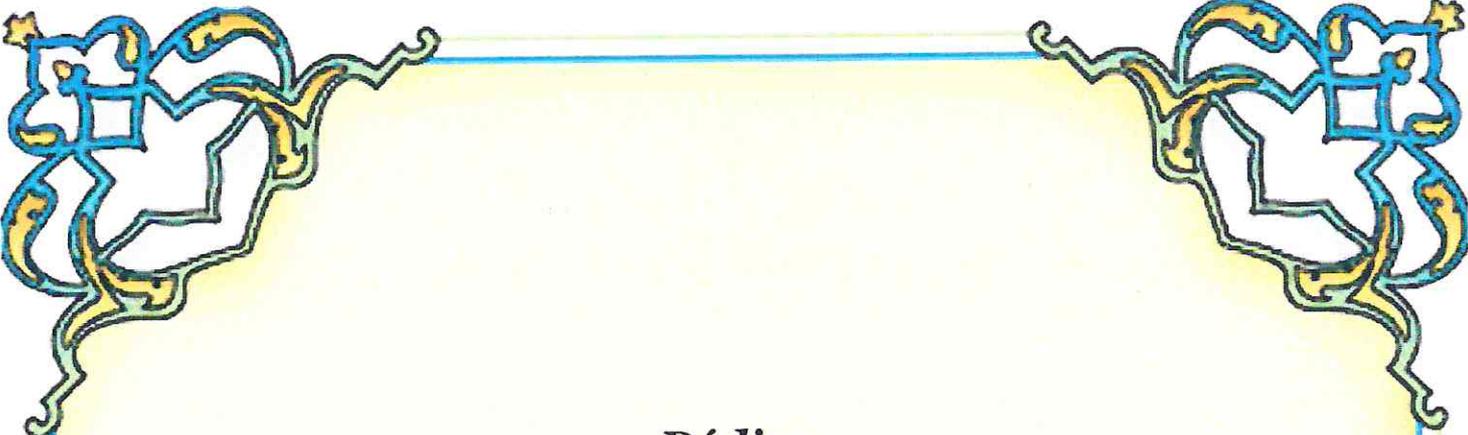
Au premier lieu, nous tenons à louer Dieu qui nous a donné le courage et la volonté pour terminer ce travail.

Nous tenons à remercier vivement tous ceux qui nous ont aidé à élaborer cet ouvrage et en particulier notre promoteur Mr Boudergouma sidahmad pour son aide et ces orientations précieuses.

Nous tenons également à remercier les membres du jury, pour l'honneur qu'ils nous ont accordé en acceptant de juger notre travail.

Nous remercier aussi l'ensemble des enseignants du département de science vétérinaire qui ont contribué à notre formation.

Que tous ceux au celles qui nous ont apportés leur soutien et qui nous ont aidé de loin ou de près pour l'achèvement de ce projet trouvent ici l'expression de notre vive et sincère reconnaissance,



Dédicace :

Je m'incline devant dieu tout puissant qui m'a ouvert la porte du savoir et m'a aidé à la franchir.

Je dédie ce modeste travail :

A ma chère et tendre: ma mère, ma mère, ma mère, source d'affection de courage et d'inspiration qui a autant sacrifié pour me voir atteindre ce jour.

A mon père source de respect, en témoignage de ma profonde reconnaissance pour tout l'effort et le soutien incessant qui m'a toujours apporté.

A mes frères.

A mes sœurs.

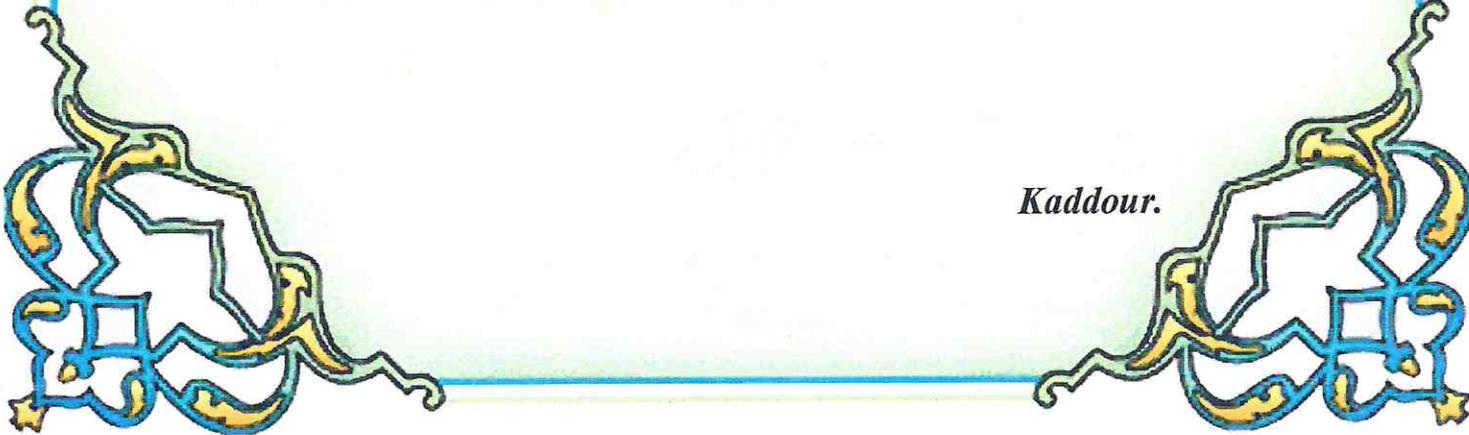
A mon confrère et binôme Tarek.

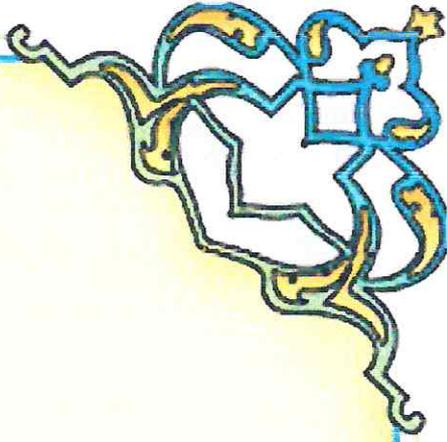
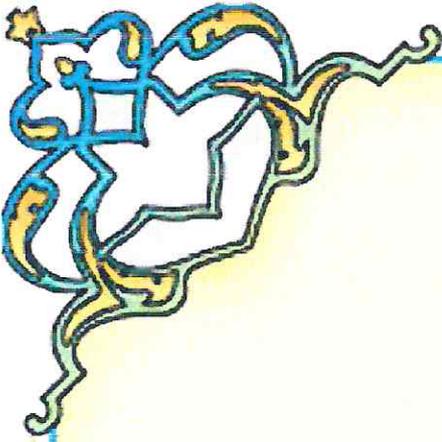
A tout la promotion science vétérinaire 2007.

A tous mes amis du filière médecine vétérinaire et de la cité universitaire Soumaa II.

A tous ceux que je porte dans mon cœur.

Kaddour.





Dédicace :

Je m'incline devant dieu tout puissant qui m'a ouvert la porte du savoir et m'a aidé à la franchir.

Je dédie ce modeste travail :

A ma chère et tendre mère, ma mère la source d'affection de courage et d'inspiration qui a autant sacrifié pour me voir atteindre ce jour.

A mon père source de respect, en témoignage de ma profonde reconnaissance pour tout l'effort et le soutien incessant qui m'a toujours apporté.

A mes frères.

A ma sœurs.

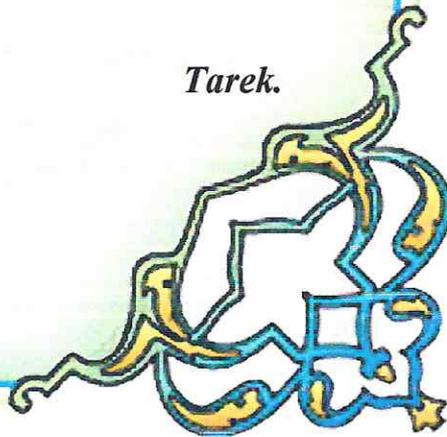
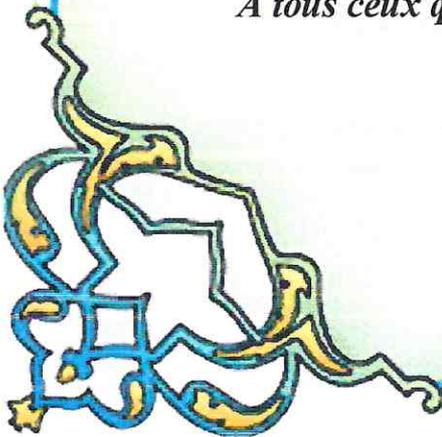
A mon confrère et binôme kaddour

A tout la promotion science vétérinaire 2007,

A tous mes amis du filière médecine vétérinaire et de la cité universitaire Soumaa II.

A tous ceux que je porte dans mon cœur.

Tarek.



SOMMAIRE

Remerciement.....	I
dédicace de kaddour.....	II
dédicace de tarek.....	III
sommaire.....	IV
Liste des tableaux.....	VIII
Liste des figures.....	IX
Liste des abréviations.....	X

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

Chapitre I

I. Rappel anatomique sur l'appareil digestif des volailles.....	3
1. La cavité buccale.....	3
2. L'œsophage.....	3
3. Le jabot.....	3
4. L'estomac.....	3
5. L'intestin.....	4
6. le cloaque.....	4

Chapitre II

II. Les matières premières utilisées dans l'alimentation des volailles.....	6
1. Les céréales.....	6
a) le maïs.....	6
b) L'orge.....	7
c) Le blé.....	7
2. Les sous produits.....	7
3. Les tourteaux.....	8
a. Le tourteau de soja.....	8
b. Le tourteau de tournesol.....	8

c. Les tourteaux de colza.....	8
--------------------------------	---

Chapitre III

III. Les besoins nutritionnels et l'alimentation.....	10
1. présentation de l'aliment.....	10
2. Alimentation énergétique.....	11
2.1. Schéma général.....	11
2.2. Choix du niveau énergétique.....	12
2.3. Les besoins énergétique du poulet de chair.....	13
3. Alimentation azotée du poulet de chair.....	15
3.1. Les acides aminés.....	14
a. Les acides aminés indispensables.....	14
b. Acides aminés semi indispensables.....	15
c. Acides aminés non indispensables ou non essentiels.....	15
3.2. Choix et dosage des protéines.....	15
3.3. Relation protéine – consommation énergétique.....	19
4. alimentation minérale.....	19
4.1. Les macro- éléments	19
4.2. Les oligo- éléments.....	21
5. Alimentation vitaminique.....	21
5.1. Généralités.....	21
5.2. Vitamines liposolubles.....	22
• La vitamine A.....	22
• La vitamine D (ou antirachitique)	22
• La vitamine E (ou -tocophérol).....	22
• La vitamine K (ou antihémorragique).....	22
5.3. Les vitamines hydrosolubles.....	23
• La vitamine B1 (ou thiamine).....	23
• La vitamine B2 (ou riboflavine).....	23
• La vitamine B6 (ou pyridoxine).....	23
• La vitamine PP (ou acide nicotinique) Niacine.....	23
• La vitamine B3 (ou acide pantothénique).....	23
• La vitamine H (ou biotine).....	23

• L'acide folique.....	23
• La choline.....	24
• La vitamines B12 (ou cyanocobalamine).....	24
• La vitamine C (ou acide ascorbique).....	24
6. Les additifs.....	25
6.1. Les antibiotiques.....	25
6.2. Produits pharmaceutiques pour la prévention et le traitement des maladies.....	25
6.3. Antioxydants.....	25
6.4. Graviers.....	26
7. Besoins en eau.....	26
a. Qualité bactériologique.....	26
b. Qualité chimique.....	27
8. Facteurs de variation de l'indice de consommation.....	27
a. L'aliment.....	27
b. L'animal	27
c. La température.....	27
9. L'aliment ONAB.....	27

Chapitre IV

IV. Effet de l'alimentation sur les coccidioses chez le poulet de chair.....	29
I / Composants de l'aliment.....	31
I.1 / Macroconstituants.....	31
A / Les Glucides.....	31
- Les fibres.....	31
- Les polysaccharides non amylacés.....	31
- Différents types de glucides.....	33
B / les protéines.....	33
C / les lipides.....	34
- Acides gras à chaîne moyenne.....	34
- Acides gras saturés et insaturés.....	35

-Acides gras n-3 et n-6.....	35
I.2 / Les Micro constituants.....	36
A / Les Minéraux	36
-Calcium.....	36
-Tampon alimentaire.....	37
-Magnésium.....	38
B / Les oligoéléments.....	38
-Sélénium.....	38
C / Les vitamines.....	39
-Vitamines liposolubles.....	39
-Vitamines hydrosolubles.....	40
I.3 / Autres composants alimentaires.....	42
A / Matières premières.....	42
-Régimes à base de blé ou de maïs.....	42
-Produits issus du lait.....	42
-Le blanc d'œuf	42
-Régimes synthétiques.....	43
-Mycotoxines.....	43
B / Extraits de plantes.....	44
-Bétaïne.....	44
-Agrumes.....	45
-Le violet de gentiane.....	45
-Epice curcuma (<i>Curcuma longa</i>).....	46
-Origan (<i>Origanum vulgare</i>).....	46
-Autres extraits de plant.....	46
II / Présentation et mode d'alimentation.....	47
II.1/Structure des aliments.....	47
II.2/Restriction alimentaire.....	49
Conclusions et perspectives.....	50

Liste des tableaux :

Tableau 01 : présentation des aliments pour poulet de chair	10
Tableau 02 : Besoin énergétique de croissance du poulet (kcal/g de gain de poids).....	13
Tableau 03 : Apport recommandé de protéines et acides aminés pour le poulet de chair (male et femelle) en démarrage (0à2 ^{ème} semaines) (en p.100de régime).....	16
Tableau 04 : Apport recommandés de protéines et acides aminés pour le poulet de chair (non sexé ou mâle) en croissance (3 ^{ème} semaine) (en % de régime).....	17
Tableau 05 : Apport recommandés de protéines et acides aminés pour le poulet (non sexé ou mâle) en finition (au-delà de 3 ^{ème} semaine) (en% du régime).....	18
Tableau 06 : valeurs estimées du rapport C/P dans les 3 phases d'élevage.....	19
Tableau 07 : Recommandation en minéraux pour le poulet de chair à différentes concentrations énergétiques de la ration et durant les 3 phases d'élevage (en p. 100 du régime).....	20
Tableau 08 : Apports recommandés au oligo minéraux pour le poulet de chair	21
Tableau 09 : Recommandations en vitamines dans les aliments de poulet de chair.....	24
Tableau 10 : consommation quotidienne d'eau pour le poulet de chair.....	26
Tableau 11 : Les niveaux des composants des 3 types d'aliments pour poulet de chair fabriqué par l'ONAB.....	28

Liste des figures :

Figure 01 : vue ventrale du tractus digestif du poulet après autopsie et étalement anatomique.....	5
Figure 02 : Schéma de partition des flux énergétique chez l'oiseau. Valeur moyenne	11
Figure 03 : Localisation lésionnelle et taille (en micromètres) des 7 espèces de coccidies chez le poulet	29
Figure 04 : L'effet de l'alimentation sur le développement des coccidies du genre <i>Eimeria</i> chez le poulet.....	52

Liste des abréviations

EM : énergie métabolisable.

GMC: gain moyen quotidien.

IC : indice de consommation.

INRA: institut national de la recherche agricole.

ITAVI : institut technique d'aviculture.

Kcal : kilocalorie.

Mg : milligramme.

ONAB : office national des aliments du bétail.

PV : poids vif.

ppm : particule par million.

UI : unité internationale.

PNA : polysaccharides non amylacés

CMC : carboxyméthylcellulose

APAB : aminobenzoïque.

Introduction :

En quelques décennies, l'aviculture est passée du stade de production artisanale ou fermière à celui d'une production industrielle organisée en filière «très structurées». Parmi les facteurs qui ont favorisé cette réussite, figurent les grandes découvertes qui concernent la nutrition et qui sont à l'origine de l'essor de l'élevage et des industries de l'alimentation animale.

Les aliments représentant 60% du coût de production (**Azzouz 1997**), il est donc important d'accorder une attention particulière à l'alimentation cette dernière est le premier poste intervenant dans le prix de revient du poulet de chair, des œufs... etc.

Pour un éleveur, l'alimentation est le moyen le plus puissant pour maîtriser la qualité des produits. Dans le présent document, nous allons nous intéresser au cas de poulet de chair et mettre à la disposition du lecteur les modalités d'alimentation et les besoins ou recommandations nutritionnelles.

Le poulet de chair est la catégorie dont les besoins sont les mieux connus parce que les plus étudiés. Il s'agit des besoins en énergies, protéines, acides aminés, minéraux, vitamines additifs et eau.

Ces besoins sont définis comme étant la quantité nécessaire d'éléments nutritifs apportés par l'alimentation pour assurer la croissance du poulet de chair.

Les poulets ne peuvent pas être élevés de façon intensive sans risque de coccidiose, pathologie qui peut être considérée comme une maladie des conditions de l'élevage intensif.

Il y a une dizaine d'années, une équipe australienne et plus récemment, une équipe américaine et des équipes européennes (Angleterre, Suède, Hollande) se sont intéressées à l'influence de l'alimentation sur le développement des infections coccidiennes. Cette approche n'est pas nouvelle puisque des travaux sur ce sujet avaient été effectués avant le développement et l'utilisation systématique des anticoccidiens il y a plus d'une cinquantaine d'années (**Beach et Corl 1925, Allen 1932**). Ainsi des produits issus du lait tels que le lait écrémé, le babeurre ou le lactosérum étaient recommandés sans véritable fondement scientifique (**INRA 2001**). Avec l'arrivée des anticoccidiens, ces travaux ont été abandonnés compte tenu de l'efficacité de ces additifs.

