



**EFFET DE LA SUPPLEMENTATION EN
VOLIHOT SUR LES PERFORMANCES
ZOOTECNIQUES DE POULET DE CHAIR
EN PERIODE DE STRESS THERMIQUE**

THESE

Présentée et soutenue publiquement le 13 Décembre 2007
devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
pour obtenir le grade de DOCTEUR VETERINAIRE
(DIPLOME D'ETAT)

par

Francklin Noël JAOVELO

né le 27 Décembre 1982 à Bealanana (Madagascar)

JURY

<u>Président</u>	:	M. Bernard Marcel DIOP Professeur à la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie de Dakar
<u>Directeur de Thèse</u>	:	M. Ayao MISSOHOU Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar
<u>Rapporteur de Thèse</u>	:	M. Germain SAWADOGO Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar
<u>Membres</u>	:	M. Malang SEYDI Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar M. Yamba Yalacé KABORET Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Consommation d'eau et d'aliment en fonction de l'âge.....	7
Tableau II: Recommandations alimentaires pour les poulets de chair.....	13
Tableau III: Besoins du poulet de chair en protéines, lysine et en acides aminés soufrés selon l'âge (en g/100 g de gain de poids).....	14
Tableau IV: Recommandations d'apport en macroéléments chez le poulet de chair (en g/100 kcal d'énergie métabolisable).....	15
Tableau V: Granulation de l'aliment: avantages et inconvenients.....	21
Tableau VI: Effet de la chaleur sur les performances de croissance et quelques caractéristiques plasmatiques des poulets de chair entre 2 et 4 semaines d'âge (5 animaux par traitement).....	28
Tableau VII: Températures recommandées en aviculture.....	32
Tableau VIII : Poids des poulets de chair issus de croisements industriels.....	36
Tableau IX : Poids des poulets de chair adultes de race.....	37
Tableau X: Densités en élevage de poulet de chair.....	38
Tableau XI: Taux de déclaration et de mortalité des pathologies majeures rencontrées dans les élevages de volailles au Sénégal (mai 1998 à mai 1999).....	39
Tableau XII: Recommandations et caractéristiques théoriques des apports en vitamines, en mg/kg.....	41
Tableau XIII: Effets d'apports alimentaires élevés de cuivre (mg de sulfate de cuivre/kg d'aliment) sur les performances de poulets (variations en % du témoin).....	43
Tableau XIV: Effets de l'apport alimentaire de Zinc (mg/kg) sur les performances du poulet de chair (variations en % du témoin)....	45
Tableau XV: Composition des rations expérimentales.....	54

Tableau XVI : Plan de prophylaxie.....	57
Tableau XVII: Dispositif expérimental.....	57
Tableau XVIII: Composition chimique des aliments.....	58
Tableau XIX: Variation du GMQ en fonction du traitement.....	70
Tableau XX: Consommation alimentaire individuelle.....	72
Tableau XXI: Effet du Volihot sur l'efficacité alimentaire.....	74
Tableau XXII: Effet du Volihot sur la consommation d'eau.....	75
Tableau XXIII: Ratio eau/aliment.....	75
Tableau XXIV : Effet du Volihot sur la mortalité.....	76
Tableau XXV : Etude économique.....	77

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Notion de besoins nutritionnels.....	6
Figure 2 : Flux énergétiques.....	8
Figure 3 : Schéma du bilan énergétique.....	23
Figure 4 : Occupation du poulailler.....	60
Figure 5 : Evolution de la température pendant l'essai.....	65
Figure 6 : Evolution de l'hygrométrie pendant l'essai.....	65
Figure 7 : Effet du Volihot sur le poids vif à 3 semaines d'âge de poulet de chair.....	67
Figure 8 : Effet du Volihot sur le poids vif à 4 semaines d'âge de poulet de chair.....	67
Figure 9 : Effet du Volihot sur le poids vif à 5 semaines d'âge de poulet de chair.....	68
Figure 10 : Effet du Volihot sur le poids vif à 5 semaines d'âge de poulet de chair.....	68
Figure 11: Evolution du GMQ en fonction de traitement.....	69
Figure 12 : Effet du Volihot sur le poids carcasse.....	71
Figure 13: Effet du Volihot sur le rendement carcasse.....	71
Figure 14 : Effet du Volihot sur la consommation alimentaire.....	73
Figure 15 : Effet du Volihot sur l'indice de consommation.....	74
Figure 16 : Effet du Volihot sur le ratio eau/aliment.....	76

LISTE DES TABLEAUX

Photo 1 : Poussins au démarrage.....	56
Photo 2 : Mise en lots des poussins.....	59
Photo 3 : Bagueage des poussins.....	59
Photo 4 : Pesée individuelle.....	61
Photo 5 : Echantillons d'aliments.....	64

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
--------------------	---

Première partie: ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : ALIMENTATION DU POULET DE CHAIR.....	3
1.1. PHYSIOLOGIE DIGESTIVE DU POULET	4
1.1.1. CAVITE BUCCALE	4
1.1.2. ŒSOPHAGE.....	4
1.1.3. PROVENTRICULE ET GESIER	4
1.1.4. INTESTIN	5
1.1.5. CLOAQUE	5
1.2. GENERALITES SUR L'ALIMENTATION	5
1.3. BESOINS ALIMENTAIRES DU POULET DE CHAIR	6
1.3.1. DIFFERENTS TYPES DE BESOINS	7
1.3.1.1. Besoins en eau.....	7
1.3.1.2. Besoins en énergie :	9
1.3.1.3. Besoins en protéines.....	10
1.3.1.4. Besoins en minéraux	12
1.3.1.5. Besoins en oligo-éléments	12
1.3.1.6. Besoins en vitamines	13
1.3.1.7. Besoins en cellulose	13
1.4. FACTEURS DE VARIATION DES BESOINS	15
1.4.1. AGE.....	15
1.4.2. SOUCHE	16
1.4.3. CONDITIONS D'AMBIANCE.....	16
1.5. MATIERES PREMIERES COURAMMENT UTILISEES ET LEURS APPORTS.....	17
1.5.1. SOURCES D'ENERGIE	17
1.5.1.1. Céréales	17
1.5.1.2. Sous-produits des céréales.....	18
1.5.1.3. Matières grasses.....	18
1.5.2. SOURCES DE PROTEINES.....	19
1.5.2.1 Sources de protéines végétales.....	19
1.5.2.1.1. Tourteau de soja.....	19
1.5.2.1.2. Tourteaux d'arachide et de coton.....	19
1.5.2.1.3. Levures.....	20
1.5.2.2. Sources de protéines animales	20
1.5.2.2.1. Farines de poisson	20
1.5.2.2.2. Farine de sang.....	21
1.5.3. SOURCES DE MINERAUX ET DE VITAMINES	21
1.6. DIFFERENTES FORMES DE PRESENTATION DES ALIMENTS POUR VOLAILLES.....	21