Introduction

Tous les composants de l'aliment, macronutriments (glucides, protéines, lipides) et micronutriments (minéraux, oligo-éléments, vitamines), ont été étudiés ainsi que leur présentation et le mode d'alimentation. Ces nutriments peuvent agir de diverses façons, soit directement sur le développement du parasite, soit indirectement en augmentant les défenses de l'hôte, ou en diminuant les effets pathogènes, ou bien en aidant à la guérison.

Chapitre I:

*Rappel anatomique sur l'appareil digestif des
volailles*

I. Rappel anatomique sur l'appareil digestif des volailles

Afin de pouvoir comprendre les choix de l'alimentation des poules il nous a paru souhaitable, au préalable de décrire brièvement les organes digestifs et de rappeler les principes de la digestion.

1. La cavité buccale :

Elle est limitée par le bec qui recouvre les mandibules .Le pharynx ou arrière bouche se confond avec la bouche car il n ' y a ni palais, ni épiglote .La cavité buccale communique avec les cavités nasales et les conduits auditifs .la langue peu mobile est triangulaire et corné donc dépourvue de papilles sensibles. Les glandes salivaires sont réduites et de plus la salive étant dépourvue de substances assurant la digestion (enzymes) il n ' y a pas de digestion au niveau de la bouche.

2. L'œsophage :

Est un conduit qui relie la bouche au pré-estomac, compris entre le pharynx et le proventricule, l'œsophage peut être considéré comme un tube très dilatable comprenant deux parties : l ' une cervicale accolé à la trachet artère, l'autre intrathoracique placée au-dessus du cœur. (M.Larbier et B.lecleraq 1992)

3. Le jabot :

Est sur le trajet de l'œsophage, il peut stocker de aliments et dans ce cas ceux- ci s'humectent et se ramollissent. Il fonctionne très peu chez le poulet«standard» alimenté à volonté. En effet, les aliments vont dans ce cas directement dans le gésier. Lorsque celui-ci est plein, les produits atteignent le pré-estomac (ou proventricule) .Enfin une fois celui-ci à son tour rempli, les aliments excédentaires sont stockés dans le jabot. Si l'animal est alimenté à volonté il n'a aucune raison d'être si vorace et le jabot est donc inutilisé.

4. L'estomac :

L'estomac des poules comprend deux parties :

- a) Un estomac chimique, le pré- estomac.
- b) Un estomac mécanique, le gésier.

La première partie de l'estomac sécrète des substances débutant la digestion, le suc gastrique et l'acide chlorhydrique comme l'estomac des autres animaux. Ces sécrétions digestives débutent la dégradation des aliments en éléments nutritifs utilisables par l'animal. Mais cette action est brève car le passage dans cette partie du tube digestif est rapide.

Le gésier n'a pas (ou très peu) de sécrétion propre, sa paroi musculaire est épaisse, cornée à l'intérieur. Les éléments durs de la ration, le « grit » (ou petits graviers) restent un certain temps dans le gésier ou ils jouent, en fait, le rôle des dents, au cours des contractions du muscle qui se produisent deux à trois fois par minute.

Le volume et l'épaisseur de parois du gésier varient avec le régime alimentaire. Le poulet nourri avec des farines et ne disposant pas de graviers a un gésier petit à parois moins dures.

5. L'intestin :

Est un milieu de fermentations c'est-à-dire de destruction, de dégradation très important c'est le lieu principal de la digestion du poulet et l'essentiel des sucres (amidon des céréales principalement), des matières azotées et des graisses sont concernées et seront réduits en « éléments nutritifs », en nutriments. Cette digestion se fera grâce aux nombreuses sécrétions digestives de l'intestin grêle aidé par les sécrétions du pancréas et du foie (bile) qui débouchent au début de l'intestin. Dans la partie postérieure de l'intestin, la digestion est terminée et les déchets débouchent, après être passés dans un petit rectum, dans le cloaque.

Les éléments nutritifs, l'eau et les sels minéraux qui y sont liés, issus de la digestion franchissent la paroi de l'intestin pour gagner le foie véhiculé par le sang. Le foie distribuera dans tout l'organisme les nutriments qui seront utilisés par l'animal pour son fonctionnement et sa croissance.

6. le cloaque :

Particuliers aux volailles, réunit à la fois dans un même orifice d'aboutissement les voies génitales, urinaires et intestinales.

Nous retiendrons que le poulet est un animal à digestion rapide dont l'essentiel des éléments nutritifs est fabriqué par l'intestin. (P. Surdeau et al 1979)

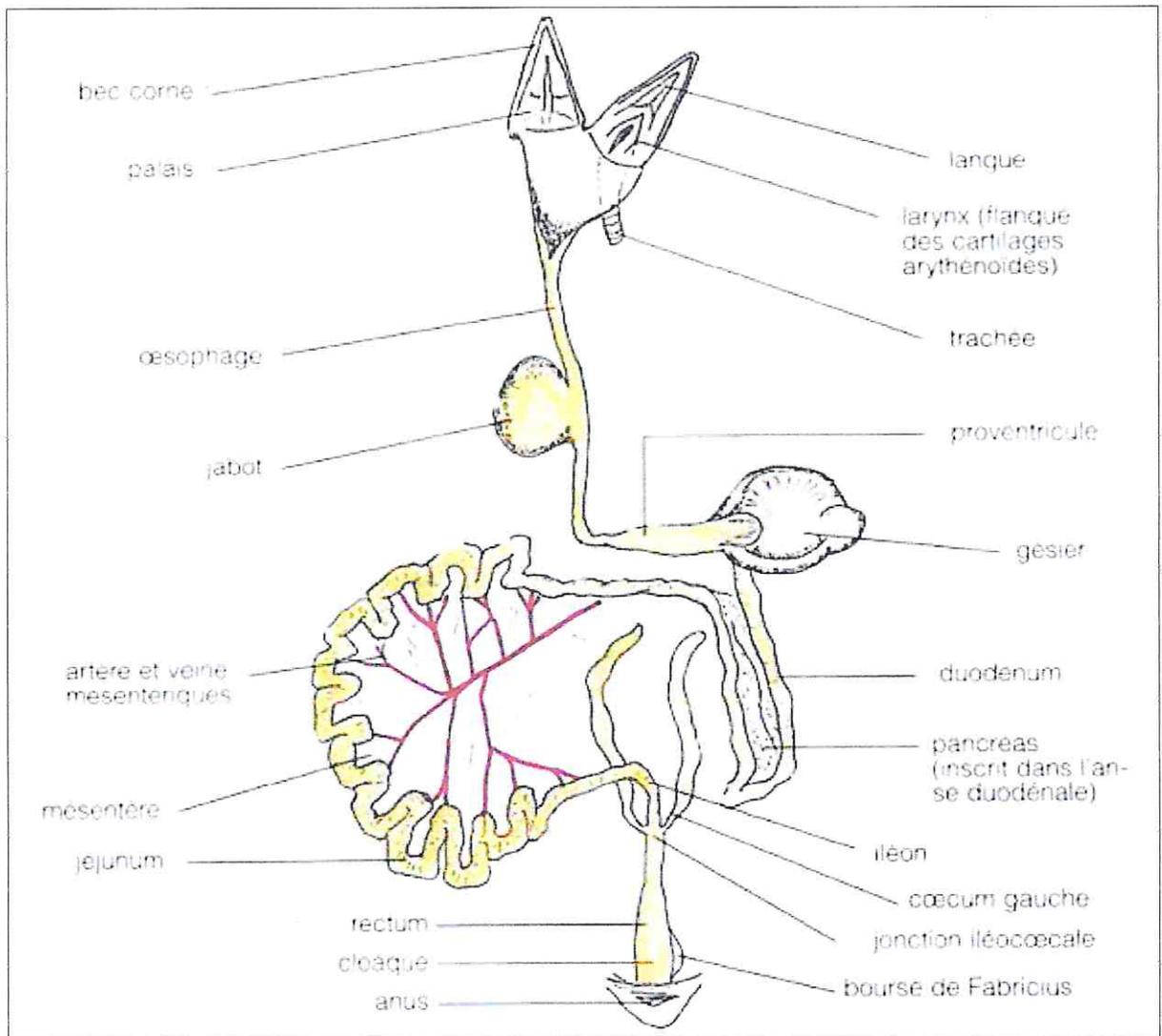


Figure 01 : vue ventrale du tractus digestif du poulet après autopsie et étalement anatomique
(Didier villate; 2001)

Chapitre II:

Les matières premières utilisées dans

l'alimentation des volailles

II. Les matières premières utilisées dans l'alimentation des volailles

Dans ce chapitre, l'accent sera mis sur les caractéristiques de composition et de valeur nutritive des aliments.

L'aliment destiné à l'alimentation des poulets de chair doit contenir les composants suivants :

- Le maïs
- Tourteau de soja
- issues de la meunerie
- calcaire
- phosphore
- sel
- acides aminés
- oligo-éléments
- poly vitamines
- les aditifs :
 - ✓ antioxydants
 - ✓ anticoccidiens
 - ✓ antibiotiques

(ARAB Abd Errahmene 2002)

1. Les céréales :

Les grains sont d'une façon générale pauvres en matières azotées ; ils présentent par contre une valeur énergétique élevée en raison de leur richesse en amidon. Les teneurs en matières azotées varient non seulement selon la nature de la céréale, mais également en fonction de la variété et des conditions de production (région, fertilisation, année). Les matières azotées de céréales sont essentiellement constituées de protéines de réserve (prolamine, gluténines), non solubles en solution aqueuse. Les albumines et les globulines, protéines solubles, ne sont généralement présentes qu'en faibles proportions. **(Anonyme 1988)**.

Parmi toutes les céréales usuelles on trouve :

a) le maïs :

Est le plus énergétique du fait de ses teneurs élevées en amidon et en matière grasse (4p.100). Cette qualité est particulièrement sensible chez les volailles et appréciées pour les

porcs. Il faut souligner en revanche la pauvreté du maïs en protéines, elles-mêmes mal pourvues en lysine et tryptophane ; ce défaut est partiellement compensés chez les volailles par une bonne digestibilité .le maïs est pauvre en certains oligo-minéraux et vitamines (niacine indispensable) mais il constitue une bonne source de biotine et de caroténoïde. Le phosphore qu'il contient est peu disponible pour les oiseaux, faute de phytase active à l'intérieur du grain.

Le maïs présente le grand avantage d'être une céréale régulière ; sa valeur énergétique varie peu dès lors que l'on tient compte de la teneur en eau des grains. Seul le manque de la maturité peut venir diminuer légèrement la valeur énergétique.

On constate quelque fois la présence accidentelle dans le maïs de toxines fongiques, principalement la zéaralénone, l'aflatoxine est l'ochratoxine. La récolte en zone humide et la conservation en crib sont les facteurs les plus favorables au développement des micro-organismes responsables, en particulier du fusarium produisant la zéaralénone.

Excellente source d'acide linoléique, le maïs peut conduire à la production de fards riches en acides polyinsaturés. (Anonyme 1984)

b) L'orge :

Est traditionnellement réservées à l'alimentation des porcs et des lapins, et peu employées dans celle des volailles, il est caractérisé par un taux de cellulose assez élevé par conséquent, sa valeur énergétique est nettement inférieur à celle du maïs, ce qui limite considérablement son emploi dans l'alimentation des volailles, en outre sa teneur en matière azoté est faible. Son utilisation dans la ration des volailles ne doit pas dépasser les 20% de la ration (soit 1/5 de la part réservé aux céréales) tandis que dans notre ration des volailles sa teneur dépasse les 60%.

c) Le blé :

Il a un faible teneur en pigments en revanche il a une teneur en protéine plus élevée que le maïs. Sa valeur énergétique varie peu en fonction des années, des variétés ou des conditions culturales. (Anonyme 1985).

2. Les sous produits :

Dans l'alimentation des volailles on trouve les sons de blé l'issue le plus utilisé, ils présentent la teneur en cellulose brute la plus élevé, et par conséquent la valeur énergétique la plus faible.

Les farines basses riches en amidon et en lipides, constituent une excellente source d'énergie qui peut remplacer sans inconvénient une fraction importante sinon la totalité des céréales.

-sous produits de minoterie issus de semoules, les remoulages présentent une teneur en amidon proche de celle de farine basse, mais une teneur en cellulose brute plus élevée. (M.Larbier et B.lecleracq 1992)

3. Les tourteaux :

a. Le tourteau de soja :

Est une source de protéines particulièrement bien adaptée à l'alimentation des espèces animales monogastriques. A l'état cru, le tourteau contient des facteurs antinutritionnels nombreux et très nocifs qui doivent être éliminés par une cuisson. A l'opposé, une sur cuisson peut rendre indisponible une partie des acides aminés. Le tourteau de soja est relativement pauvre en acides aminés soufrés et en Zinc indisponible. Son phosphore est, lui aussi, très peu disponible pour les oiseaux.

b. Le tourteau de tournesol :

N'a pas une valeur énergétique médiocre; il possède des protéines très digestible mais déficientes en lysine. Le principal défaut de cette matière première réside dans son hétérogénéité due aux conditions de récolte et de trituration en huilerie. Lorsque sont comblés ses déficits en énergie et en lysine, le tournesol est une excellente matière première.

c. Les tourteaux de colza:

Ils renferment des protéines incontestablement très équilibrées. Ils ont malheureusement des défauts notoires liés entre autres à la présence de glucosinolates qui, sous l'action de la myrosinase, produisent des composés goitrogène ou amers. Il en résulte que l'utilisation de doses élevées de tourteaux colza entraîne des retards de croissances chez toutes les espèces et des effets d'inappétence chez les mammifères.

Le tourteau de colza augmente aussi la fréquence de mortalités des poules pondeuses par foie gras hémorragiques. Enfin, la sinapine qu'il contient provoque l'accumulation de triméthylamine dans le jaune des œufs à coquille colorée et dans certaines viandes de volailles, leur confèrent un goût de poisson lorsque la concentration de tourteau dans l'aliment dépasse 5p.100. le tourteau pauvre en thioglucosinolates ("double zéro") réduisent en grande partie les défauts évoqués ci-dessous sauf en ce qui concerne la sinapine.

Les tourteaux de colza sont assez bien utilisés par le porc, qu'il s'agisse de l'utilisation énergétique ou protéiques; chez les volailles, en revanche, les protéines et surtout les glucides du colza sont mal utilisés.

La composition des tourteaux de colza présente une grande variabilité notamment en ce qui concerne la teneur en matière grasse résiduelle et par conséquent la valeur énergétique.

(Anonyme 1989)

Chapitre III:

Les besoins nutritionnels et l'alimentation

III. Les besoins nutritionnels et l'alimentation:

1. présentation de l'aliment :

Les oiseaux sont des granivores, la quantité d'aliment ingérée dépend de la taille des particules de la facilité d préhension, le poulet présente croissance plus rapide et un meilleur indice de consommation lorsqu'il reçoit pendant la phase de démarrage un aliment présenté en miettes et ensuite granulés (de 3,5 à 5mm), cette amélioration de performance sous l'effet de granulation s'atténue cependant à mesure que la teneur énergétique des aliments s'élève, elle n'est guère perceptible au de la de 3200 kcal EM/kg (Larbier, M et al; 1984)

Tableau 01 : présentation des aliments pour poulet de chair

Age	présentation	dénomination
1 à 14 jours	Miettes	Démarrage
15 à 45 jours	Miettes puis granulés	Croissance
45 jours à l'abattage	Granulés	Finition
Les derniers jours	Granulés	Retrait

(Anonyme, 1989)

2. Alimentation énergétique :

2.1. Schéma général :

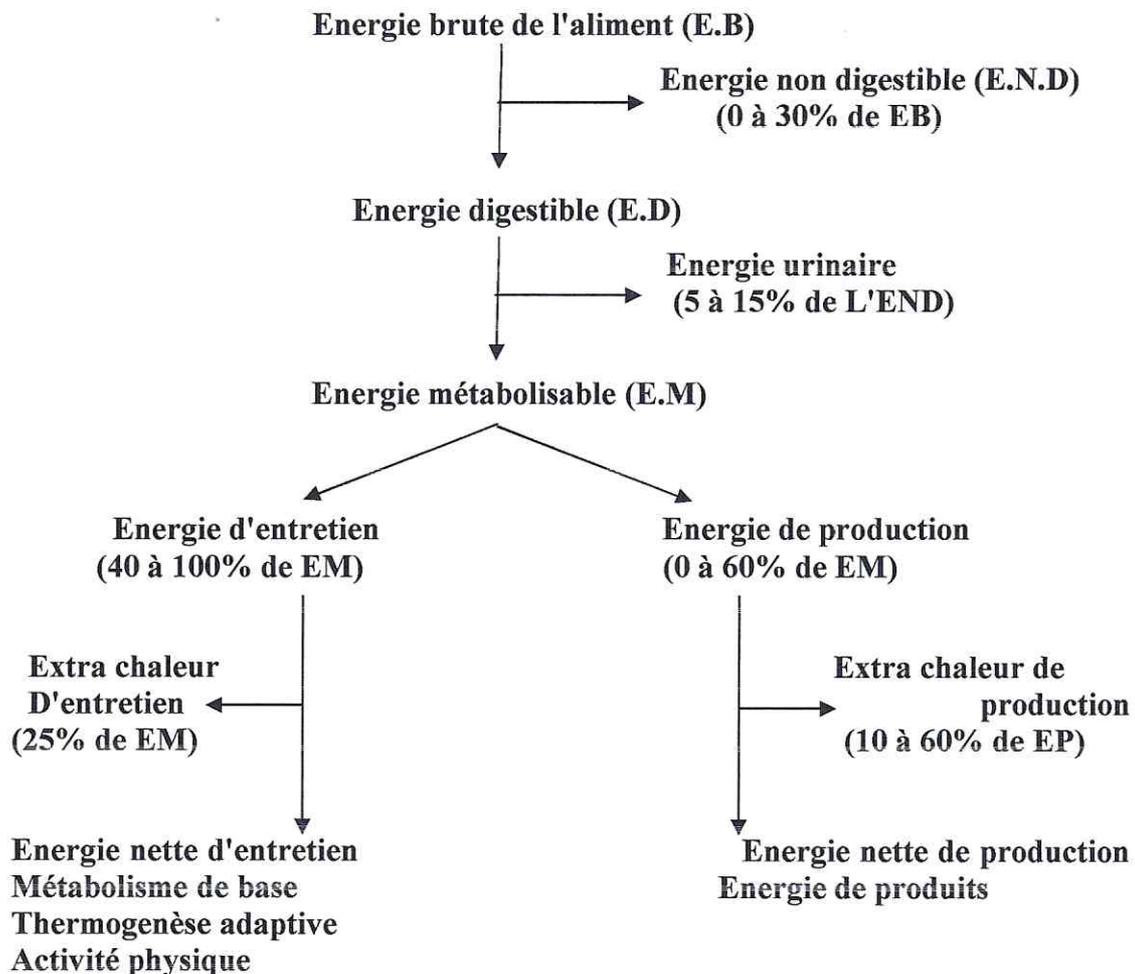


Figure 02 : Schéma de partition des flux énergétiques chez l'oiseau. Valeur moyenne.