CHAPITRE II : REGULATION THERMIQUE ET SES FACTEURS -----	23
2.1. PRODUCTION DE CHALEUR OU THERMOGENESE CHEZ LE POULET DE CHAIR-----	23
2.1.1. METABOLISME BASAL-----	24
2.1.2. ACTIVITE PHYSIQUE -----	25
2.1.3. EXTRACHALEUR OU THERMOGENESE ALIMENTAIRE -----	26
2.1.4. CONTROLE HORMONAL DE LA THERMOGENESE-----	27
2.1.4.1. Thyroïde-----	28
2.1.4.2. Glandes surrénales -----	29
2.2. THERMOLYSE OU PERTE DE CHALEUR CHEZ LE POULET DE CHAIR-----	30
2.2.1. THERMOLYSE PAR CHALEUR SENSIBLE -----	31
2.2.2. THERMOLYSE PAR CHALEUR LATENTE-----	31
2.3. REACTIONS DES VOLAILLES EN FONCTION DE LA TEMPERATURE -----	32
2.3.1. REGULATION THERMIQUE EN ZONE DE NEUTRALITE THERMIQUE -----	32
2.3.2. REGULATION THERMIQUE SOUS LA ZONE DE NEUTRALITE THERMIQUE -----	33
2.3.3. REGULATION THERMIQUE AU-DELA DE LA ZONE DE NEUTRALITE THERMIQUE----	34
2.3.3.1. Au plan comportemental-----	34
2.3.3.2. Au plan de son aspect -----	34
2.3.3.3. Au plan respiratoire-----	34
2.3.3.4. Au plan alimentaire-----	34

CHAPITRE III : VITAMINES, OLIGO-ELEMENTS ET LA PRODUCTIVITE DU POULET DE CHAIR -----	36
3.1. GENERALITES SUR LA PRODUCTIVITE DU POULET DE CHAIR -----	36
3.1.1. CROISSANCE ET SES FACTEURS DE VARIATION-----	36
3.1.1.1 Croissance -----	36
3.1.1.2 Facteurs de variation de la croissance-----	37
3.1.1.2.1. <i>Facteurs intrinsèques</i> -----	37
a) Génotype -----	37
b) Sexe-----	37
3.1.1.2.2. <i>Facteurs extrinsèques</i> -----	38
a) Conduite de l'élevage-----	38
b) Aliment-----	40
3.1.2. AUTRES COMPOSANTES DE LA PRODUCTIVITE DU POULET DE CHAIR -----	40
3.1.2.1. Consommation et indice de consommation -----	40
3.1.2.2. La mortalité-----	41
3.2. EFFETS DES VITAMINES ET OLIGO-ELEMENTS SUR LES PERFORMANCES DU POULET DE CHAIR -----	41
3.2.1. EFFETS DES VITAMINES SUR LES PERFORMANCES DU POULET DE CHAIR -----	41
3.3. EFFETS DES OLIGO-ELEMENTS SUR LES PERFORMANCES ET LA SANTÉ DE POULET DE CHAIR -----	43
3.3.1. IMPORTANCE DES OLIGO-ELEMENTS -----	43
3.3.2. OLIGO-ELEMENTS ET PERFORMANCES DE PRODUCTION -----	44
3.3.2.1. Cuivre (Cu) -----	44
3.3.2.2. Zinc (Zn)-----	45
3.3.2.3. Autres oligo-éléments -----	46
3.3.3. OLIGO-ELEMENTS ET DEFENSE IMMUNITAIRE DES OISEAUX -----	46
3.3.3.1. Zinc (Zn)-----	46
3.3.3.2. Sélénium (Se)-----	48

3.3.4. METABOLISME DES OLIGO-ELEMENTS ET INFECTION -----	49
3.3.5. OLIGO-ELEMENTS ET SQUELETTE-----	51

Deuxième partie: PARTIE EXPERIMENTALE: EVALUATION DE L'EFFET DU VOLIHOT SUR LA PRODUCTIVITE DE POULET DE CHAIR

CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES -----	55
1.1. MATERIEL-----	55
1.1.1. SITE ET PERIODE DU TRAVAIL-----	55
1.1.2. CHEPTEL EXPERIMENTAL -----	55
1.1.3. MATERIEL D'ELEVAGE ET DE CONTROLE DE PERFORMANCE-----	55
1.1.4. RATIONS ALIMENTAIRES-----	56
1.1.5. PRESENTATION DU VOLIHOT-----	57
1.2. METHODE -----	57
1.2.1. CONDUITE DES OISEAUX -----	57
1.2.1.1. Préparation du local -----	57
1.2.1.2. Arrivée des poussins-----	58
1.2.1.3. Alimentation-----	59
1.2.1.4. Occupation du poulailler-----	60
1.2.1.5. Eclairage -----	63
1.2.2. COLLECTE DES DONNEES -----	63
1.2.2.1. Consommation alimentaire et ambiance-----	63
1.2.2.2. Poids vif-----	63
1.2.2.3. Mortalité -----	64
1.2.2.4. Poids carcasse -----	64
1.2.3. CALCUL DES VARIABLES ZOOTECHNIQUES -----	64
1.2.4. ANALYSE CHIMIQUE DES ALIMENTS -----	65
1.2.5. ANALYSES STATISTIQUES DES DONNEES-----	66
CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSIONS -----	67
2.1. RESULTATS-----	67
2.1.1. LES PARAMETRES D'AMBIANCE -----	67
2.1.2.1. Poids vif-----	68
2.1.2.2. Gain moyen quotidien-----	71
2.1.3. EFFET DU VOLIHOT SUR LES CARACTERISTIQUES DE LA CARCASSE -----	72
2.1.3.1. Poids carcasse -----	72
2.1.3.2. Rendement carcasse -----	73
2.1.4. EFFET DU VOLIHOT SUR LA CONSOMMATION ET L'EFFICACITE ALIMENTAIRE ----	74
2.1.4.1. Consommation alimentaire -----	74
2.1.4.2. Consommation d'eau-----	77
2.1.6. ETUDE ECONOMIQUE -----	79
2.2. DISCUSSION -----	80
2.2.1. METHODOLOGIE -----	80
2.2.2. PARAMETRES D'AMBIANCE-----	80
2.2.3. EFFET DU VOLIHOT SUR LA CROISSANCE -----	81
2.2.4. EFFET DU VOLIHOT SUR LES CARACTERISTIQUES DE LA CARCASSE -----	81
2.2.5. EFFET DU VOLIHOT SUR LA CONSOMMATION ET L'EFFICACITE ALIMENTAIRE ----	81
2.2.6. EFFET DU VOLIHOT SUR LA MORTALITE -----	82

2.2.7. ANALYSE ECONOMIQUE DE L'EFFET D'UNE SUPPLEMENTATION EN VOLIHOT SUR LA PRODUCTIVITE-----	82
2.3. RECOMMANDATIONS -----	83
2.3.1. RECOMMANDATION EN DIRECTION DES ELEVEURS-----	83
2.3.2. RECOMMANDATION EN DIRECTION DES FABRICANTS -----	83
2.3.3. RECOMMANDATION EN DIRECTION DE L'ETAT -----	84
CONCLUSION GENERALE -----	85

INTRODUCTION

L'aviculture est l'un de secteurs de l'élevage en réelle croissance dans les pays tropicaux. Ainsi, au Sénégal, le sous-secteur de l'élevage, avec près de 7% de PIB national, représente 39% du PIB du secteur primaire et occupe 350 000 familles sénégalaises, soit environ 3 000 000 d'individus issus pour la plupart des souches les plus pauvres du monde rural (**Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, 2004**).

La place de choix qu'occupe la volaille dans le menu des ménages repose sur son prix bas, l'absence d'interdit religieux à son encontre et ses qualités nutritionnelles. A cela s'ajoute la facilité de production (cycle d'élevage court). Donc l'élevage de poulet de chair peut contribuer à relever le niveau de vie des populations à faible revenu.

Cependant, l'élevage des volailles rencontre une difficulté due à un stress thermique quasi-annuel. En effet, le stress thermique est la somme des forces extérieures à un animal homéotherme qui agissent pour modifier la température corporelle par rapport à l'état normal (**Yousef, 1984**).

Lorsque la température ambiante s'élève, l'animal lutte contre l'augmentation de sa température corporelle en accélérant sa fréquence cardiaque et respiratoire.

Si la température ambiante est trop élevée, alors la température corporelle augmente, l'animal est couché, les fréquences cardiaques et respiratoires sont élevées ; cela favorise l'alcalose sanguine puis la déshydratation des animaux.

Enfin, si la température est excessive, il existe un risque de détresse vitale qui peut aller jusqu'à la mort de l'animal.

Les effets induits par les mécanismes de lutte contre le stress thermiques sont :

- Troubles du comportement (picage, agressivité),
- Baisse des ingérés (baisse des croissances, emplument...),
- Hyperventilation (becs ouverts, alcalose, déséquilibre ionique...)
- Dégradation de la qualité des carcasses (viandes plus grasses, défaut de pigmentation).

Il existe différents moyens pour limiter les effets négatifs entraînés par un stress thermique, aussi bien au niveau de la technique d'élevage, que des apports nutritionnels.

L'objectif global de cet essai est d'évaluer l'effet du Volihot, ajouté dans l'aliment, sur la productivité des poulets de chair.

Quant aux objectifs spécifiques, il consiste à déterminer la consommation alimentaire, le gain de poids, l'indice de consommation, le poids vif, le rendement de carcasse et la mortalité des sujets.

Ce travail comprend deux (2) parties :

-Une partie bibliographique composée de trois chapitres dont le premier traite l'alimentation du poulet de chair, tandis que le second décrit la régulation thermique et le troisième est consacré à la croissance et à la productivité chez le poulet de chair.

-Une partie expérimentale dans laquelle l'effet de la supplémentation en Volihot sur la productivité du poulet de chair est abordé. Son premier chapitre décrit la réalisation de l'expérimentation (les matériels et la méthode), alors que les résultats sont présentés et discutés dans le chapitre suivant.

Au terme de cette étude, des recommandations pratiques ont été proposées pour améliorer l'élevage de poulet de chair en région chaude.

PREMIERE PARTIE
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : ALIMENTATION DU POULET DE CHAIR

Chapitre II : REGULATION THERMIQUE ET SES FACTEURS

Chapitre III : VITAMINES, OLIGO-ELEMENTS ET LA
PRODUCTIVITE DU POULET DE CHAIR

CHAPITRE I : ALIMENTATION DU POULET DE CHAIR

1.1. PHYSIOLOGIE DIGESTIVE DU POULET

Afin de bien comprendre la nutrition des volailles, il est nécessaire de connaître la physiologie digestive du poulet.

L'appareil digestif de la volaille est composé de 5 parties principales.

1.1.1. CAVITE BUCCALE

Chez les oiseaux, il n'existe pas de dent. La langue est peu mobile. Le palais est percé d'une fente médiane qui communique avec les cavités nasales. Le bec est une production cornée ; chez les gallinacés, la valve supérieure est courbée.