Source: (M. LARBIER et B.LECLERC 1992)

Traditionnellement, on distingue deux parts dans les dépenses énergétiques des animaux, celle qui concerne leur entretien qui exige leur production, la première est définie, en principe, comme ce qui est nécessaire au strict maintien de l'homéostasie de l'animal (glycémie, température, pression osmotique, PH) et de l'équilibre énergétique, c'est à dire sans perte ni gain de réserves énergétique, la seconde est constituée à la fois du contenu énergétique de ce qui est produit et des pertes caloriques liées aux synthèses du fait que les rendements ne sont jamais de 100p 100. Toute réaction biochimique de synthèse entraîne en effet une perte plus ou, moins importante d'énergie sous forme de chaleur.

La partition du besoin peut donc être résumée selon ce qui est présenté dans le schéma ci après :

- Besoin d'entretien
- Besoin de production
- Métabolisme de base
- Energie des produits
- Thermogenèse adaptative
- Thermogenèse liée aux synthèses
- Thermogenèse alimentaire
- Activité physique

(Selon M. Larbier et al; 1992).

2.2. Choix du niveau énergétique :

L'accroissement du niveau énergétique conduit toujours à une amélioration de L'IC, son effet sur la croissance, variable selon les croisements est perceptible jusqu'à 3200 kcal EM/kg pour les poussins âgés de 0 à 4 semaines, et jusqu'à 3200 kcal EM/kg pour les poulets âgés de 4 à 8 semaines, en dessous de ces valeurs, la réduction du poids vif à 56 jours est voisine de 30 g pour chaque diminution de 100 kcal EM/kg du niveau énergétique de l'aliment **(M. Larbier, et al; 1984)**

La fourchette de choix recommandée par certains auteurs est de 2900-3000 kcal EM/kg d'aliment en période de démarrage et croissance et de 3000-3200 kcal EM/kg d'aliment en période de finition **(H. Azzouz, 1997)**. Il existe d'autres contraintes d'ordre technologiques ou économiques qui interviennent également pour fixer la valeur du niveau énergétique, notamment:

- Les difficultés technologiques liées à la fabrication, à la manutention et à la conservation des régimes riches en graisses.

-L'engraissement des carcasses si l'âge d'abattage dépasse 6 semaines. Dans la zone usuelle des valeurs énergétiques de l'aliment (2800 à 3000 kcal EM/kg), tout accroissement de 100 kcal dans l'aliment distribué au de la de l'âge de 4 semaines entraîne en effet un dépôt supplémentaire de graisse corporelle légal à 2p 100 du poids de la carcasse.

-l'augmentation du prix de la calorie d'énergie métabolisable, pour des niveaux élevés, puisque le poulet ingère pratiquement des quantités constantes de calories des

que l'aliment présente un niveau énergétique égale ou supérieur au seuil assurant la vitesse de croissance maximum, il faut retenir le niveau énergétique qui correspond à la moins onéreuse.

-c'est en tenant compte de toutes ces considérations (prix des matières premières, âge d'abattage, croisement utilisé, engraissement souhaité)Que le formulateur est amené à fixer le niveau énergétique de l'aliment. Dans tous les cas, chaque paramètre zootechnique, et notamment l'indice de consommation, n'a qu'une valeur relative essentiellement liée au contexte économique dans lequel il est obtenu (M. Larbier, et al 1984).

2.3. Les besoins énergétique du poulet de chair :

Les besoins énergétique pour la croissance comprennent les besoins en énergie pour l'entretien, l'activité et la consommation des tissus corporels nouveaux. Pour obtenir un niveau de croissance suffisamment appréciable, il faut tout d'abord satisfaire les besoins énergétiques pour l'entretien et l'activité de l'oiseau.

En pratique il existe une gamme relativement étroite du niveau énergétique, allant de 2900 à 3200 kcal d'énergie métabolisable par kilo d'aliment permettant aux poussins au démarrage, aux poulets en croissance et en finition de satisfaire leurs besoins en énergie métabolisable par un ajustement de leur propre consommation. Le poulet à l'engraissement ajuste de façon assez correcte sa consommation suivant la concentration énergétique de l'aliment lorsque celui-ci est distribué à volonté, un aliment pauvre en énergie augmente la consommation.

Tableau 02 : Besoin énergétique de croissance du poulet (kcal/g de gain de poids) (M. Larbier, et al; 1992)

AGE en jour	Mâle	Femelle
0-17	3,65	3,60
7-14	3,74	3,73
14-21	4,06	4,31
-21-28	4,44	4,52
28-35	4,53	4,55
35-42	4,56	4,72
42-49	4,68	4,82

3. Alimentation azotée du poulet de chair:

Un apport abondant et continu de protéines est nécessaire à la croissance des poulets de chair pour entretenir et développer leurs tissus ainsi que pour fournir diverses production qui en sont attendues, les volailles doivent trouver dans leurs ration une part de protéine suffisante (H. Azzouz .1997), mais la connaissance du taux de protéines seule n'est pas suffisante. Il faut également connaître la valeur biologique des protéines, c'est-à-dire leur teneur en acides aminés indispensables, contrairement aux végétaux, les volailles sont incapables de les synthétiser.

La transformation de ces protéines alimentaires en protéines corporelles est une étape fondamentale des processus de nutrition.

3.1. Les acides aminés :

Par le processus digestif les protéines sont réduites en composants chimiques et ces substances sont dénommées acides aminés, il s'ensuit que ces derniers peuvent être considérés comme les éléments chimiques de base des quels sont constituées les protéines. En fin de compte l'utilité des protéines alimentaires est donc déterminée par les types et quantités d'acides aminés qui sont libérés par le processus de la digestion (Edward. C et al)

Du point de vue de la biochimie et par voie de conséquence de la nutrition, les acides aminés sont classés en trois groupes.

a. Les acides aminés indispensables :

Les acides aminés sont considérés comme essentiels car une déficience en l'un d'entre eux dans les rations interfère directement sur la formation de protéines organiques et affecte la croissance. Le premier objectif de l'alimentation en protéines et donc de donner aux volailles les protéines qui, suite à la digestion leur fourniront les quantités suffisantes de chacun des acides aminés essentiels qui leur sont nécessaires pour obtenir les performances maximales.

Acides, indispensables:

Arginine –lysine –histidine –leucine –isoleucine –méthionine –tryptophane –
phénylalanine –thréonine –valine.

b. Acides aminés semi indispensables :

Ils peuvent être synthétisés à partir d'acides aminés indispensables. Il s'agit de la cystéine et de la tyrosine

La cystéine est formée à partir de la méthionine et de la serine qui sont respectivement indispensables et non indispensables

La tyrosine est synthétisée par l'hydroxylation de la phénylalanine (aa indispensables).

c. Acides aminés non indispensables ou non essentiels :

Ils sont facilement synthétisés à partir soit d'intermédiaires amphiboliques soit d'autres acides aminés non indispensables.

Acides aminés non indispensables :

Alanine –hydroxyproline –serine –glutamine –glycine –proline. (Anonyme ; 1997)

3.2. Choix et dosage des protéines :

L'azote intervient pour environ 16% dans la structure des protéines complexes : la quantité de protéines existant dans un aliment déterminé pourra donc être estimée par analyse de cet aliment au point de vue de sa teneur en azote. Et lorsque des quantités excessives de protéines sont consommées par un animal, les acides aminés qui en proviennent peuvent être brûlés par l'organisme pour fournir de l'énergie. Dans l'alimentation de la volaille il est rarement sage d'utiliser des rations alimentaires à teneur excessive en protéines, car les glucides et les lipides sont généralement des sources d'énergie plus économiques. Cet excès protéique de la ration entraîne une diminution de la consommation mais aussi du poids. (Edward. C et al).

Une diminution est mise en évidence de la teneur en protéines de 1% à la même effet sur l'indice de consommation qu'une réduction du niveau énergétique de 50kcal EM/kg. (Leclerc B et al, 1984).

Tableau 03 : Apport recommandé de protéines et acides aminées pour le poulet de chair (male et femelle) en démarrage (0à2^{ème} semaines) (en p.100de régime)

Consommation énergétique (kcal EM/Kg)	2900	3000	3100	3200
Protéine brute	21,5	22,2	23,0	23,7
Lysine	1,12	1,16	1,20	1,24
Méthionine	0,47	0,48	0,50	0,52
Acides aminés soufrés	0,84	0,87	0,90	0,93
Tryptophane	0,20	0,21	0,22	0,23
Glycine +serine	0,67	0,70	0,72	0,74
Leucine	1,57	1,94	2,00	2,06
Isoleucine	0,89	1,63	1,68	1,73
Valine	0,98	0,92	0,95	0,96
Histidine	1,45	0,46	0,48	0,50
Arginine	1,21	1,26	1,30	1,34
Phenylalznine+tyrosine	1,50	1,55	1,60	1,65

(Anonyme 1984)

Tableau 04 : Apport recommandés de protéines et acides aminés pour le poulet de chair (non sexé ou mâle) en croissance (3^{ème} semaine) (en % de régime)

Consommation énergétique (kcal EM/Kg)	2900	3000	3100	3200
Protéine brute	19,6 (16,8)	20,4(18,0)	21,0(18,0)	21,7(18,6)
Lysine	0,98 (0,88)	1,02(0,92)	1,05(0,95)	1,08(0,98)
Méthionine	0,43 (0,36)	0,44(0,37)	0,46(0,38)	0,47(0,39)
Acides aminés soufrés	0,75 (0,68)	0,77(0,70)	0,80(0,78)	0,83(0,74)
Tryptophane	0,19	0,20	0,21	0,22
Thréonine	0,59	0,61	0,67	0,65
Glycine +serine	1,64	1,69	1,75	1,81
Leucine	1,38	1,42	1,47	1,52
Isoleucine	0,78	0,80	1,73	1,86
Valine	0,86	0,89	0,92	0,95
Histidine	0,39	0,41	0,42	0,43
Arginine	1,03	1,06	1,10	1,14
Phenylalznine+tyrosine	1,31	1,35	1,40	1,45

(INRA; 1984)

Tableau 05 : Apport recommandés de protéines et acides aminés pour le poulet (non sexé ou mâle) en finition (au-delà de 3^{ème} semaine) (en% du régime) (INRA 1984)

Consommation énergétique (kcal EM/kg)	2900	3000	3100	3200
Protéine brute	18,2(14,8)	18,9(15,3)	19,5(15,8)	20,1(16,3)
Lysine	0,84(0,74)	0,87(0,77)	0,90(0,80)	0,93(0,83)
Méthionine	0,38(0,30)	0,39(0,31)	0,40(0,32)	0,41(0,33)
Acides aminés soufrés		0,71(0,63)	0,73(0,65)	0,75(0,67)
Tryptophane		0,16	0,17	0,18
Thréonine		0,49	0,51	0,53
Glycine + serine		1,37	1,42	1,47
Leucine		1,15	1,19	1,23
Isoleucine		0,65	0,67	0,65
Valine		0,57	0,59	0,61
Histidine		0,33	0,34	0,35
Arginine		0,89	0,92	0,95
Phnylalanine + tyrosine		1,09	1,13	1,17

3.3. Relation protéine – consommation énergétique :

Le rapport C/P exprime l'énergie métabolisable par rapport au pourcentage de protéines brutes contenues dans le régime.

Ce rapport est donné par la relation suivante :

$$C/P = \frac{\text{Calorie métabolisable/kg d'aliment}}{\text{Pourcentage de protéine brute d'aliment}}$$

-valeurs estimées du rapport C/P dans les 3 phases d'élevage :

Tableau 06 : valeurs estimées du rapport C/P dans les 3 phases d'élevage

Rapport calories : protéines	
Démarrage	135
Croissance	160
Finition	173

ARBOR ACRES

4. alimentation minérale :

Les minéraux se présentent principalement sous forme de sels et de cendres.

Certains minéraux ont des fonctions structurales comme par exemple, dans la formation des os et des coquilles d'œuf. D'autres minéraux sont nécessaires à la régulation des fonctions physiologiques.

Les éléments minéraux essentiels pour les volailles comprennent deux groupes :

- les macro- éléments
- les oligo- éléments

4.1. Les macro- éléments :

Ils jouent un rôle essentiels dans l'alimentation du poulet de chair. On distingue le calcium, le phosphore, le sodium et le chlore

Ils peuvent influencer l'appétit, les carences comme les excès réduisent notablement l'appétit et entraînent un retard de croissance (**Anonyme ; 1997**)

Tableau 07 : Recommandation en minéraux pour le poulet de chair à différentes concentrations énergétiques de la ration et durant les 3 phases d'élevage (en p. 100 du régime)

Minéraux	Phase	Concentration énergétique de la ration kcal/kg			
		2900	3000	3100	3200
Calcium	Démarrage	1,00	1,03	1,06	1,10
Phosphore total		0,67	0,68	0,60	0,70
Phosphore disponible		0,42	0,43	0,44	0,45
Sodium		0,16	0,16	0,17	0,17
Chlore		0,14	0,14	0,15	0,15
Calcium	Croissance	0,90	0,93	0,97	1,00
Phosphore total		0,66	0,67	0,68	0,69
Phosphore disponible		0,41	0,42	0,43	0,44
Sodium		0,16	0,16	0,17	0,17
Chlore		0,14	0,14	0,15	0,15
Calcium	Finition	0,80	0,83	0,87	0,90
Phosphore total		0,60	0,61	0,62	0,64
Phosphore disponible		0,35	0,36	0,37	0,38
Sodium		0,16	0,16	0,17	0,17
Chlore		0,14	0,14	0,15	0,15

ARBOR ACRES

Chez le poulet, une déficience en calcium ou de phosphore en phase de croissance entraîne un état de rachitisme.

Une déficience en sodium entraîne un taux de croissance trop faible, un état de nervosité qui, habituellement, provoque cannibalisme et une mauvaise utilisation de la nourriture (Azouz. 1997).

D'après les constatations de Leclercq et al ; 1997 ; en finition, un rapport de 0,45 p.100 de phosphore disponible au lieu de 0,35 p. 100 permet d'augmenter le poids vif de 40g et d'abaisser l'indice de consommation de 0,05 point environ, le choix est d'ordre économique.

4.2. Les oligo- éléments :

Ce sont des éléments minéraux essentiels pour les volailles mais seulement en quantités faible.

Tableau 08 : Apports recommandés au oligo minéraux pour le poulet de chair.

Phases Oligo-minéraux (par kg)	Démarrage	Croissance	Finition
Manganèse (mg)	100	100	100
Zinc (mg)	75	75	75
Fer (mg)	100	100	100
Cuivre (mg)	8	8	8
Iode (mg)	0,45	0,45	0,45
Sélénium (mg)	0,30	0,30	0,30

ARBOR ACRES

Dans tout ce groupe d'oligo- éléments, le manganèse est celui dont la déficience est la plus probable, surtout en phase de croissance, cette déficience provoque un trouble du métabolisme connus sous le nom de pérosis.

Parmi les autres oligo- éléments, le fer, l'iode, le sélénium et le zinc sont parfois partiellement déficients dans l'aliment du poulet de chair (Azouz. 1997).

5. Alimentation vitaminique :

5.1. Généralités:

Les vitamines sont des composés organiques complexes indispensables en petites quantités à l'organisme des volailles .elles sont absolument essentielles pour le maintien de leur santé et pour leur croissance.

On connaît actuellement 14 vitamines principale. Habituellement on les classe selon leur solubilité :

- vitamines solubles dans les graisses=vitamines : A, D, E, K.
- vitamines solubles dans l'eau=hydrosolubles :B1,B2,B3,B6,B12,PP,H,C , acide folique , choline.

5.2. Vitamines liposolubles :

- **La vitamine A:**

Joue un rôle important dans la croissance des poulets. Une carence en vitamine A provoque des troubles de croissance.

Les aliments naturels ne contiennent pas suffisamment de vitamine A sauf sous forme de provitamine : carotène.

- **La vitamine D (ou antirachitique):**

Permet d'assurer la solidité du squelette. Les sujets carencés en vitamine D se déplacent difficilement, leur bec devient mou et se ploie facilement, la colonne vertébrale et le bréchet se déforment.

Chez les poulets élevés dans des bâtiments couverts la vitamine D ne peut pas être synthétisée, par suite de l'absence de lumière. Elle doit être fournie par l'aliment.

- **La vitamine E (ou -tocophérol) :**

Prévient la diathèse exsudative (œdème des tissus conjonctifs sous cutanés). La carence en vitamine E entraîne chez le poulet de l'encéphalomalacie et de la diathèse exsudative.

- **La vitamine K (ou antihémorragique) :**

Elle intervient dans la coagulation du sang. L'avitaminose K, chez le poulet, entraîne l'apparition de tuméfaction oedémateuse de teinte bleu foncé, localisées sur diverses régions du corps .

5.3. Les vitamines hydrosolubles :

- **La vitamine B1 (ou thiamine):**

Prévient d'une maladie appelée « Beri-Beri ». Chez les poussins, une carence en thiamine entraîne une perte d'appétit, un arrêt de croissance, des troubles nerveux et par suite des paralysies.

- **La vitamine B2 (ou riboflavine) :**

Elle est importante pour la croissance des poulets. Une carence peut entraîner un arrêt de croissance

- **La vitamine B6 (ou pyridoxine):**

C'est un facteur de croissance des cartilages de poussin. Sa carence ralentit la croissance chez le poussin.

- **La vitamine PP (ou acide nicotinique) Niacine :**

Elle joue un rôle important dans la croissance des poulets. Les premiers symptômes de carence se présentent à l'âge de deux semaines. Ils affectent la cavité buccale et la langue qui s'enflamment et deviennent noires. L'appétit disparaît et les plumes ne se poussent plus ; l'animal présente une diarrhée.

- **La vitamine B3 (ou acide pantothénique) :**

Elle est nécessaire pour la croissance des poussins. Les poussins privés d'acide pantothénique grandissent très mal et leurs plumes ne poussent pas. Les paupières sont collées par liquide visqueux.

- **La vitamine H (ou biotine) :**

Son besoin dépend de la composition de la ration. Sa carence affecte la croissance des poulets.

- **L'acide folique :**

Il participe au métabolisme protéique, en particulier à la dégradation des acides aminés. Sa carence provoque la formation du bec de perroquet.

- **La choline:**

Son rôle est d'empêcher l'accumulation des graisses au niveau du foie. Sa carence peut provoquer la pérose (lésions au niveau des pattes) chez les jeunes poussins.

- **La vitamines B12 (ou cyanocobalamine) :**

Elle est antianémique. Sa carence se manifeste par une croissance ralentie.

- **La vitamine C (ou acide ascorbique) :**

Elle a un bon effet sur le démarrage des poussins soumis au froid au cours de leur transport. Elle a une action favorable sur la croissance.

Les stress dus au milieu, particulièrement à la chaleur, nécessitent la supplémentation de l'aliment en vitamine C.

Tableau 09 : Recommandations en vitamines dans les aliments de poulet de chair :

Vitamines (par kg d'aliments)	Démarrage	Croissance	Finition
Vitamine A (UI)	9000	9000	7500
Vitamine D3 (UI)	3300	3300	2500
Vitamine E (UI)	30,0	30,0	30,0
Vitamine K3 (mg)	2,2	2,2	1,65
Vitamine B12 (mg)	0,022	0,022	0,015
Thiamine (mg)	2,2	2,2	1,65
Riboflavine (mg)	8,0	8,0	6,0
Acide pantothénique (mg)	12,0	12,0	9,0
Niacine (mg)	66,0	66,0	50,0
Pyridoxine (mg)	4,4	4,4	3,0
Acide folique (mg)	1,00	1,00	0,75
Choline (mg)	550	550	440
Biotine (mg)	0,20	0,20	0,15

ARBOR ACRES

En général, la couverture des besoins vitaminiques du poulet de chair n'est pas assurée totalement par les quantités de vitamines présentes naturellement dans les aliments. D'où la

pratique, actuellement utilisée, d'ajouter des vitamines à l'aliment pour couvrir les besoins du poulet de chair (voir tableau) et éviter certaines maladies.

6. Les additifs :

Ce sont des substances non alimentaire que l'on introduit en petite quantité dans la ration pour lui conférer des propriété particulière ou en augmenter l'acceptabilité.

Il peut s'agir des produits chimiothérapeutiques, de tranquillisants, d'arsenicaux (organique ou non), de levure, de choline, de condiments artificiels, ou encore de colorant, d'émulseifiants, de stabilisants d'antioxydants, de texturants .

La législation correspondante est très complète, en vue de la protection de consommateur. **(Martial Villemin ; 1984)**

Les aliments modernes pour la volaille contiennent habituellement un ou plusieurs additifs non alimentaires qui sont utilisés pour diverses raisons.

6.1. Les antibiotiques :

Les antibiotiques sont des produits chimiques spéciaux, produits par des moisissures qui ont la propriété d'inhiber le développement de nombreux autres micro-organismes, y compris ceux qui sont responsables du processus de la maladie chez l'animal.

La raison de l'utilisation de ces produits dans l'alimentation de la volaille est qu'ils jouent chez les oiseaux un rôle de facteurs de croissance, a raison de 2 à 10g/tonne d'aliment suivant le produit utilisé.

6.2. Produits pharmaceutiques pour la prévention et le traitement des maladies :

Les rations de la volaille peuvent aussi contenir couramment certains produits pharmaceutiques spécialement prévus pour prévenir des maladies spécifiques de la volaille. Les produits utilisés pour prévenir la coccidiose sont classifiés comme étant des coccidiostatiques.

6.3. Antioxydants :

Sont utilisés pour retenir le rancissement des aliments pour volaille, car ils préviennent la disparition de certains vitamines particulièrement sensibles aux actions destructrices.

6.4. Gravier :

Dans certains cas des granits, leur but principal est de venir en aide en gésier pour broyer les aliments qui traversent cet organe. Ces graviers paraissent augmenter la digestibilité de la nourriture (Edward c et AL).

7. Besoins en eau:

L'eau est le facteur limitant pour toute production. Un manque d'eau favorise le picage et se répercute sur la consommation d'aliment. En effet, la restriction de l'eau chez le poulet de chair, entraîne une baisse de l'ingestion d'aliment. (Azzouz 1997)

L'eau constitue à la fois la majeure partie des constituants cellulaires et de milieu extra cellulaire ; c'est en réalité le support de la vie. (LECLERCQ et AL 1984).

Tableau 10 : consommation quotidienne d'eau pour le poulet de chair:

N° de poulet Par poulailler	Age (semaine)	1	2	3	4	5	6	7	8
	T° C°	Litre d'eau							
100	21	3	6	9	13	17	22	25	29
	32	3	9	20	27	36	42	46	47
1000	21	30	61	95	132	174	216	254	288
	32	34	98	197	273	356	416	462	473
10000	21	303	606	946	1325	1741	2157	2536	2877
	32	341	984	1968	2725	3558	4168	4618	4731

ARBOR-ACRES

La bonne qualité chimique et bactériologique de l'eau est nécessaire pour une production de qualité, donc il est nécessaire d'utiliser de l'eau potable et d'éviter les mares d'eau stagnante sur l'exploitation.

a. Qualité bactériologique:

Pour lutter contre les contaminations et la propagations des germes d'élevage, l'éleveur doit entretenir et nettoyer régulièrement les abreuvoirs, mais il faut veiller sur la qualité d'e l'eau qui arrive. En effet elle peut contenir des germes pathogènes, surtout si elle provient des puits.

b. Qualité chimique:

l'eau contient beaucoup de substances chimiques naturelles ou non (résidus de produits phytosanitaires, d'engrais) qui peuvent se révéler inhibiteurs de la croissance des animaux sans pour autant les tuer (ITAVI .1988)

8. Facteurs de variation de l'indice de consommation :**a. L'aliment :**

La présentation de l'aliment ainsi que sa composition sont des facteurs de variation de l'indice de consommation.

Présentation de l'alimentation : selon INRA. 1984, la distribution de l'aliment en miettes au démarrage, en suite en granulés, favorise la croissance du poulet de chair et permet un meilleur indice de consommation.

L'équilibre nutritionnel de la ration : le rapport énergie / protéine de la ration alimentaire est un facteur prépondérant de variation de l'indice de consommation.

D'autre part, selon LARBIER, M et al ; 1984, l'accroissement du niveau énergétique conduit à une amélioration de l'indice de consommation, son effet sur la croissance est perceptible jusqu'à 3200 kcal d'EM/kg pour les poussins âgés de 0-4 semaines, et jusqu'à 3000 kcal d'EM /kg pour les poulets âgés de 4-8 semaines.

b. L'animal:

Les besoins nutritionnels de l'animal augmentent avec l'âge, ceci influe sur le gain de poids ainsi que sur l'indice de consommation.

c. La température:

L'animal consomme plus d'aliment lorsque la température descend au dessous de la zone de confort de l'animal, il consomme moins d'aliments lorsque la température augmente au dessus de cette zone, cette dernière varie en fonction de l'âge de l'animal.

9. L'aliment ONAB :

L'aliment ONAB destiné au poulet de chair n'est pas spécifique d'une souche donnée, il comprend certes les éléments nutritifs nécessaires.

Tableau 11 : Les niveaux des composants des 3 types d'aliments pour poulet de chair fabriqué par l'ONAB

Type d'aliment teneurs	Démarrage	Croissance	Finition
Energie M kcal/kg	2950	2780	2800
Protéine brute%	21	18,8	18
Calorie/protéines	140	148	156
Méthionine	99g	0,45%	12g
Matière grasse%	3	3,3	3,4
Calcium%	0,9	1,1	1,1
Phosphore assimilable	0,7	0,9	0,9

Source: ONAB cité par BOUKHELIFA 1993

Chapitre IV:

*Effet de l'alimentation sur les coccidioses chez le
poulet de chair*

IV. Effet de l'alimentation sur les coccidioses chez le poulet de chair :

Les coccidioses sont des maladies dues au développement dans l'intestin de parasites intracellulaires : *les coccidies*. Ce sont des sporozoaires de taille microscopique, de la famille des *Eimeridés* et du genre *Eimeria*. Chez le poulet il existe sept espèces qui peuvent être identifiées en fonction de leur localisation intestinale, des lésions induites et de la taille de leurs oocystes. (Yvoré 1992)

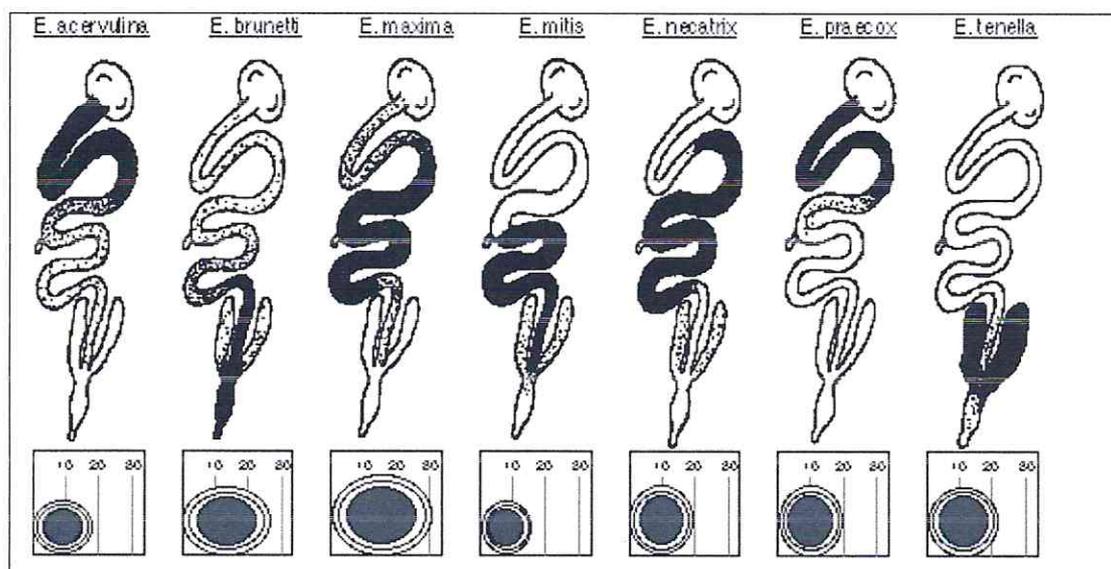


Figure 03: Localisation lésionnelle et taille (en micromètres) des 7 espèces de coccidies chez le poulet (d'après Yvoré 1992).

Le pouvoir pathogène est en fonction de l'espèce parasitaire et de la sensibilité de l'hôte. Après la première infection, il s'installe une immunité qui est spécifique et qui peut parfois permettre un faible développement parasitaire.

En outre, certaines périodes d'élevage sont plus favorables que d'autres au parasitisme. Les stress favorisent l'apparition de coccidioses. (Banfield.M, et al 2001)

Il existe deux types de coccidioses :

1- La coccidiose caecale : la maladie peut apparaître sur les poussins de 2 à 3 semaines. Elle est due à *E. tenella*. Les caecums ne jouant pas le rôle majeur dans la fonction digestive, cette coccidiose n'a d'importance que lors de maladie clinique. Les animaux sont frileux, ils perdent l'appétit, on note des diarrhées hémorragiques et cette maladie peut souvent entraîner la mort.

2- Les coccidioses intestinales:

La coccidiose intestinale suraiguë du poulet est due à *E. necatrix*. Les poulets meurent entre 4 et 6 semaines d'âge avec une diarrhée profuse et les signes classiques frisolité et abattement qu'il ne faut pas confondre avec la maladie de gumboro.

La coccidiose intestinale aiguë du poulet est due à *E. brunetti* par contre la coccidiose duodénale de la poulette est due à *E. acevulina*. Les lésions de cette coccidiose sont visibles sur l'extérieur de l'intestin. (**Waldenstedt et al 2000**).

- **Impact économique:**

Les formes sub-cliniques entraînent des pertes économiques considérables pour la production animale. On enregistre des morbidités des pertes de poids, retard de croissance, mauvais rendement zootechnique.

Des mortalités lors forme aiguë. A ces pertes sèches s'ajoutent les coûts des traitements des animaux malades et la prévention contre les coccidioses (**Hayat B. et al, 1996**).

Face aux exigences des consommateurs à l'égard des additifs alimentaires, de la sécurité alimentaire, du bien-être animal et de la qualité de l'environnement, l'aviculture se diversifie. Ainsi certains types de production ont supprimé les anticoccidiens de l'alimentation des volailles. Des alternatives doivent donc être trouvées pour lutter contre les coccidioses dans ces élevages. En attendant le développement de vaccins ou pour compléter leur action, l'alimentation pourrait apporter des solutions. Cet chapitre fait le point sur les différents composants alimentaires et les modes d'alimentation qui ont fait l'objet d'études et pourraient être des voies vers lesquelles s'orienter.

I / Composants de l'aliment

I.1 / Macroconstituants :

A / Les Glucides:

Les glucides représentent les constituants majeurs de l'aliment. Ils ont fait l'objet d'études dans le cadre du contrôle du développement des coccidies, en particulier les fibres et les polysaccharides non amylacés.

-Les fibres:

Les fibres ont des effets aggravants lors d'infection par *E. tenella*. Des aliments riches en fibres (10 % au lieu de 6,5 %) entraînent des coccidioses caecales aiguës, avec des hémorragies et des mortalités. Les fibres distendent le proventricule et le gésier. Ce dernier n'a plus sa fermeté associée à sa musculature. Le matériel fibreux bouche les caeca et tend à s'accumuler dans l'intestin, favorisant une activité bactérienne intense qui exacerberait le pouvoir pathogène d'*E. tenella*.

Des poulets infectés avec *E. tenella* et *E. acervulina*, consommant des régimes riches en fibres (jusqu'à 9 %), présentent les mêmes scores lésionnels mais produisent moins d'oocystes que ceux consommant des régimes sans fibres. (Muir et Bryden 1992)

Ohara et Yamauchi (2000) montrent un effet des fibres sur la morphologie et le fonctionnement de l'intestin. Ces modifications pourraient agir indirectement sur le développement des coccidies.

Malgré des résultats contradictoires, les études les plus récentes montrent un effet bénéfique des fibres, limitant la multiplication du parasite.

-Les polysaccharides non amylacés:

Les polysaccharides non amylacés (PNA) sont des composés présents dans les céréales. Dans le cas du blé, de l'avoine et du seigle, ce sont majoritairement des arabinoxylanes et, dans le cas de l'orge, des beta-glucanes. Ils confèrent une viscosité au contenu de l'intestin entraînant des désordres digestifs. Les problèmes liés aux PNA peuvent être résolus en ajoutant dans les régimes alimentaires des enzymes telles que les pentosanases.

Chez des poulets de souche ponte, l'addition de mélanges enzymatiques contenant des pentosanases à un régime blé réduit la baisse de croissance due à une infection coccidienne à *E. acervulina* et *E. tenella*. Chez des souches à croissance rapide, l'effet est moins net. La viscosité intestinale, bien que moindre lors de coccidiose, favoriserait le développement des coccidies en ralentissant le transit.