Dans la cavité buccale se produit une faible sécrétion salivaire permettant une première humidification du bol alimentaire pour faciliter le passage dans l'œsophage.

1.1.2. ŒSOPHAGE

L'œsophage est un tube très dilatable. Une de ses fonctions est la sécrétion de mucus permettant une imprégnation des aliments et la facilitation de leur transit. A sa limite inférieure se trouve le jabot, considéré comme le réservoir régulateur du transit digestif. Le pH du jabot est de l'ordre de 4 à 5. Le temps de séjour du bol alimentaire dans le jabot est d'autant plus court que le gésier est vide et que l'aliment ingéré est de faible granulométrie (aliment en farine par exemple). Mis à part quelques fermentations, peu d'événements digestifs se produisent dans le jabot.

1.1.3. PROVENTRICULE ET GESIER

Ces deux estomacs sont complémentaires. Le proventricule assure principalement une fonction sécrétoire et le gésier une fonction mécanique. Le proventricule est un organe avec une cavité ovoïde entourée d'une épaisse paroi. C'est à ce niveau que se produisent les sécrétions gastriques (acide chlorhydrique et pepsinogènes). Le pH est de 2 à 3 dans cette section.

Après son passage dans le proventricule, le bol alimentaire entre dans le broyeur de l'appareil digestif : le gésier. Celui-ci est pourvu d'une épaisse musculature permettant

dans les conditions naturelles le broyage des graines entières, et dans le cas d'aliments en granulés l'achèvement de la déstructuration de ceux-ci. Son importance est moindre dans le cas d'une alimentation en farine.

1.1.4. INTESTIN

L'intestin grêle du poulet a une longueur approximative de 60 cm chez le poulet de 3 semaines, contre 120 cm chez l'adulte. Il est conventionnellement divisé en 3 parties : le duodénum, le jéjunum et le gros intestin. C'est au niveau du duodénum que se déversent les sécrétions biliaires et pancréatiques intervenant dans la digestion de l'aliment. Les nutriments obtenus suite à la digestion de l'aliment, sont absorbés au niveau des entérocytes (cellules épithéliales de l'intestin).

La dernière partie de l'intestin est le gros intestin à l'extrémité duquel aboutissent les cæca. Ces diverticules sont le siège d'une fermentation bactérienne active qui, cependant, n'hydrolyse ni la cellulose, ni les autres polysides non amylacés, ni même certaines formes d'amidon résistant. La signification nutritionnelle de la digestion dans le gros intestin est donc réduite.

1.1.5. CLOAQUE

La dernière partie du tube digestif est le cloaque. A son niveau, se réalise l'accumulation des matières fécales avant la défécation, ainsi que l'arrivée des uretères (excrétion urinaire sous une forme pâteuse très concentrée en urates).

Le transit digestif chez le poulet est en moyenne de 7 à 8 heures. Ce temps varie en fonction de l'âge (il est plus rapide chez le jeune), de la composition (il est accéléré par des teneurs élevées en matières grasses ou en fibres) et de la présentation de l'aliment (les granulés accélèrent le transit).

1.2. GENERALITES SUR L'ALIMENTATION

La formulation des aliments consiste à déterminer la composition d'une ration pour obtenir au moindre coût les caractéristiques nutritionnelles recherchées.

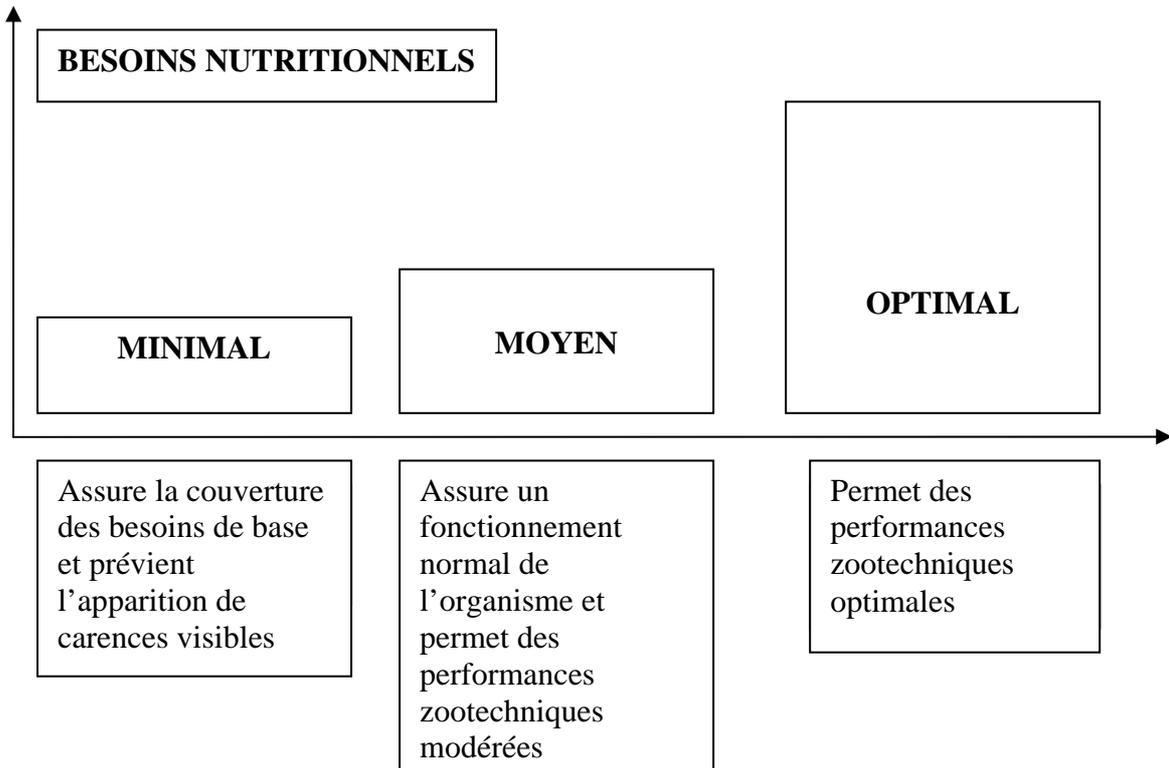
Selon **SANOFI (1996)**, la formulation doit tenir compte de contraintes :

- Zootechniques : taux minima ou maxima d'incorporation à respecter pour atteindre les performances recherchées.
- Technologiques : l'incorporation trop élevée de certaines matières premières (graisses, mélasse) peut nuire à la présentation et à la manipulation de l'aliment.
- Economiques : le coût fluctuant de nombreuses matières premières rend leur utilisation plus ou moins judicieuse.
- De disponibilité : l'approvisionnement irrégulier ou insuffisant peut bloquer l'utilisation de matières premières.
- D'enchaînement : il faut éviter les variations brutales de composition de l'aliment, souvent à l'origine de diarrhées en élevage.