Pour étudier l'effet spécifique de la viscosité, certains auteurs incorporent dans l'aliment d'animaux infectés par des coccidies un composant visqueux synthétique (la carboxyméthylcellulose ou CMC) (Morgan et Catchpole 1996). Ainsi Banfield *et al* (1999) observent que la CMC entraîne une réduction de l'efficacité alimentaire lors d'une infection par *E. acervulina*, mais n'a pas d'effet sur la production d'oocystes. Cependant, l'inclusion de quantités croissantes de CMC dans le régime, n'a pas d'effet clair sur les performances et les lésions lors d'une inoculation modérée avec *E. acervulina* et *E. praecox* (Waldenstedt *et al* 2000). La viscosité des digesta augmente lorsque la teneur en CMC augmente chez des femelles de souche chair saines ou inoculées avec *E. acervulina* et *E. praecox*, mais nettement moins chez les inoculées. En fait, l'infection coccidienne, par le changement osmotique et la diminution de l'absorption qu'elle induit, diminuerait la viscosité des contenus digestifs du jéjunum de façon variable selon les individus. La CMC pourrait ne pas être physicochimiquement comparable aux PNA des graines quant à son effet sur les modifications des contenus intestinaux. Par ailleurs, lors d'une infection coccidienne par *E. acervulina*, Banfield *et al* (1999) ne constatent aucun effet de la proportion de blé dans l'aliment (20 et 40 %).

L'effet de la viscosité due aux matières premières contenant des PNA n'est donc pas net.

L'effet positif des enzymes sur les infections coccidiennes pourrait être lié à d'autres effets que la réduction de viscosité.

Les PNA de l'orge, des beta-glucanes, pourraient avoir un effet sur les coccidioses. Ces molécules peuvent transiter dans le tube digestif et traverser la barrière intestinale sans être dégradées. Chez les mammifères, les beta-glucanes ont une action immunomodulatrice. Ils agissent sur leurs cellules cibles (monocytes / macrophages, neutrophiles, cellules tueuses naturelles) par des récepteurs membranaires (Elstad *et al* 1994, Szabo *et al* 1995). Cependant aucune donnée sur l'influence des beta-glucanes sur le système immunitaire des oiseaux n'est disponible.

Les PNA présents dans le blé, l'avoine et le seigle semblent ne pas avoir d'effet lors de coccidioses. Dans le cas des PNA d'orge, le système immunitaire pourrait être impliqué. Cependant, dans les deux cas, des études complémentaires sont nécessaires pour connaître l'effet de ces composants.

-Différents types de glucides:

En incorporant dans un régime synthétique différents types de glucides représentant 50 % du régime, **Matsuzawa (1979)** observe des effets lors d'une forte inoculation par *E. tenella*. Certains de ces glucides entraînent des pertes de poids et des excrétions d'oocystes plus importantes que les glucides d'un régime commercial. Parmi eux, l'amidon de pomme de terre augmente les lésions caecales, l'amylose ne les modifie pas, et le lactose les diminue. Le mannose, qui conduit à des gains de poids plus faibles que les glucides commerciaux, entraîne moins de lésions sans modification de l'excrétion d'oocystes. D'autres glucides, qui n'ont pas d'effet négatif sur la croissance, augmentent cependant l'excrétion d'oocystes. Parmi eux, le d-fructose entraîne une augmentation des lésions, alors que le maltose, le saccharose, l'amylopectine et le glucose ne les modifient pas. Tous ces glucides présents en forte concentration dans le régime (50 %) diminuent le gain de poids ou augmentent le nombre d'oocystes excrétés. Ils pourraient agir par l'intermédiaire de la flore intestinale.

B /les protéines:

L'effet le plus important des protéines est lié à leur concentration dans le régime. Aussi bien dans le cas d'espèces colonisant les parties antérieures du tube digestif que les parties terminales, les très faibles concentrations de protéines entraînent une diminution du développement des coccidies.

Des régimes pauvres en protéines (13 % au lieu de 17 %) empêchent le développement de coccidioses caecales chroniques. Un régime contenant 0 ou 5 % de protéines à la place de 15 à 30 % diminue les lésions et la mortalité dues à une infection par *E. tenella*. De même, une diminution du nombre d'oocystes excrétés lors d'une infection par *E. acervulina* lorsque le régime contient 16 % ou 20 % au lieu de 24 % de protéines, et une baisse de la mortalité (40 à 27,5 %) en présence d'*E. tenella* lorsque la teneur en protéines du régime passe de 24 à 16 %.

Korver et al (1997) attribuent cet effet bénéfique à une suppression de la stimulation de la libération d'enzymes pancréatiques qui participent à la libération des sporozoïtes des sporocystes. Cependant, ces enzymes pourraient ne pas être indispensables comme le montre le développement, bien que diminué, d'*E. tenella* lorsque les oocystes sont inoculés au niveau du diverticule de Meckel ou dans les caeca (**Guyonnet et al 1989**). La prolifération bactérienne provoquée par des taux élevés de protéines pourrait aussi, dans le cas de coccidioses caecales, expliquer le plus fort développement de cette pathologie. Cependant avec des teneurs en protéines usuelles (17,1 % contre 22,3 %), (**Waldenstedt et al 2000**), lors d'une infection mixte sub-clinique à *E. tenella* et *E. maxima* il y a pas d'effet du taux protéique sur la mortalité ou l'excrétion d'oocystes. En fait, un effet favorable du taux de protéines, diminuant le développement des coccidies, n'est observé que pour des concentrations très faibles qui deviennent néfastes à la croissance de l'animal.

L'origine de la source protéique peut aussi avoir un effet. Ainsi, le soja cru entraîne une atténuation de la baisse de poids et une diminution des lésions causées par plusieurs espèces d'*Eimeria* par rapport à du soja cuit (**Mathis et al 1995**). Cet effet est attribué à la présence d'inhibiteurs de protéases limitant l'excystation des sporozoïtes. Cependant l'hypersécrétion pancréatique ainsi que la baisse de poids entraîné par le soja cru éliminent son avantage face aux coccidies.

C / les lipides:

- Acides gras à chaîne moyenne:

La longueur des chaînes d'acides gras alimentaires affecte les animaux lors de coccidiose. Ainsi, l'huile de noix de coco (acides gras à chaîne moyenne, C12:0 et C14:0) en remplacement de graisse animale (acides gras à longue chaîne, C18:1) entraîne une amélioration de la digestion des lipides et une augmentation des performances lors d'une forte infection par *E. acervulina*. Les auteurs de cette étude expliquent cette observation par la meilleure utilisation des acides gras à chaîne moyenne par rapport aux acides gras à longue chaîne. En particulier, les acides gras à chaîne moyenne ne nécessitent pas de sels biliaires pour être dispersés. Or ceux-ci semblent déficitaires suite à une infection coccidienne (**Adams et al 1996**). Par

ailleurs, les acides gras à chaîne moyenne sont absorbés plus facilement par une muqueuse endommagée (**Babayan 1987**).

- Acides gras saturés et insaturés:

Avec un régime purifié sans lipide ou avec de l'huile de noix de coco (acides gras saturés), les lésions et la mortalité dues à une forte infection coccidienne caecale ou intestinale sont plus faibles qu'avec un régime maïs-soja ou un régime synthétique supplémenté avec de l'huile de maïs (acides gras essentiels). De même, lors d'une infection par *E. acervulina*, les performances sont meilleures avec de l'huile de noix de coco (acides gras saturés) que de l'huile de soja (acides gras insaturés) (**Adams et al 1996**). Les acides gras essentiels semblent nécessaires à l'expression de la pathologie. Ceci pourrait être dû aussi bien aux besoins du parasite qu'à ceux de l'épithélium intestinal de l'hôte pour le développement du parasite.

-Acides gras n-3 et n-6:

Ces acides gras font partie des acides gras polyinsaturés. Compte tenu de l'effet bénéfique des acides gras n-3 en santé humaine pour réduire les maladies cardiovasculaires, de nombreuses études sont effectuées pour les incorporer aux aliments destinés à l'Homme, en particulier dans les volailles. Or en plus de cet effet bénéfique pour la santé humaine, les acides gras n-3 ont un effet positif dans la lutte contre les maladies parasitaires, et en particulier les coccidioses aviaires caecales. Ainsi, lors d'infection par *E. tenella*, l'huile de poisson (2,5 à 10 %) ou de lin (10 %), entraîne une réduction des lésions, un retard de développement du parasite et parfois un meilleur gain de poids (**Korver et al 1997**).

Cet effet positif des acides gras n-3 peut être lié au stress oxydatif qu'ils créent aussi bien sur les cellules de l'hôte que sur celles du parasite (**Allen et Danforth 1998**).

L'effet des acides gras n-3 peut aussi être dû à leurs propriétés immunomodulatrices. Cette action peut se manifester aussi bien au niveau de la réponse immunitaire primaire que de la réponse immunitaire spécifique. En ce qui concerne la réponse immunitaire primaire, un régime avec un rapport n-3 / n-6 élevé offre une protection contre l'effet négatif de la réponse inflammatoire sur les performances. Cependant aucune relation claire n'a été trouvée entre la croissance et la sévérité de la réponse inflammatoire à *E. tenella*. Quant à la réponse immunitaire

spécifique, un apport modéré d'huile de poisson (1 à 2 %) entraîne une augmentation de la réponse cellulaire qui joue un rôle prépondérant dans le contrôle des coccidioses (Korver et Klasing 1997). Cependant, l'effet inverse est observé avec des teneurs élevées en huile de poisson (7 %) (Fritsche et Cassity 1992).

Cependant, dans le cas d'une infection modérée ou sévère par une espèce jéjunale (*E. maxima*), les acides gras d'huile de poisson n'empêchent pas le développement des parasites (Allen et Danforth 1998). Les acides gras insaturés engendreraient un stress oxydatif qui affecterait le développement d'*E. tenella* mais pas celui d'*E. maxima*. Cette différence de sensibilité proviendrait du site de développement différent de ces deux espèces. *E. tenella*, qui infecte les caeca relativement pauvres en oxygène, serait plus sensible au stress oxydatif qu'*E. maxima* qui parasite la portion moyenne de l'intestin.

Cependant, l'apport de quantités importantes de vitamine E pour limiter l'oxydation des acides gras polyinsaturés, 35 UI / kg d'aliment au lieu de 4,2 à 21 UI / kg, annule l'effet positif observé dans le cas d'*E. tenella* (Allen et al 2000).

I.2 /Les Microconstituants:

A / Les Minéraux:

-Calcium:

Le calcium semble avoir un effet sur les coccidioses. Ainsi lors d'une infection par *E. tenella*, le dépassement de la concentration alimentaire optimale (2 % au lieu de 1 %) entraîne une augmentation de la mortalité et des gains de poids plus faibles. Cet effet est attribué à l'action activatrice du calcium sur la trypsine, enzyme qui participe à l'excystation des sporozoïtes. Cependant, comme on l'a vu précédemment, l'action des enzymes pancréatiques ne semble pas indispensable. L'effet négatif du calcium en excès (1,8 ou 2,7 %) est confirmé lors d'une infection par *E. acervulina*. Il se traduit par une diminution du gain de poids et de l'efficacité alimentaire (Bafundo et al 1984). Il s'agit en fait d'une amplification du phénomène observé chez des animaux sains. Avec un excès plus faible (1,5 %), Watkins et al (1989) qui observent aussi un effet négatif de l'excès de calcium sur le gain de poids d'animaux sains, dû à une baisse de l'ingéré, n'observent pas d'effet chez des animaux infectés par *E. acervulina*. Ceci peut être dû à la réduction de l'efficacité de l'absorption et de

l'utilisation du calcium par les animaux infectés. Cependant, une équipe indienne obtient une meilleure rétention azotée avec 2 % de calcium au lieu de 1 % lors d'une infection mixte par *E. tenella*, *E. acervulina* et *E. necatrix* (Khanagwal *et al* 1998).

L'effet négatif du calcium sur les performances d'animaux infectés, mais aussi d'animaux sains, n'est donc observé que lors de larges excès, 2 % au lieu de 1 %.

-Tampon alimentaire:

Le pH duodéal est diminué lors d'une infection par *E. acervulina*. Une augmentation de ce pH par l'addition d'une substance tampon dans l'aliment pourrait éviter cette acidose et avoir un effet favorable sur les performances de l'animal. Ainsi, l'addition d'hydrogénocarbonate de sodium (1 %) tend à améliorer le gain de poids et l'indice de consommation d'animaux infectés par *E. acervulina*, de façon plus importante que chez des animaux sains (Fox *et al* 1987). Par contre la baisse du pH duodéal liée à la coccidiose persiste. Les auteurs émettent l'hypothèse que le statut électrolytique du régime doit supprimer en partie l'acidose induite par les coccidies, autre que celle du tube digestif.

Cependant Augustine (1997, citée par Hooge *et al* 1999) observe que l'hydrogénocarbonate de sodium entraîne une augmentation du nombre de sporozoïtes d'*E. Maxima* et *E. acervulina* dans la paroi intestinale. En présence d'un anticoccidien ionophore tel que le monensin, l'invasion par les sporozoïtes d'*E. Acervulina* ou *E. maxima* est aussi augmentée. Elle est associée à une réduction du nombre de lésions et une augmentation des performances. Hooge *et al* (1999) observent aussi que l'hydrogénocarbonate de sodium (0,2 à 0,4 %) améliore les performances et diminue les lésions lors d'infections coccidiennes naturelles ou lors d'une inoculation mixte avec trois espèces (*E. acervulina*, *E. maxima*, *E. tenella*), en présence d'anticoccidiens ionophores, tels que le monensin ou la salinomycine.

L'hydrogénocarbonate de sodium a donc un effet potentialisateur des anticoccidiens ionophores. D'après Augustine, l'hydrogénocarbonate de sodium entraîne une augmentation de l'invasion coccidienne stimulant l'immunité et favorisant ainsi la résistance à une infection ultérieure.

L'hydrogénocarbonate de sodium permet donc une amélioration des performances surtout en présence d'anticoccidiens ionophores.

-Magnésium:

Certains minéraux sont présents en quantités importantes dans les aliments pour volailles or ils peuvent augmenter les effets néfastes des coccidioses. Ainsi un excès de magnésium (0,3 %, l'optimum étant de 0,042 %) sous forme d'oxyde de magnésium entraîne une baisse de performance plus marquée chez les animaux infectés par *E. acervulina* que chez des animaux sains. Cependant un excès de magnésium sous forme de carbonate (0,6 ou 1,2 %, ou de sulfate 0,3 %, n'a pas d'effet. La forme d'inclusion du minéral est donc à prendre en considération. D'après l'action du magnésium, lorsqu'elle est observée, peut être liée à ses propriétés laxatives. (Giraldo *et al* 1987).

B / Les oligoéléments:

La plupart d'entre eux (cadmium, cobalt, cuivre, fer, plomb et manganèse) aggrave les effets d'*E. acervulina* du fait de l'augmentation de leur absorption, accentuant leur toxicité. En revanche, du fait de son moindre dépôt tissulaire, le zinc s'oppose aux autres oligoéléments par son action positive sur le gain de poids lors d'une infection par *E. acervulina* (Bafundo *et al* 1984). Dans le cas du cuivre, bien que son dépôt tissulaire augmente comme pour la plupart des oligoéléments, une équipe allemande observe une diminution de la mortalité lors d'une infection par *E. tenella*. Ceci peut être dû à l'action inhibitrice de ce minéral sur la trypsine qui intervient dans l'excystation des sporozoïtes. (Czarnecki et Baker 1984)

-Sélénium:

L'apport de sélénium (0,25 à 1 ppm) diminue la chute de gain de poids d'animaux immunisés, lors d'une forte ré-infection avec *E. tenella* (Colnago *et al* 1984). Cet effet bénéfique sur le poids, ainsi qu'une baisse de la mortalité sont aussi observés chez des animaux non immunisés lors d'une infection par *E. tenella* ou par cinq espèces de coccidies. Ces résultats suggèrent que le sélénium augmente non seulement la réponse immunitaire spécifique des poulets, mais stimule aussi le mécanisme de défense à une infection primaire, améliorant globalement le système de défense immunitaire du poulet contre les infections coccidiennes. Cette protection peut être due à la réduction de la synthèse de prostaglandine chez les animaux infectés. Cependant, l'effet du sélénium alimentaire dépend de l'espèce d'*Eimeria*. Ainsi l'apport de sélénium ne diminue pas la mortalité dans le cas d'espèces

intestinales comme *E. necatrix* ou *E. maxima*, alors qu'il est efficace dans le cas d'*E. Tenella* (Colnago et al 1984). En pratique, pour une expression complète de l'immunité, les besoins en sélénium sont supérieurs aux recommandations NRC (0,1 ppm).

C / Les vitamines:

-Vitamines liposolubles:

L'apport de vitamine A a un effet positif sur les performances zootechniques, la réduction de la mortalité et du nombre d'oocystes excrétés par les animaux infectés aussi bien dans le cas d'espèces intestinales comme *E. acervulina* que caecales comme *E. tenella*. L'effet de la vitamine A semble dépendre de la quantité de vitamine D. La vitamine A agit sur l'intégrité des muqueuses, du fait de son action antioxydante, mais ils n'observent pas de changement lié à la teneur en vitamine A des régimes (4400 UI/kg au lieu de 440 UI/kg) dans l'épithélium intestinal ou dans la colonisation des parasites lors d'une infection par *E. acervulina*. L'effet de la vitamine A peut aussi s'expliquer par son action sur la réponse immunitaire. En pratique, des apports supérieurs aux recommandations formulées pour l'animal sain sont favorables à la résistance aux coccidioses, soit 2 500 UI/kg au lieu de 1 600 UI/kg, du fait de la diminution de l'absorption de cette vitamine (Dalloul et al 2000).

La vitamine D a fait l'objet de très peu de travaux. Elle a un effet négatif si elle est apportée en fortes doses lors d'une infection par *E. tenella*, qui serait dû à la destruction de vitamine A. La vitamine D peut aussi avoir un effet dû à son action immunosuppressive (Thomasset 1994). Elle inhibe la prolifération lymphocytaire et la production d'immunoglobulines, bloquant entre autres la production d'interleukine2 et d'interféron gamma qui jouent un rôle important dans le contrôle des coccidioses.

La vitamine E est un terme générique utilisé habituellement pour désigner les différents tocophérols. Ceux-ci se distinguent entre eux par le nombre et la situation des groupements méthyles fixés sur le noyau hydroxychromane. L'alpha-tocophérol est celui que l'on rencontre le plus fréquemment dans la nature et celui qui présente l'activité biologique la plus élevée. Le gamma-tocophérol a une activité vitaminique réduite (15 % environ de l'activité de la forme alpha), mais un pouvoir antioxydant plus élevé.

Un apport élevé d'alpha-tocophérol (50 UI/kg) par rapport à la quantité recommandée (10 UI/kg), diminue la baisse de croissance d'animaux immunisés, lors d'une infection par *E. tenella* (Colnago *et al* 1984). Cet effet bénéfique, ainsi qu'une baisse de la mortalité sont aussi observés chez des animaux non immunisés lors d'une infection par *E. tenella* ou par cinq espèces de coccidies (Jensen *et al* 1978, Colnago *et al* 1984). Comme dans le cas du sélénium, ceci suggère que la vitamine E augmente non seulement la réponse immunitaire spécifique des poulets, mais stimule aussi le mécanisme de défense à une infection primaire. En fait, pour une expression complète de l'immunité, les besoins en vitamine E sont supérieurs aux recommandations NRC.

Le gamma-tocophérol est présent dans les huiles de graines de lin, de blé, de maïs et de soja. L'introduction de 8 ppm de gamma-tocophérol dans des régimes distribués à des poulets infectés avec *E. maxima*, améliore le gain de poids, diminue le nombre de lésions et le nombre d'oocystes excrétés, mais a peu d'effets dans le cas d'une infection par *E. tenella* (Allen *et al* 1998). Le gamma-tocophérol, par son action antioxydante, peut séquestrer les oxydes d'azote réactifs tels que les nitrites de peroxyde produits durant des réponses inflammatoires chez l'hôte infecté, limitant la destruction de la muqueuse. La production particulière de ce type de composant par *E. maxima*, qui est l'espèce la plus immunogène, peut expliquer l'action spécifique du gamma-tocophérol.

L'effet de la vitamine K a été observé depuis longtemps dans le cas des espèces hémorragiques telles qu'*E. tenella* et *E. necatrix*. Ainsi cette vitamine entraîne une baisse de la mortalité, mais n'a pas d'effet sur le gain de poids ou le sang fécal, et peu d'effet sur l'hématocrite. Cette vitamine ajoutée à des régimes déficients n'a pas d'effet dans le cas d'espèces non hémorragiques telles que *E. acervulina*, *E. brunetti* ou *E. maxima*. L'effet de la vitamine K est dû à son action coagulante. Les recommandations sont de 8 ppm en cas de coccidiose au lieu de 0,5 ppm (NRC 1994).

-Vitamines hydrosolubles:

La vitamine C est synthétisée par les poulets, mais, chez les souches à croissance rapide, sa synthèse est limitée et les forts taux de croissance durant les trois premières semaines augmentent les besoins. Lors d'un stress environnemental tel qu'une coccidiose, l'utilisation ou la synthèse de l'acide ascorbique est altérée (Pardue *et*

Thaxton 1986), ce qui rend nécessaire son ajout dans la ration. L'effet de la vitamine C en présence de coccidiose est l'objet de controverse. Ainsi, avec différentes espèces coccidiennes inoculées séparément, il n'y aura pas d'effet de cette vitamine sur le gain de poids et la mortalité, alors qu'avec un mélange de cinq espèces, ils observent un meilleur gain de poids mais une plus forte mortalité. Avec une souche pondeuse égyptienne (Fayoumi), **Attia et al (1978)** notent que l'apport de vitamine C diminue la mortalité et améliore les gains de poids lors d'une coccidiose due à *E. tenella*. Dans une étude plus récente, **McKee et Harrison (1995)** n'observent pas de modification des gains de poids, mais une augmentation de l'ingéré, diminuant ainsi l'efficacité alimentaire lors d'une infection par *E. tenella*. Ils constatent également une augmentation de l'immunité cellulaire impliquée dans la résistance aux coccidioses. En fait, cette vitamine diminue de façon non spécifique l'effet d'un stress tel qu'une maladie. De plus, comme l'acide ascorbique est un antioxydant, stabilisateur de membranes, sa supplémentation alimentaire peut permettre d'accélérer la réparation des tissus et la restauration des fonctions intestinales. La vitamine C pourrait donc avoir un effet bénéfique qui reste cependant à confirmer.

Les vitamines B stimulent le développement de certaines espèces d'*Eimeria*. Par exemple, lors d'une infection par *E. tenella*, la vitamine B1 entraîne une augmentation de l'excrétion d'oocystes et de la mortalité. Ceci s'explique par les besoins en vitamines B des coccidies pour les différentes phases de leur développement. Ainsi de nombreux anticoccidiens sont des antagonistes ou analogues de ces vitamines. Par contre des teneurs élevées en acide para-aminobenzoïque (ou APAB), qui est la partie centrale de la vitamine B9, diminuent la quantité d'oocystes excrétée chez des animaux infectés par *E. tenella*, et diminue même selon **Waldenstedt et al (2000)** la perte de gain de poids lors d'une infection mixte par *E. tenella* et *E. maxima*. Cependant ces derniers auteurs n'observent pas de baisse du nombre d'oocystes excrétés. Cet effet d'une quantité élevée d'APAB reste inexpliqué.

I.3 / Autres composants alimentaires:

a / Matières premières:

-Régimes à base de blé ou de maïs:

Colnago *et al* (1984) observent que le maïs contient un composant non déterminé qui augmente la mortalité et la perte de gain de poids dues à *E. tenella*. Cependant, la mortalité due à *E. tenella* s'avère moins élevée avec des régimes à base de maïs qu'avec des régimes à base de blé (Williams 1992). De plus, lors d'une infection mixte par *E. tenella* et *E. acervulina*, les gains de poids sont meilleurs avec un régime à base de maïs, qu'un régime à base de blé (Morgan et Catchpole 1996). Williams (1992) explique la différence de réaction à la coccidiose par les plus fortes teneurs en vitamines A et E des régimes maïs. De plus, les plus fortes concentrations de niacine et de riboflavine dans le blé pourraient augmenter l'effet pathogène des coccidies, comme l'a montré. L'effet négatif du blé peut aussi être lié à son action sur la flore bactérienne. Par ailleurs, l'effet du type de céréales peut être dû à leur action dans la réponse immunitaire. Cependant des études sont nécessaires pour confirmer l'effet bénéfique du maïs par rapport au blé. (Korver et Klassing 1997).

-Produits issus du lait:

D'anciennes études rapportent un effet bénéfique du lait écrémé introduit dans l'aliment, lors d'infection par *E. tenella* (Beach et Corl 1925). Ainsi l'inclusion de babeurre, de lait écrémé ou de lactosérum était recommandée bien que l'efficacité de ces produits soit l'objet de controverses scientifiques. Ils pourraient agir en modifiant la flore intestinale.

-Le blanc d'œuf:

L'addition de blanc d'œuf à l'aliment diminue le nombre d'oocystes excrétés chez des poulets infectés par *E. acervulina*, *E. tenella* et *E. maxima*. Une protéine présente dans le blanc d'œuf, l'avidine, inactiverait la biotine, nécessaire au développement du parasite. Mais selon Sherkov (1976), la supplémentation d'un régime avec 25 % de blanc d'œuf entraîne une plus forte excrétion d'oocystes d'*E. tenella* et une plus forte mortalité qu'avec un apport de 5 %. L'auteur attribue cet effet à la thiamine. Mais avec 50 % de blanc d'œuf, l'excrétion d'oocystes est plus faible

qu'avec 5 et 25 %, bien qu'elle soit toujours supérieure au témoin. L'effet du blanc d'œuf reste donc à élucider.

-Régimes synthétiques:

Lors d'infections par *E. tenella* à fortes doses, les régimes synthétiques semblent avoir un effet protecteur par rapport à des régimes commerciaux maïs-soja de composition voisine en nutriments. Ainsi un régime synthétique n'entraîne pas d'augmentation de la mortalité comme un régime commercial et permet en outre de réduire l'infection (volume de cellules sanguines, lésions caecales) (Colnago *et al* 1984). Sherkov (1976) suggère la présence de composants dans les régimes commerciaux augmentant l'effet néfaste d'*E. tenella* ou la présence d'ingrédients dans les régimes synthétiques favorisant la résistance à cette infection. Cependant il n'observe aucun effet de la source de protéines ou de l'apport de cellulose (voir précédemment). L'origine de l'effet bénéfique des régimes synthétiques reste donc inconnue. La sous-consommation de ces régimes avant infection peut être responsable d'une meilleure réponse immunitaire lors de l'infection ultérieure (voir plus loin l'effet bénéfique d'une restriction alimentaire).

Par contre, dans le cas d'infection par des espèces intestinales, un régime synthétique n'a pas d'effet significatif par rapport à un régime maïs-soja (Colnago *et al* 1984).

-Mycotoxines:

Les mycotoxines sont produites par les champignons susceptibles de se développer dans les aliments. Dans le cas d'une infection par *E. tenella*, l'aflatoxine augmente la mortalité de façon importante. Ceci peut s'expliquer par l'effet cumulé d'*E. tenella* et de l'aflatoxine sur la coagulation sanguine, les hémorragies dues à la coccidiose caecale sont plus graves en présence d'aflatoxine, ce qui augmente la mortalité. Dans le cas d'une infection par *E. acervulina*, l'aflatoxine entraîne une plus forte diminution du gain de poids, de l'efficacité alimentaire et de la pigmentation plasmatique. L'aflatoxine seule entraîne aussi ces mêmes symptômes. L'association de ces deux phénomènes est additive et non pas synergique.

Dans certains cas, les mycotoxines affectent l'efficacité des anticoccidiens. Ainsi en présence d'aflatoxine, le contrôle d'*E. tenella* par le monensin est réduit, mais

l'amprolium reste efficace, et le contrôle d'*E. acervulina* par le monensin n'est pas réduit (Southern *et al* 1984).

B / Extraits de plantes:

De nombreuses méthodes alternatives aux anticoccidiens sont proposées en pratique, telles que l'homéopathie, la phytothérapie et l'aromathérapie, et utilisées en particulier dans les élevages biologiques. Il est difficile de juger de leur efficacité car peu ont fait l'objet de travaux expérimentaux publiés. (Répérant 2001)

-Bétaïne:

La bétaïne, qui est un sous-produit de l'industrie de la betterave sucrière, a fait récemment l'objet de plusieurs travaux aux USA et en Suède. Elle semble avoir un effet positif dans la lutte contre les coccidioses. Ainsi en Suède, Waldenstedt *et al* (1999) montrent que l'addition de bétaïne à l'aliment réduit la perte de gain de poids durant une infection par un mélange de différentes espèces coccidiennes aussi bien intestinales que caecales. Virtanen (1995) montre aussi un effet positif sur la digestibilité de plusieurs nutriments. Mais la bétaïne agit surtout comme potentialisateur de certains anticoccidiens ionophores, comme la salinomycine.

Ainsi chez des animaux infectés par *E. tenella*, *E. acervulina* et *E. maxima*, le gain de poids et l'efficacité alimentaire sont significativement améliorés lors d'une association bétaïne (0,15 %) et salinomycine (44 ou 66 ppm), par rapport à chacun de ces composants administrés séparément (Augustine *et al* 1997). L'association de ces deux composants inhibe l'invasion par *E. tenella* et *E. acervulina* et le développement d'*E. acervulina*.

La bétaïne agit d'une part en limitant le développement du parasite dans le cas d'*E. acervulina*, d'autre part en maintenant l'intégrité des cellules intestinales du fait de son action osmoprotectrice. Les infections coccidiennes, principalement celles de l'intestin grêle, entraînent des diarrhées et des déshydratations. Or les fluctuations de l'hydratation cellulaire affectent de façon notable le métabolisme cellulaire (Häussinger 1996). La bétaïne, qui est un analogue de la choline (alcool azoté) et un donneur de méthyle, stabilise les membranes cellulaires par interaction avec les phospholipides membranaires pendant la déshydratation (Rudolph *et al* 1986). En protégeant contre le stress osmotique associé à la déshydratation, la bétaïne permet une activité métabolique normale des cellules. Cependant, l'action osmoprotectrice de

la bêtaïne sur les cellules intestinales existe aussi sur les cellules parasitaires. En effet la bêtaïne protège un grand nombre de types cellulaires des stress chimiques et environnementaux (**Kunin et Rudy 1991**) et protège les stades asexués d'*E. Acervulina* de l'action destructrice de la salinomycine (**Augustine et Danforth 1999**). Tout se passe comme si la bêtaïne permettait de maintenir une activité métabolique normale des cellules intestinales, qui permettrait la croissance normale des animaux même si l'infection coccidienne n'est pas stoppée.

Mais l'effet de la bêtaïne est controversé du fait des résultats variables obtenus selon les études. Ainsi, l'équipe de Southern observe, lors d'une infection par *E. acervulina*, une grande variation des effets de la bêtaïne avec ou sans monensin, selon les expériences, et dans certaines conditions, des effets négatifs. De même, en association avec un anticoccidien ionophore, comme le narasin. (**Matthews et Southern 2000**).

-Agrumes:

Une équipe vénézuélienne montre que deux produits issus d'agrumes ont un effet bénéfique contre les espèces d'*Eimeria* de l'intestin grêle, mais n'ont pas d'effet contre *E. tenella* dans les caeca (**Tamasaukas et al 1996**).

-Le violet de gentiane:

Le violet de gentiane est introduit en alimentation avicole pour ses actions antibactériennes, antifongiques et antiparasitaires dans le cas des helminthes. Ce produit a d'autres propriétés ayant pour effet d'améliorer les performances des volailles. Il a aussi des effets anticoccidiens. Ainsi, lors d'infections duodénales, le violet de gentiane permet d'améliorer le gain de poids et de diminuer les lésions. En association avec certains anticoccidiens, l'efficacité alimentaire peut aussi être améliorée. Artémisinine, issue de l'armoise amère ordinaire (*Artemisia annua*).

L'activité anti-malaria de cette plante médicinale est associée à l'artémisine, qui induit un état de stress oxydatif.

Une équipe coréenne montre que les extraits d'*Artemisia annua* améliorent le gain de poids, l'efficacité alimentaire, et diminuent les lésions lors d'une infection par *E. tenella* (**Oh et al 1995**). Ceci est confirmé par une étude américaine montrant qu'après une alimentation pendant trois semaines contenant des feuilles séchées de cette plante (5 % soit 17 ppm d'artémisinine) les animaux acquièrent une protection

contre les lésions dues à *E. tenella*, mais pas contre celles dues à *E. acervulina* ou *E. maxima*. Lorsque les animaux reçoivent pendant cinq semaines de l'artémisine pure (2 à 17 ppm) dans leur aliment, la production d'oocystes d'*E. tenella* ou *E. acervulina* est réduite, mais aucun effet n'est observé avec *E. maxima*. L'artémisine pure semble donc efficace contre deux espèces coccidiennes, et son activité dépend en partie du temps pendant lequel elle est ajoutée au régime avant l'infection. (Allen et al 1997).

-Épice curcuma (*Curcuma longa*):

L'épice curcuma est issue du rhizome de *Curcuma longa* et utilisée comme colorant alimentaire, mais aussi à des fins médicinales. Le composant actif est le curcumin, un composé phénolique présent à des concentrations de l'ordre de 1 à 5 %, ayant des propriétés antioxydante, anti-inflammatoire et anti-tumorale.

Chez le poulet infecté avec *E. maxima*, des régimes supplémentés avec 1 % d'épice curcuma améliorent le gain de poids, réduisent les lésions intestinales et les quantités d'oocystes excrétés. Le curcumin exercerait son effet anticoccidien par son action antioxydante sur le système immunitaire. Cependant, alors que cette épice a un effet contre *E. maxima*, elle est inefficace contre *E. tenella*. (Allen et al 1998).

-Origan (*Origanum vulgare*):

Les huiles essentielles d'*Origanum vulgare* sont connues pour leur action antibactérienne (Hammer et al 1999) et aussi contre certains parasites (Milhau et al 1997). Elles seraient en particulier bénéfiques pour les animaux souffrant de coccidiose, bien qu'à notre connaissance il n'y ait pas de travaux publiés sur le sujet.

-Autres extraits de plant:

Différentes études asiatiques portent sur l'effet d'extraits de plantes lors de coccidioses et ont fait l'objet de travaux publiés. Une équipe indienne (Mandal et al 1994) observe une réduction des lésions dues à *E. necatrix* avec l'utilisation d'un produit préparé à partir de différentes plantes locales (*Holarrhena pubescens*, *Berberis aristata*, *Embelia ribes* et *Acorus calamus*), inclus à 0,6 % dans le régime.

Le Bakin et le Karela, qui sont des préparations issues respectivement du lilas des indes (*Melia azedarach*) et du melon amer (*Momordica charantia*), diminuent les pertes de gain de poids et l'excrétion d'oocystes dus à une infection par un mélange de coccidies (Hayat et al 1996).