Une ration équilibrée favorise donc la croissance optimale de l'animal. Chez le poulet de chair, la croissance est liée à la teneur en énergie de la ration. Un taux élevé d'énergie (à partir de 3200 kcal EM/kg d'aliment) augmente la vitesse de croissance mais également l'adiposité de la carcasse. Seule une augmentation du taux de protéines (jusqu'à 28-30 %) permet alors de réduire efficacement cet engraissement excessif. En fait, l'énergie apportée par la ration va dépendre du coût de la calorie et des objectifs de poids et de qualité de carcasse voulus. Elle doit couvrir les besoins des sujets.

1.3. BESOINS ALIMENTAIRES DU POULET DE CHAIR

Cette notion de besoin n'est pas absolue, elle fait obligatoirement référence à un critère ou à un objectif : gain de poids recherché, indice de consommation souhaité, qualité de la carcasse désirée. Comme le montre la figure 1, le besoin nutritionnel est relatif aux objectifs zootechniques recherchés.



Source : SANOFI (1996)

Figure 1 : Notion de besoins nutritionnels

L'alimentation doit donc apporter aux animaux tous les nutriments nécessaires au renouvellement de la matière vivante couvrant les « besoins d'entretien » d'une part, à son accroissement éventuel (gain de poids) définissant les « besoins de production », d'autre part. Les quantités d'éléments nutritifs qu'il faut assimiler pour réaliser toutes ces activités définissent les besoins.

1.3.1. DIFFERENTS TYPES DE BESOINS

1.3.1.1. Besoins en eau

C'est un des éléments nutritifs les plus importants des volailles. La consommation d'aliment est conditionnée par celle de l'eau : une sous-alimentation en eau provoque une baisse de la consommation alimentaire et la réduction du gain de poids. Cela peut être dû à un problème d'appétence (solution médicamenteuse, eau trop chaude ou de mauvaise qualité) ou de stress (vaccination, transfert, maladie, densité élevée), ou à

une insuffisance d'abreuvoirs. La réduction de la prise alimentaire et de la croissance ainsi engendrée est proportionnelle au degré de la réduction hydrique ; cela a été démontré par **Ferrando (1969)** qui trouvent qu'une restriction d'eau de 50 % de la consommation *ad libitum*, fait baisser la prise alimentaire de 111 g/jour à 75 g/jour chez le poulet. La surconsommation d'eau peut être causée par une augmentation de température, une teneur en sel de l'eau ou de l'aliment trop élevée (**ISA, 1985**) ou être consécutive à un début de diarrhée. De même, la teneur en protéines de l'aliment modifie l'ingestion d'eau (**Larbier et Leclercq, 1991**). En **1976**, **Scott** rapportait que les aliments riches en protéines conduisent à une légère surconsommation d'eau qui s'expliquerait par les mécanismes de digestion protéiques et d'excrétion rénale d'acide urique. En effet, les oiseaux ont la particularité physiologique de résorber l'eau des urines lorsqu'ils n'en disposent pas en abondance pour leur abreuvement. Cette eau remonte le long du colon, provoquant la précipitation de l'acide urique sous forme d'urates (**Larbier et Leclercq, 1991**).

En général, les volailles consommeraient environ deux fois plus d'eau que d'aliments, comme le montre le tableau I.

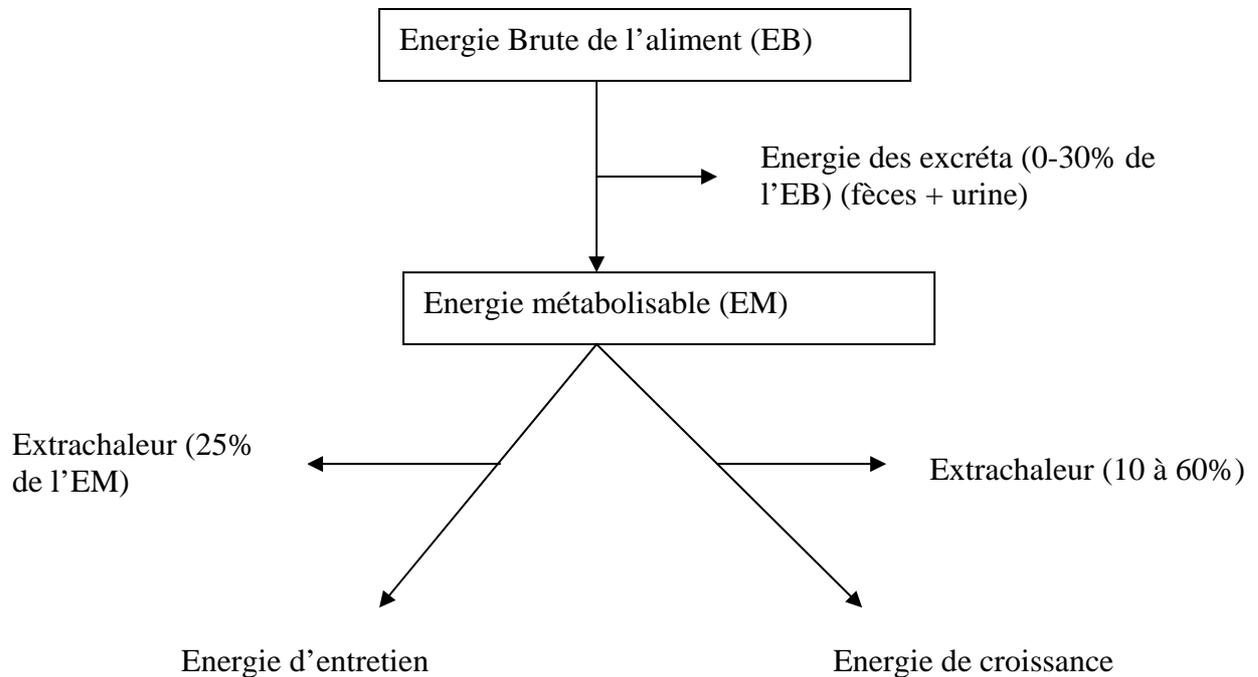
Tableau VII: Consommation d'eau et d'aliment en fonction de l'âge