Plusieurs extraits de plantes asiatiques s'avèrent bénéfiques dans la lutte contre une coccidiose à *E. tenella*. Les racines du sophora (*Sophora flavescens*) permettent une baisse du taux de mortalité et des diarrhées sanguinolentes. Les graines et l'écorce d'un orme (*Ulmus macrocarpa*) et les racines d'une anémone de Corée (*Pulsatilla koreana*) diminuent le taux de mortalité et les lésions. Les fruits d'une combretacée (*Quisqualis indica*) améliorent le gain de poids. Le tronc et les racines de *Sinomenium acutum* réduisent les excréments sanglants. Ces deux derniers extraits retardent l'excrétion d'oocystes d'un à deux jours. (Youn et Noh 2001).

II / Présentation et mode d'alimentation:

En plus de l'effet de l'alimentation par ses constituants, son mode de présentation peut avoir un effet sur la santé animale. Ainsi un aliment contenant des graines entières ou une alimentation incluant des périodes de restriction influence le développement de coccidioses.

II.1/Structure des aliments:

Depuis quelques années, l'utilisation de graines entières dans l'alimentation des volailles fait partie des nouvelles pratiques d'élevage souhaitées par les consommateurs et permet une baisse des coûts de revient de l'aliment (Noirot *et al* 1998). Or ce mode d'alimentation a des effets sur les coccidioses. Ainsi, entre 1986 et 1992, l'équipe australienne de Cumming observe une diminution de l'excrétion d'oocystes et de la mortalité suite à une inoculation mixte, avec principalement *E. tenella* et aussi *E. acervulina* et *E. maxima* (Cumming 1992). Dans ces essais, l'alimentation est en libre choix et comporte des graines entières de céréales (60 à 70 %) et des concentrés protéiques contenant 40 % de protéines. Ces résultats obtenus en cage sont confirmés dans des conditions d'élevage au sol. De plus, des travaux expérimentaux effectués à l'université de New England (Australie) et des résultats de terrain en Europe confirment ces observations.

Cumming attribue l'effet bénéfique des graines entières à l'augmentation du poids du gésier (2 % du poids vif au lieu de 1,1 %) et une diminution du pH de son contenu ; les oocystes y seraient détruits mécaniquement et les sporozoïtes ne pourraient atteindre leur site d'infection. Ceci est en contradiction avec l'hypothèse que le broyage dans le gésier permet en brisant la coque de l'oocyste, la libération des

sporocystes (**Fernando 1990**). Cette étape de l'excystation reste en fait encore mal comprise.

D'autres modifications du tube digestif pourraient être à l'origine du moindre développement des coccidioses intestinales. De même que certains composants alimentaires peuvent modifier la morphologie intestinale, la taille des particules de l'aliment peut dans certains cas avoir un effet. Par exemple, chez le porc, de grosses particules de maïs entraînent une augmentation du rapport hauteur des villosités / profondeur de la lamina propria, signe d'un tractus intestinal plus fonctionnel et sain (**Healy et al 1994**).

Pendant des résultats récents obtenus en Europe ne montrent aucun effet, ou même parfois des effets négatifs. Ainsi, en incorporant de 10 à 30 % de graines entières de blé dans un régime, **Waldenstedt et al (1998)** qui constatent aussi une augmentation du poids du gésier (de 1,2 à 1,5 % du poids vif), bien que plus modérée que celle observée par **Cumming (1992)**, n'observent pas d'effet lors d'une inoculation sub-clinique avec *E. tenella* ou *E. maxima*. Lors d'une infection modérée avec *E. acervulina*, **Banfield et al (1998)** n'observent pas de changement dans l'excrétion d'oocystes avec une inclusion de 20 % de grains de blé dans l'aliment au lieu de 20 % de blé broyé, malgré une augmentation du poids du gésier. De même, **Banfield et al (2001)** ne montrent aucun effet de la substitution de blé entier (40 %) sur les performances et l'excrétion d'oocystes due à une infection par *E. acervulina*.

Cependant, en substituant 20 ou 40 % de blé broyé par des graines entières, **Banfield et al (1999)** font apparaître une plus forte production d'oocystes et une moins bonne efficacité alimentaire lors d'une infection par *E. acervulina*. Dans notre laboratoire, nous observons aussi lors d'infections par *E. acervulina*, *E. maxima* ou *E. tenella*, la dégradation des performances zootechniques et l'augmentation du développement des parasites en présence de graines entières de blé (40 % du régime) (**Créviu-Gabriel et al 2001**). Par ailleurs, l'introduction de graines entières de blé entraîne une diminution de l'activité de plusieurs enzymes intestinales, traduisant ainsi une baisse de la fonctionnalité de l'intestin (**Créviu-Gabriel et al 2001**). Les animaux auraient donc de moins grandes capacités digestives intestinales que ceux consommant des régimes finement broyés, ce qui les pénaliseraient de façon plus importante lors des dégradations causées par les parasites.

L'alimentation sous forme de graines entières a donc un effet qui pourrait dépendre en particulier de son taux d'introduction et du temps pendant lequel elle est

utilisée avant l'infection. Des études se poursuivent actuellement dans notre laboratoire pour déterminer les conséquences de ce mode d'alimentation lors de coccidioses selon les conditions d'application.

II.2/Restriction alimentaire:

Une restriction alimentaire trois semaines avant une infection avec *E. tenella* entraîne une diminution des lésions par rapport à la même alimentation *ad libitum* (Zulkifli *et al* 1993). Le stress précoce induit par la restriction alimentaire entraînerait une meilleure capacité de réponse des animaux à des stress ultérieurs telle qu'une infection coccidienne.

Par ailleurs, la restriction alimentaire ou la mise à jeun induisent une augmentation du niveau de corticostéroïdes, bien que cette modification endocrine diminue avec le temps comme si les animaux s'adaptaient à la restriction alimentaire (Goddeeris et Mast 1999). Ce mode d'alimentation aurait un effet bénéfique lors d'infection, médiée par la réduction des métabolites de l'acide arachidonique, et plus probablement par modulation de certaines réponses immunitaires.

Conclusions et perspectives:

Un aliment de bonne qualité, protéines, minéraux et vitamines, non carencé et dépourvu d'agents pathogènes apporte au poulet de chair les nutriments dont il a besoin pour croître normalement jusqu'à l'âge d'abattage.

De plus une consommation d'eau contrôlée et un environnement sain jouent un rôle important sur la santé de l'animal et de la qualité du produit final.

Par exemple, une absence de ventilation adéquate, odeur d'ammoniac, litière humide entraîneront à l'abattage des carcasses dépréciées.

De très nombreux composants alimentaires ainsi que des modes d'alimentation agissent donc via différents mécanismes sur le développement des coccidioses (figure 04).

L'hypothèse de l'action directe sur la multiplication du parasite est avancée dans le cas des vitamines B, des acides gras essentiels, des composants responsables de stress oxydatifs comme les acides gras n-3, et de l'artémisine. Une concentration protéique élevée de l'aliment stimulerait le développement des coccidies en augmentant les sécrétions pancréatiques, favorisant l'excystation. Les fibres et les produits issus de l'industrie laitière agiraient par l'intermédiaire de la flore intestinale tandis que les acides gras n-3, les vitamines A, E et C, les anti-oxydants (gamma-tocophérol, curcumin), les beta-glucanes, ou la restriction alimentaire renforceraient la réponse du système immunitaire de l'animal. L'alimentation peut intervenir sur l'intégrité de la muqueuse intestinale soit par une action anti-hémorragique (vitamine K), soit par une action osmoprotectrice (bétaine). Elle pourrait aussi interférer avec le développement des parasites en modifiant les caractéristiques des contenus intestinaux comme leur viscosité (blé), ou en modifiant la morphologie et la physiologie du tube digestif (grains entiers).

Cependant les études des effets de plusieurs facteurs alimentaires conduisent à des résultats souvent contradictoires qui peuvent provenir des conditions expérimentales différentes.

Par ailleurs, parmi les différents composants alimentaires étudiés, les effets bénéfiques de plusieurs d'entre eux ne sont pas utilisables dans la pratique pour diverses raisons. C'est le cas d'une diminution de la teneur de l'aliment en protéines, bénéfique dans la lutte contre la coccidiose mais néfaste pour l'hôte. De même, les

apports alimentaires en certaines vitamines ne peuvent pas être modifiées car elles interviennent dans deux processus opposés : le développement des coccidies et le métabolisme de l'hôte dont sa résistance à l'infection coccidienne. Ainsi, une déficience en vitamines permettrait de limiter le développement du parasite, mais détériorerait les mécanismes de défense contre le pathogène.

Certains constituants ne sont pas utilisables car ils ont par ailleurs des effets négatifs. Ainsi, l'apport d'acides gras n-3 par l'huile de poisson (5 à 10 %) ne peut être utilisé à cause du goût de la viande résultant de l'utilisation de cette matière première.

Les acides gras n-3 en général, du fait de leur oxydation, nécessitent l'apport d'antioxydants tels que la vitamine E, qui supprime alors leur effet bénéfique. Enfin, de nombreux composants sont efficaces mais contre une seule espèce d'*Eimeria* (gamma-tocophérol, acides gras n-3, vitamine K, sélénium, bétaïne ...). Certains comme la bétaïne peuvent même, selon les conditions d'utilisation, avoir des effets négatifs. Les études doivent donc être poursuivies pour savoir si certains facteurs alimentaires peuvent réellement être utilisés dans la lutte contre la coccidiose.

Certaines voies pourraient avoir des applications pratiques comme l'incorporation de produits naturels ou l'utilisation de céréales. En effet, de plus en plus d'études montrent des effets positifs de plantes médicinales, utilisées depuis longtemps dans d'autres domaines, comme en médecine humaine. Un tampon alimentaire comme l'hydrogénocarbonate de sodium s'avère aussi efficace. Pour les céréales, le maïs semble plus favorable que le blé dans la lutte contre les coccidioses, et la présentation sous forme de graines entières a un effet qui reste à préciser selon les conditions d'utilisation. La restriction alimentaire, par son action sur le système immunitaire, peut être aussi envisagé

L'effet de l'alimentation dans la lutte contre la coccidiose aviaire mérite donc un approfondissement, car la diminution de l'utilisation des anticoccidiens de type antibiotique et l'introduction de nouveaux modes d'alimentation auront des conséquences, que l'on devra maîtriser, sur l'état sanitaire des animaux. Ces études devront s'effectuer en parallèle avec les nouvelles méthodes de lutte contre la coccidiose qui s'imposera à l'avenir telles que les vaccins. La recherche d'alternatives à l'utilisation d'anticoccidiens est d'autant plus importante que ceux-ci permettent actuellement non seulement de lutter contre la coccidiose, mais aussi contre d'autres pathologies digestives comme l'entérite nécrotique qui était maîtrisée jusqu'à présent

par l'utilisation d'antibiotiques facteurs de croissance qui sont maintenant interdits en *alimentation animale*.

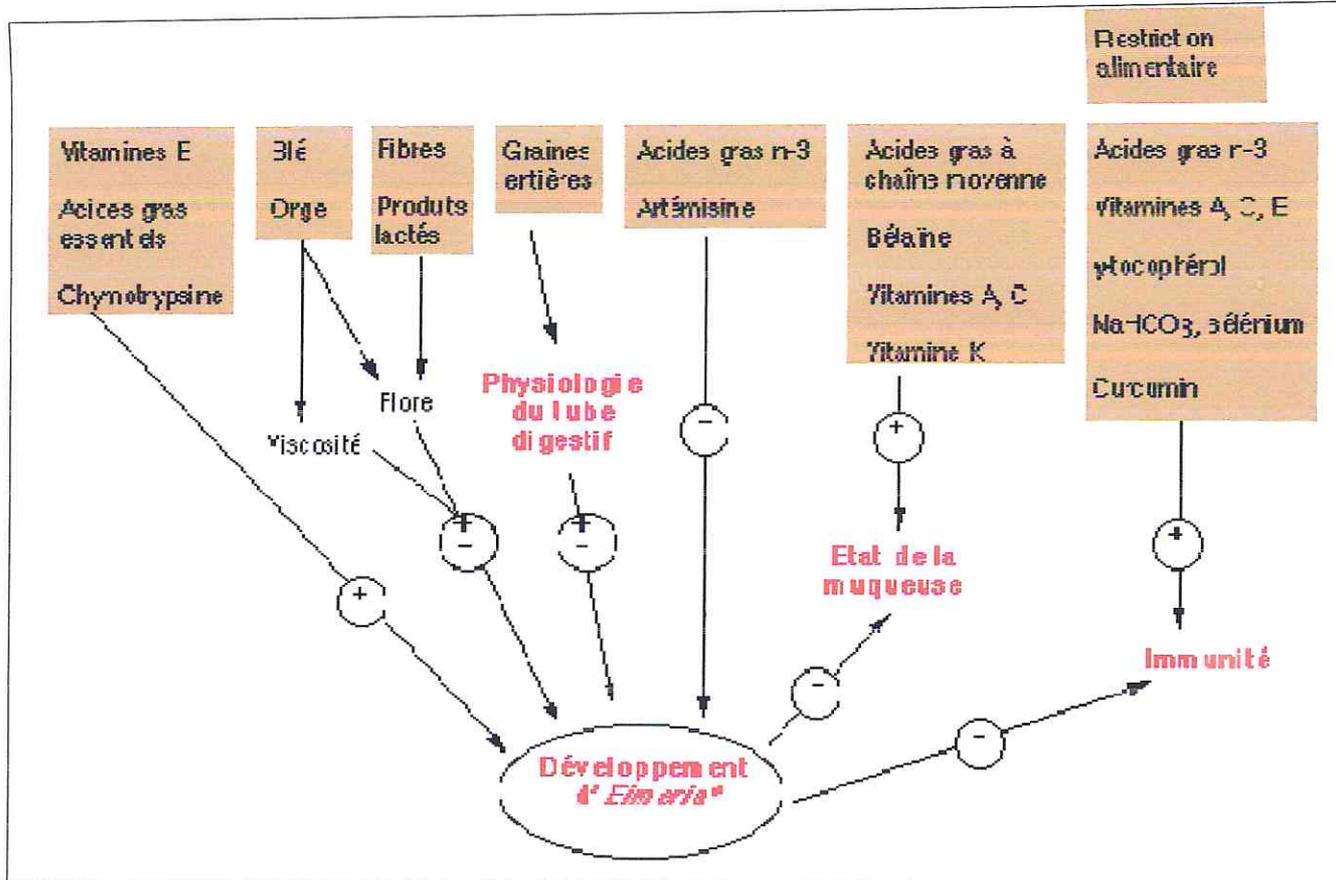


Figure 04 : L'effet de l'alimentation sur le développement des coccidies du genre *Eimeria* chez le poulet (* les différentes espèces ne sont pas forcément toutes concernées). + : action favorable, - : action défavorable (INRA 2001).

RÉFÉRENCES:

- Adams C., Vahl H.A., Veldman A., 1996. Interaction between nutrition and *Eimeria acervulina* infection in broiler chickens: diet compositions that improve fat digestion during *Eimeria acervulina* infection. Br. J. Nutr., 75, 875-880.
- Allen E.A., 1932. The influence of diet on the development of experimental coccidiosis of chickens kept under sanitary conditions. Am. J. Hyg., 15, 163-185.
- Allen P.C., Danforth H.D., 1998. Effects of dietary supplementation with n-3 fatty acid ethyl esters on coccidiosis in chickens. Poult. Sci., 77, 1631-1635.
- Allen P.C., Danforth H.D., Levander O.A., 1996. Diets high in n-3 fatty acids reduce cecal lesion scores in chickens infected with *Eimeria tenella*. Poult. Sci., 75, 179-185.
- Allen P.C., Lydon J., Danforth H.D., 1997. Effects of components of *Artemisia annua* on coccidia infections in chickens. Poult. Sci., 76, 1156-1163.
- Allen P.C., Danforth H.D., Augustine P.C., 1998. Dietary modulation of avian coccidiosis. Int. J. Parasitol., 28, 1131-1140.
- Allen P.C., Danforth H.D., Skinner H.G., 2000. Dietary *Echinacea* supplementation and development of immunity to coccidia challenge. XXI World's Poultry Congress, Montréal (Canada).
- Attia M.E.-S., Fathy I.M., Attia A.M.N., 1978. The effect of dietary vitamin C on the severity of coccidiosis in Fayoumi chicks. Egypt. Vet. Med. J., 26, 65-74.
- Augustine P.C., Danforth H.D., 1999. Influence of betaine and salinomycin on intestinal absorption of methionine and glucose and on the ultrastructure of intestinal cells and parasite developmental stages in chicks infected with *Eimeria acervulina*. Avian Dis., 43, 89-97.
- Augustine P.C. et al, 1997. Effect of betaine on the growth performance of chicks inoculated with mixed cultures of avian *Eimeria* species and on invasion and development of *Eimeria tenella* and *Eimeria acervulina* in vitro and in vivo. Poult. Sci., 76, 802-809.
- Arab Abd Errahmene; 2002:p20. دليل تربية دجاج اللحم
- Arbor acres :Guide d'élevage
- Anonyme ; 1988 : Alimentation des bovins, ovins et caprins
- Anonyme ; 1985:Utilisation de l'orge dans l'alimentation de poulet de chair).
- Azzouz H, 1997 : Alimentation de poulet de chair

- x-**Anonyme 1997:** Alimentation de poulet de chair
- Anonyme 1989:** Alimentation des animaux monogastriques (volailles, lapin et porc) 2^{ème} édition. INRA
- Babayán V.K., 1987.** Medium-chain triglycerides and structured lipids. *Lipids*, 22, 417-420.
- Bafundo K.W. et al ;1984.** Lead toxicity in the chick as affected by excess copper and zinc and by *Eimeria acervulina* infection. *Poult. Sci.*, 63, 1594-1603.
- Banfield M.J. et al, 1998.** Effect of whole wheat and heat stress on a coccidial infection in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.*, 39 Suppl, S25-26.
- Banfield M.J. et al, 1999.** Effects of whole wheat substitution in broiler diets and viscosity on a coccidial infection in broilers. *Br. Poult. Sci.*, 40, S58-59.
- Banfield M.J., Forbes J.M., 2001.** Effects of whole wheat dilution V. substitution on coccidiosis in broiler chickens. *Br. J. Nutr.*, 86, 89-95.
- Beach J.R., Corl J.C., 1925.** Studies in the control of avian coccidiosis. *Poult. Sci.*, 4, 83-93.
- Becker E.R., Wilcke, H.L., 1938.** The influence of dried buttermilk in rations on fatality with coccidiosis in chicks. *Poult. Sci.*, 17, 405-407.
- **Chapman, H.D., 1997.** Biochemical, genetic and applied aspects of drug resistance in *Eimeria* parasites of the fowl. *Avian Pathol.*, 26, 221-244.
- Colnago G.L., Jensen L.S., Long P.L., 1984.** Effect of selenium and vitamin E on the development of immunity to coccidiosis in chickens. *Poult. Sci.*, 63, 1136-1143.
- Créviu-Gabriel I et al. 2001.** Effet des graines entières de blé présentées en libre choix sur la résistance à la coccidiose (*E. tenella*, *E. maxima*, *E. acervulina*) chez le poulet jusqu'à 7 jours post-inoculation. Quatrième Journées de la Recherche Avicole, Nantes, France, 165-168.
- Cumming R.B., 1992.** The biological control of coccidiosis by choice feeding. Proceedings of the XIX^e World's Poultry Congress, Amsterdam, The Netherlands, 425-428.
- Czarnecki G.L., Baker D.H., 1984.** Feed additiRéférences
- Banfield M.J. et al, 1999.** Effects of whole wheat substitution in broiler diets and viscosity on a coccidial infection in broilers. *Br. Poult. Sci.*, 40, S58-59.
- Banfield M.J., Forbes J.M., 2001.** Effects of whole wheat dilution V. substitution on coccidiosis in broiler chickens. *Br. J. Nutr.*, 86, 89-95.