Age (j)	Poids moyen (g)	Indice de consommation	Aliment ingéré/j(g)	Eau ingérée/j(g)	Rapport Eau/aliment
7	180	0,88	22	40	1,8
14	380	1,31	42	74	1,8
21	700	1,40	75	137	1,8
28	1080	1,55	95	163	1,8
35	1500	1,70	115	210	1,8
42	1900	1,85	135	235	1,8
49	2250	1,95	155	275	1,8

Source: Quemeneur (1988)

1.3.1.2. Besoins en énergie :

Le figure 3 rappelle la partition des flux énergétiques.



Source : Rideaux et Bastianelli (2001)

Figure 2 : Flux énergétiques

L'énergie sert à couvrir les besoins énergétiques d'entretien que sont le métabolisme de base, la thermogénèse adaptative, l'extrachaleur et l'activité physique d'une part, et les besoins énergétiques de croissance d'autre part.

Le développement corporel du poulet est d'autant plus rapide que la consommation quotidienne d'énergie métabolisable est élevée. Selon l'INRA (1989), le premier besoin de l'animal concerne ses dépenses énergétiques car après l'eau, les constituants énergétiques sont ceux dont la privation affecte le plus rapidement la santé de l'animal et sa survie. Le besoin énergétique est aussi le plus sensible aux conditions du milieu et c'est celui qui influence le plus la consommation alimentaire.

Les oiseaux règlent leur consommation alimentaire en fonction de la quantité d'énergie ingérée. Ainsi, toute élévation de la teneur énergétique d'un aliment se traduit par une réduction de la consommation alimentaire. Dans ce cas, il faut « concentrer » l'aliment, c'est à dire augmenter sa teneur en chacun de ses nutriments

(protéines et acides aminés, minéraux, oligo-éléments, vitamines) si l'on veut que la volaille ingère la même quantité. Le besoin énergétique lié à une production dépend essentiellement de la composition de celle-ci. Plus elle est riche en lipides, plus elle est coûteuse car les réserves adipeuses corporelles renferment très peu d'eau. Le besoin énergétique de production est en principe indépendant des conditions de milieu ; il est en revanche très lié au patrimoine génétique de l'animal. Le besoin d'entretien quant à lui, est très influencé par le milieu ambiant.

Les éléments énergétiques sont principalement apportés par les glucides (sucres, amidon) et les lipides (matières grasses d'origine animale ou végétale). L'énergie contenue dans l'aliment (énergie brute) n'est pas utilisable en totalité par l'animal : une partie est, en effet, perdue dans les fèces et l'urine. L'énergie disponible pour les besoins métaboliques de l'animal (entretien et production) est appelée énergie métabolisable (énergie brute ingérée moins énergie perdue dans les fèces, l'urine et les gaz); en d'autres termes, c'est la portion de l'aliment dont dispose le poulet pour produire de la chair, conserver ses fonctions vitales et sa température (**Smith, 1992**). Une bonne ration doit permettre à l'animal de couvrir toutes ses dépenses : entretien, production, élimination de chaleur. Si l'énergie métabolisable (EM) de la ration est insuffisante, l'animal doit puiser dans ses réserves : la production diminue et peut même cesser.

Selon **Anselme (1987)**, les besoins énergétiques des poulets sont compris entre 3000 et 3200 kcal/kg avec un minimum de 3100 kcal au démarrage et 3000 kcal en finition. Toutefois, les besoins énergétiques vont être influencés par des facteurs tels que la souche, le régime alimentaire et la température ambiante.

1.3.1.3. Besoins en protéines

Les protéines sont constituées par l'association d'acides aminés. Ceux-ci sont des constituants essentiels de la matière vivante. Leur apport dans l'aliment est indispensable car ils ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme (lysine, thréonine...) ou alors à un rythme trop lent pour subvenir aux besoins des animaux (méthionine, histidine...). Ces deux groupes constituent les acides aminés indispensables. Apportés en excès, les acides aminés ne peuvent être stockés ; ils

seront alors catabolisés ou excrétés. Par contre, un acide aminé réputé banal peut devenir facteur limitant de la croissance, si son niveau d'apport dans l'aliment est insuffisant et que les acides aminés essentiels permettant sa synthèse sont aussi apportés en quantité limitée.

Plusieurs facteurs sont susceptibles d'agir sur l'efficacité des protéines. Les facteurs extrinsèques liés aux conditions d'élevage : mode d'alimentation, niveau de consommation, apports alimentaires (énergie, vitamines et minéraux), température, etc.... Leur étude conduit à définir et à exprimer les besoins azotés en tenant compte à la fois de la quantité ingérée quotidiennement et de la densité énergétique de la ration. Les facteurs intrinsèques concernent les protéines elles-mêmes. On estime la valeur nutritionnelle d'une protéine par le pourcentage d'azote ingéré utilisé pour la synthèse protéique (**INRA, 1989**). On parlera de la disponibilité des acides aminés qui est le pourcentage utilisé pour la synthèse protéique lorsqu'un acide aminé constitue le seul facteur limitant du régime ; cette notion ne concerne que les acides aminés qui peuvent être des facteurs limitants dans le régime alimentaire. Ainsi, la lysine occupe une place prépondérante à la fois par son caractère strictement indispensable, sa faible concentration dans la plupart des protéines alimentaires (céréales, tourteaux autres que celui du soja) et aussi parce qu'elle renferme un groupement amine susceptible de réagir avec les glucides et les lipides.

Au cours des traitements thermiques et pendant la conservation des protéines, des réactions multiples peuvent intervenir au sein même de la matière première. Les acides aminés ayant participé à ces réactions notamment à celles de Maillard ne sont généralement pas libérés par l'hydrolyse enzymatique dans le tube digestif et sont donc rendus indisponibles pour la synthèse protéique. En effet, **Larbier et Leclercq (1992)** montrent que pendant la préparation des aliments en granulés qui nécessite un chauffage (70-80° C), les protéines et les acides aminés sont détruits par la réaction de Maillard. On recommande ainsi d'apporter un complément en protéines et acides aminés lorsque les aliments sont en granulés.

1.3.1.4. Besoins en minéraux

Ce sont des constituants essentiels du tissu osseux (calcium, phosphore) ou de l'équilibre osmotique de l'animal (sodium, chlore, potassium). Selon **Ferrando (1969)**, les plus importants sont le phosphore et le calcium qui jouent un rôle essentiel aussi bien dans l'équilibre humoral que dans la formation du squelette et de la coquille. Toute recommandation en minéraux doit tenir compte d'abord du niveau de production des animaux, puis de certains facteurs externes (dont certains altèrent l'ingéré alimentaire). On peut citer la présence éventuelle sous forme de complexe du minéral dans la source utilisée, les interactions entre nutriments, le niveau énergétique des aliments, la température ambiante et les stress dus aux maladies ou à la surpopulation.

L'apport de phosphore pose toujours des problèmes car on le retrouve sous forme phytique dans les graines des végétaux telles que le maïs qui n'a pas de phytases (et non dans les tiges et les feuilles). Ce phosphore n'est pas utilisé par les oiseaux, pour lesquels on ne considérera comme « disponible » que le phosphore non-phytique, soit le tiers du phosphore total des graines (**INRA, 1989**).

L'excès de chlore entraîne une grande consommation d'eau, la survenue des diarrhées et tend à réduire l'utilisation de calcium et du phosphore. Dans une moindre mesure, l'apport en manganèse peut également affecter l'assimilation du calcium et du phosphore (**Smith, 1992**).

La fourniture du chlorure de sodium est indispensable puisque l'alimentation végétale est largement déficiente en sodium, mais riche en potassium.

1.3.1.5. Besoins en oligo-éléments

Ils sont présents dans l'organisme en faible quantité ou à l'état de traces et sont indispensables au déroulement de nombreuses réactions biochimiques du métabolisme. Il s'agit du fer, du cuivre, du zinc, du manganèse, du sélénium, de l'iode, du fluor, du cobalt et du magnésium.

Selon **Ferrando (1969)**, avec un apport de 0,4 % de magnésium, on note une augmentation du gain de poids et une amélioration de l'ossification.

1.3.1.6. Besoins en vitamines

Ce sont des éléments organiques agissant également à des doses infimes et indispensables au métabolisme, à la protection de l'organisme et à une bonne production. Certains facteurs entraînent une augmentation directe des besoins en vitamines. Il s'agit :

- *des températures élevées* qui causent une baisse nette de l'ingéré alimentaire, donc de l'apport en vitamines ;

- *de la teneur énergétique de la ration* dont l'augmentation entraîne la baisse de l'ingéré alimentaire. En outre, l'accroissement de la valeur énergétique de la ration provoque une augmentation spécifique des besoins en vitamines B₁, B₂, et acide pantothénique qui participent aux réactions du métabolisme énergétique ;

- *de l'addition de graisse à la ration* qui accroît les besoins en vitamines E dont l'activité anti-oxydante permet de limiter la formation de peroxydes toxiques pour la cellule et qui dégradent les vitamines A, D et K ;

- *de la teneur en protéines de l'aliment* dont la baisse augmente les besoins en vitamine A ; l'absorption de cette dernière étant liée à l'apport protéique ;

- *des conditions d'élevage*, en particulier le stress qui est un mécanisme consommateur d'énergie et de vitamines. Dans ce cas, les apports de vitamines peuvent devenir insuffisants par rapport aux besoins réels.

On peut noter une augmentation indirecte de ces besoins en cas de biodisponibilité réelle faible des vitamines de la ration ou lorsqu'elles sont détruites soit lors des opérations de fabrication et de stockage de l'aliment soit par les parasites intestinaux. C'est aussi le cas en présence des antagonistes et des antimétabolites qui inactivent les vitamines dans l'aliment et même en cas de formulation et de fabrication défectueuses.

1.3.1.7. Besoins en cellulose

Son importance est faible dans l'alimentation des volailles. Ainsi, chez le poulet de chair, il est recommandé de ne pas dépasser des taux de 5% de cellulose brute afin d'éviter une accélération du transit favorable à une mauvaise utilisation de la ration (Anselme, 1987).

Les recommandations alimentaires chez le poulet de chair figurent dans le tableau II.