- ✕-**Chapman, H.D., 1997.** Biochemical, genetic and applied aspects of drug resistance in *Eimeria* parasites of the fowl. *Avian Pathol.*, 26, 221-244.
- Colnago G.L., Jensen L.S., Long P.L., 1984.** Effect of selenium and vitamin E on the development of immunity to coccidiosis in chickens. *Poult. Sci.*, 63, 1136-1143.
- Créviu-Gabriel I., Leconte M., Fort G., Naciri M., 2001.** Effet des graines entières de blé présentées en libre choix sur la résistance à la coccidiose (*E. tenella*, *E. maxima*, *E. acervulina*).
- Cumming R.B., 1992.** The biological control of coccidiosis by choice feeding. Proceedings of the XIXe World's Poultry Congress, Amsterdam, The Netherlands, 425-428.
- Czarnecki G.L., Baker D.H., 1982.** Tolerance of the chick to excess dietary cadmium as influenced by dietary cysteine and by experimental infection with *Eimeria acervulina*. *J. Anim. Sci.*, 54, 983-988.
- Czarnecki G.L., Baker D.H., 1984.** Feed additive interactions in the chicken : reduction of tissue copper deposition by dietary roxarsone in healthy and in *Eimeria acervulina*-infected or *Eimeria tenella*-infected chicks. *Poult. Sci.*, 63, 1412-1418.
- Dalloul R.A., Lillehoj H.S., Doerr J.A., 2000.** Effect of vitamin A deficiency on local and systemic immune responses of broiler chickens.
- Didier villate; 2001:** maladies des volailles.
- Elstad M.R., Parker C.J., Cowley F.S., Wilcox L.A., McIntyre T.M., Prescott S.M., Zimmerman G.A., 1994.** CD11b/CD18 integrin and a beta-glucan receptor act in concert to induce the synthesis of platelet-activating factor by monocytes. *J. Immunol.*, 152, 220-230.
- Edward .Cet AL :** besoin nutritionnelles de la volailles
- Elwinger K. et al, 1998.** Effect of antibiotic growth promoters and anticoccidials on growth of *Clostridium perfringens* in the caeca and on performance of broiler chickens. *Acta Vet. Scand.*, 39, 433-441.
- Fernando M.A., 1990.** *Eimeria* : infections of the intestine. In : P. L. Long (ed), *Coccidiosis of man and domestic animals*, 63-75. CRC Press, Boston, USA.
- Fox M.C., Brown D.R., Southern L.L., 1987.** Effect of dietary buffer additions on gain, efficiency, duodenal pH and liver copper concentration of *Eimeria acervulina* - infected chicks. *Poult. Sci.*, 66, 500-504.
- Fritsche K.L., Cassity N.A., 1992.** Dietary n-3 fatty acids reduce antibody-dependent cell cytotoxicity and alter eicosanoid release by chicken immune cells.

in A

-Giraldo C.A. et al, 1987. Responses to excess dietary magnesium as affected by experimental *Eimeria acervulina* infection or by dietary ammonium chloride ingestion in the chick. J. Nutr., 117, 1053-1059.

-Goddeeris B.M., Mast J., 1999. Basic immunology : how important is it in the nutritional practice.

-Guyonnet V., Johnson J.K., Long P.L., 1989. Infectivity of chicken *Eimerian* sporulated oocysts injected directly into the duodenum. Proceedings of the Vth International --Coccidiosis Conference, Tours, France, 135-140.

×-Guide d'élevage de la souche ARBOR- ACRES :

-Hammer K.A., Carson C.F., Riley T.V., 1999. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. J. Appl. Microbiol., 86, 985-990.

-Häussinger D., 1996. The role of cellular hydratation in the regulation of cell function. --Biochem. J., 313, 697-710.

-Hayat B. et al, 1996. Comparative prophylactic effects of salinomycin and some indigenous preparations against coccidiosis in broiler chicks.

-Healy B.J., Hancock J.D., Kennedy G.A., Bramel Cox P.J., Behnke K.C., Hines R.H., 1994. Optimum particle size of corn and hard and soft sorghum for nursery pigs. J. Anim. Sci., 72, 2227-2236.

-Hooge D.M. et al, 1999. Dietary sodium bicarbonate, coccidial challenge, and ionophore coccidiostats in broiler chickens. J. Appl. Poult. Res., 8, 89-99.

-Ikeda M., 1956. Factors necessary for *E. tenella* infection of the chicken .

-INRA 1992

-INRA 1984

-ITAVI ;1988 : Production et gestion d'un élevage de volaille fermière

-Khanagwal P. et al 1998. Effect of supplemental levels of calcium and zinc on energy metabolizability and nitrogen retention in broilers exposed to mixed coccidiosis. Indian J. Anim. Nutr., 15, 236-241.

.-Korver D.R., Klasing K.C. 1997. Alterations in specific and inflammatory immune responses in chicks fed fish oil. J. Nutr., 127, 2039-2046.

-Kunin C.M., Rudy J., 1991. Effect of NaCl induced osmotic stress on intracellular concentrations of glycine betaine and potassium in *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, and *staphylococci*. J. Lab. Clin. Med., 118, 217-224.

-Mandal S.C., Sasmal N.K., Ray S., 1994. Effect of IHP-250C (Zycox) on lesion scores of *Eimeria necatrix* infected chicks. Indian Vet. J., 71, 118-120.

- Mathis G.F., Dale N.M., Fuller A.L., 1995.** Effect of dietary raw soybeans on coccidiosis in chickens. *Poult. Sci.*, 74, 800-804.
- Matsuzawa T., 1979.** Effect of carbohydrate in the diet on *Eimeria tenella* infection. *Jpn. Poult. Sci.*, 16, 137-140.
- Matthews J.O., Southern L.L., 2000.** The effect of dietary betaine in *Eimeria acervulina*-infected chicks. *Poult. Sci.*, 79, 60-65.
- McKee J.S., Harrison P.C., 1995.** Effects of supplemental ascorbic acid on the performance of broiler chickens exposed to multiple concurrent stressors. *Poult. Sci.*, 74, 1772-1785.
- Milhau G. et al. 1997.** In vitro antimalarial activity of eight essential oils. *J. Essent. Oil Res.*, 9, 329-333.
- Morgan A., Catchpole, J., 1996.** Do feed enzymes affect avian coccidial pathogenicity ? *World Poult.*, suppl., 38-40.
- Muir W.I., Bryden W.L., 1992.** Factors influencing oocyst output from chickens infected with *Eimeria* Sp. Proceedings of the Australian Poultry Science Symposium, Sydney, Australia, 158.
- M.Larbier et B.leclercq ;1992 :**Nutrition et alimentation des volailles .édition INRA 2002
(volailles, lapin et porc)
- M.Larbier et leclercq QB ; 1984 :** Alimentation des animaux monogastriques
Noirot V., Bouvarel I., Barrier-Guillot B., Castaing J., Zwick J.L., Picard M., 1998.
Céréales entières pour les poulets de chair : le retour ? *INRA Prod. Anim.*, 11, 349-357.
- N.R.C., 1994.** Nutrient requirements of poultry. National Academy Press, Washington (USA).
- Oh H.G., Youn H. G., Noh H. J., Jang J. W., Kang Y.B., 1995.** Anticoccidial effects of artemisin on the *Eimeria tenella*. *Korean J. Vet. Res.*, 35, 123-130.
- Ohara M., Yamauchi K., 2000.** Effects of dietary fiber on growth performance and intestinal development in chicks. *Tech. Bull. Fac. Agric. Kagawa Univ.*, 52, 9-17.
- P. Surdeau et al; 1979 :** la production du poulet
- Pardue S.L., Thaxton J.P., 1986.** Ascorbic acid in poultry : a review. *World Poult. Sci. J.*, 42, 107-123.
- Réperant J.M., 2001.** Présent et avenir du contrôle des coccidioses aviaires. Quatrièmes Journées de la Recherche Avicole, Nantes, France, 419-421.

- Rudolph A.S., Crowe J.H., Crowe L.M., 1986.** Effects of three stabilizing agents - proline, betaine and trehalose - on membrane phospholipids. Arch. Biochem. Biophys., 245, 134-143.
- Ryley J.F., 1981.** Drug resistance in coccidia. Adv. Vet. Sci. Comp. Med., 24, 99-120.
- Scott, M.L., Nesheim, M.C., Young, R.J., 1982.** Nutrition of the chicken. Scott & Associates, New York (USA).
- Sherkov S., 1976.** Study of the effect of egg white and thiamine on coccidiosis in chickens caused by *E. tenella*. [Bulgarian]. Vet. Med. Nauki, 13, 93-99.
- Southern L.L., Baker D.H., Schmeisser D.D., 1984.** *Eimeria acervulina* infection during aflatoxicosis in the chick. Nutr. Rep. Int., 29, 35-44.
- Szabo T., Kadish J.L., Czop J.K., 1995.** Biochemical properties of the ligand-binding 20-kDa subunit of the beta-glucan receptors on human mononuclear phagocytes. J. Biol. Chem., 270, 2145-2151.
- Tamasaukas R., Ruiz H., Theis W., De Basilio V., 1996.** Evaluation of the efficacy of Salstop and Digestor Broilers (Citrato C.A.) .
- Thomasset M., 1994.** Vitamine D et le système immunitaire [Vitamin D and the immune system]. Pathologie Biologie, 42, 163-72.
- Virtanen E., 1995.** Piecing together the betaine puzzle. Feed Mix, 3, 12-17.
- Waldenstedt L. et al, 1998.** Comparison between effects of standard feed and whole wheat supplemented diet on experimental *Eimeria tenella* and *Eimeria maxima* infections in broiler chickens.
- Waldenstedt L., Elwinger K., Thebo P., Uggla A., 1999.** Effect of betaine supplement on broiler performance during an experimental coccidial infection. Poult.
- Waldenstedt L. et al, 2000.** Intestinal digesta viscosity decreases during coccidial infection in broilers. Br. Poult. Sci., 41, 459-464.
- Watkins K.L., Vagnoni D.B., Southern L.L., 1989.** Effect of dietary sodium zeolite A and excess calcium on growth and tibia calcium and phosphorus concentration in uninfected and *Eimeria acervulina*-infected chicks.
- Wilgus H.S., 1980.** Disease, nutrition-interaction. Poult. Sci., 59, 772-781.
- Williams R.B., 1992.** Differences between the anticoccidial potencies of monensin in maize-based or wheat-based chicken diets. Vet. Res. Commun., 16, 147-152.
- Williams R.B., 1999.** A compartmentalised model for the estimation of the cost of coccidiosis to the world's chicken production industry.

-Wyatt R.D., Ruff M.D., Page R.K., 1975. Interaction of aflatoxin with *Eimeria tenella* infection and monensin in young broiler chickens. Avian Dis., 19, 730-740.

-www.infovisual.info.

-Youn H.J., Noh J.W., 2001. Screening of the anticoccidial effects of herb extracts against *Eimeria tenella*. Vet. Parasitol., 96, 257-263.

-Yvoré P., 1992. Manuel de pathologie aviaire, 312-317. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Maisons-Alfort, France.

-Zulkifli I. et al; 1993. Responses of dwarf and normal chickens to feed restriction, *Eimeria tenella* infection, and sheep red blood cell antigen.

ملخص

إن المتطلبات الغذائية للنمو السريع تتطلب وجود توازن مستمر ودقيق في المواد المغذية التي تدخل في تركيبة الغذاء مع الأخذ بعين الاعتبار مستوى الطاقة الاستقلابية ونسبة تكوين الغذاء من البروتينات الخام بالإضافة إلى النسبة : الطاقة/البروتين.

منذ عدة سنوات أخذت البحوث و التجارب حول استعمال الغذاء في الحد من مرض الكوكسيديوز بعد زمن طويل من التخلي عنها (خاصة مع انتشار واستعمال الأدوية مثل مضادات الكوكسيديا) لتثبت أن الغذاء قادر على التدخل في الحد من هذا المرض سواء بتركيبته أو بطريقة تقديمه (مباشرة بالتدخل في تطوير ونمو الطفيلي أو عن طريق تقوية الدفاعات المناعية أو بالمساعدة في الشفاء). مواد أخرى طبيعية ذات مفعول دوائي قادرة أيضا على إعطاء مفعول حسن.

كذلك الأحماض الدسمة من نوع ن-3 أو الأرتيميزين تتدخل مباشرة على طفيليات الكوكسيديا وهذا بتثبيط نموها و على النقيض من ذلك الأحماض الدسمة الأساسية و الفيتامينات من نوع ب تساعد على النمو. إن إدماج بدور الحبوب كاملة في غذاء الدجاج تؤدي إلى إحداث تغيير في فيزيولوجيا الجهاز الهضمي و بالتالي إحداث تغييرات في تطوير و نمو الكوكسيديا.

إن احتواء الغذاء على نسبة عالية من البروتينات يؤدي إلى تكاثر الطفيلي عن طريق الزيادة في إفرازات المعتكلة ضف إلى ذلك بعض المكونات الغذائية كالألياف التي تعمل على تغيير في محتوى الأمعاء من البكتيريا المتواجدة فيها طبيعيا. الفيتامينات أ و ج أو البيتاين بمقدورها المساعدة على العلاج عن طريق تغيير الآثار الضارة و الناجمة عن الإميريا في مخاطية الأمعاء .

أخيرا بعض المكونات الغذائية مثل الأحماض الدسمة ن-3 وبعض الفيتامينات (E و C) و طريقة التغذية مثل الحد الغذائي تؤثر على الجهاز المناعي تغير إذن بطريقة غير مباشرة في تطوير الطفيلي.

RESUME

Les exigences alimentaires des poulets pour un croissance rapide nécessitent un équilibre précis des substances nutritives composant l'aliment, en prenant en consideration le niveau d'énergie métabolisable et la teneur en protéines brutes, ainsi que le rapport énergie/protéine.

Depuis quelques années, les travaux sur l'utilisation de l'alimentation comme aide au contrôle des coccidioses ont été repris par plusieurs équipes après avoir été abandonnés avec l'introduction et le développement des anticoccidiens. L'alimentation peut intervenir aussi bien par ses constituants que par son mode de présentation, soit directement sur le développement parasitaire soit en renforçant les défenses de l'hôte ou en aidant à la guérison. Des produits naturels à action médicinale peuvent aussi avoir des effets bénéfiques

Ainsi, les acides gras n-3 ou l'artémisine agissent directement sur les coccidies en inhibant leur développement. Au contraire, les acides gras essentiels ou les vitamines B favorisent leur développement. L'incorporation de graines entières de céréales, en modifiant la physiologie digestive, entraîne des différences de développement des coccidies. Une teneur élevée de l'aliment en protéines, en induisant une augmentation des sécrétions pancréatiques, favorise la multiplication des parasites. En outre, certains composants alimentaires (fibres, produits lactés) agiraient en modifiant la flore intestinale. Les vitamines A, C ou K ou la bétaine peuvent aider à la guérison en modifiant les effets néfastes causés par *Eimeria* sur la muqueuse intestinale. Enfin, certains composants alimentaires, comme les acides gras n-3, le sélénium, les vitamines C et E, le gamma-tocophérol ou le curcumin, et le mode d'alimentation, comme la restriction alimentaire, agissent sur le système immunitaire, modulant ainsi indirectement le développement parasitaire.