Tableau VIII: Recommandations alimentaires pour les poulets de chair

	Démarrage		Croissance		Finition	
	Farine	Granulé	Farine	Granulé	Farine	Granulé
E.M. (minimum) kcal/kg d'aliment	3100	2900	3100	2900	3000	2850
Protéines brutes (minima) %	23-26	21,5-26	21,5-25	20-25	18,5-25	18-25
Lysine (minima) %	1,2	1,12	1,07	1	0,94	0,9
Méthionine (minima) %	0,51	0,48	0,46	0,43	0,40	0,39
Méthionine + Cystéine %	0,90	0,84	0,83	0,77	0,70	0,68
Cellulose (maxima) %	5		5		5	
Calcium %	1		0,90		0,90	
Phosphore disponible %	0,45		0,45		0,40	
Sodium %	0,17		0,17		0,17	
Chlore %	0,15		0,15		0,15	
Zinc (g/100 kg)	4		4		2	
Cuivre (g/100 kg)	0,30		0,30		0,20	
Fer (g/100 kg)	2,5		2,5		1,5	
Manganèse (g/100 kg)	6		6		6	
Iode (g/100 kg)	0,1		0,1		0,1	
Cobalt (g/100 kg)	0,02		0,02		0,02	
Sélénium (g/100 kg)	0,02		0,02		0,02	
Vit A (UI/100 kg)	2 000 000		2 000 000		2 000 000	
Vit D3 (UI/100 kg)	200 000		200 000		200 000	
Vit E (mg/100 kg)	2 000		1 500		1 500	
Vit K3 (mg/100 kg)	400		300		300	
Vit B1 (mg/100 kg)	100		50		50	
Vit B2 (mg/100 kg)	1 000		500		500	
Acide pantothénique (mg/100 kg)	1 000		1000		800	
Pyridoxine (mg/100kg)	100		100		100	
Niacine (mg/100 kg)	3 500		3 000		2 500	
Acide folique (mg/100 kg)	60		60		60	
Vit B12 (mg/100 kg)	1		0,6		0,6	
Vit C (mg/100 kg)	3 000		3 000		3 000	
Chlorure de choline (mg/100 kg)	70 000		50 000		50 000	
Biotine (mg/100 kg)	10		10		10	

Source: Anselme (1987)

1.4. FACTEURS DE VARIATION DES BESOINS

Les besoins alimentaires du poulet de chair varient en fonction des facteurs tels que l'âge, la souche et les conditions d'ambiance.

1.4.1. AGE

Les capacités d'absorption et de digestion, ainsi que les besoins intrinsèques évoluent tout au long de la vie de l'animal ; les tableaux III et IV présentent les besoins du poulet de chair en protéines et lysine d'une part, et les recommandations en macroéléments selon l'âge, d'autre part. La variation des besoins au cours du temps explique et justifie la nécessité de disposer d'un aliment adapté à chaque période de production.

Tableau IX: Besoins du poulet de chair en protéines, lysine et en acides aminés soufrés selon l'âge (en g/100 g de gain de poids)

Semaine	Protéines	Lysine	Acides aminés soufrés
1	30,0	1,54	1,18
2	30,5	1,55	1,22
3	32,2	1,57	1,25
4	35,8	1,59	1,30
5	37,5	1,64	1,30
6	42,0	1,69	1,38
7	43,2	1,76	1,40
8	44,8	1,80	1,42
9	45,1	1,85	1,44

Source: Larbier et Leclercq (1992)

Ainsi, pour répondre au même objectif (ici, 100 g de gain de poids), les besoins évoluent de 30 à 45,1 g pour les protéines; 1,54 à 1,85 g pour la lysine et de 1,18 g à 1,44 g pour les acides aminés soufrés.

Tableau X: Recommandations d'apport en macroéléments chez le poulet de chair (en g/100 kcal d'énergie métabolisable)

Age (jours)	Phosphore disponible (g/100 g d'EM)	Calcium (g/100 g d'EM)	Sodium (g/100 g d'EM)	Potassium (g/100 g d'EM)	Chlore (g/100 g d'EM)
0-21	1,35	3,14	0,46	0,63	0,38
32-42	1,25	2,50	0,46	0,63	0,38
43-abattage.	1,05	2,30	0,46	0,63	0,38

Source: Larbier et Leclercq (1992)

1.4.2. SOUCHE

L'EMVT (1991) définit la souche comme étant une population issue d'un petit nombre de sujets, isolée au sein d'une race, et qui se reproduit avec des caractères bien fixés, à l'origine d'aptitudes bien déterminées. Des travaux réalisés par cet institut montrent que les souches mi-lourdes consomment plus d'aliment que les souches légères.

1.4.3. CONDITIONS D'AMBIANCE

L'élévation de la température réduit les besoins et la dépense énergétiques des animaux. Ainsi, toute élévation de température de 1° C entraîne en moyenne une réduction de la consommation alimentaire de 1 %, soit environ 1,2 à 16 grammes d'aliment par adulte et par jour. Les effets de la température étant des plus importants sur la croissance, il leur a été consacré un sous-chapitre.

De nombreux autres facteurs entraînent une augmentation directe des besoins, tel est le cas du stress ; de manière indirecte, les besoins peuvent être accrus par divers états pathologiques à l'instar de la diarrhée qui entraîne un défaut d'absorption des nutriments.

On peut donc prévoir les performances de croissance lorsque l'on connaît les besoins, les facteurs qui modifient les apports, à commencer par la consommation, ainsi que ceux qui influencent la digestibilité et l'utilisation métabolique. Dès lors, il devient possible de déterminer les caractéristiques des aliments à distribuer.

1.5. MATIERES PREMIERES COURAMMENT UTILISEES ET LEURS APPORTS

Connaissant les besoins des volailles, l'aviculteur adopte une alimentation dont le régime est adapté à la productivité souhaitée. Les matières premières entrant dans la composition des rations pour poulets sont des ressources alimentaires locales ou alors importées. Elles sont classées en fonction de leur apport de nutriments.

1.5.1. SOURCES D'ENERGIE

1.5.1.1. Céréales

Elles constituent la principale source d'énergie dans les aliments pour volailles. Ce sont des aliments essentiellement énergétiques car elles sont riches en matière sèche, composée avant tout d'amidon. Cet amidon est d'une digestibilité élevée ne nécessitant pas de traitements spéciaux, tels que la cuisson.

Par contre, les céréales sont relativement pauvres en matières azotées (10 % environ) et celles-ci sont déficientes en certains acides aminés indispensables tels que la lysine et le tryptophane ou la méthionine dans une moindre mesure.

Pour ce qui est des matières minérales, les céréales présentent un déséquilibre phosphocalcique très important, au détriment du calcium. Le tiers du phosphore est sous forme phytique, inutilisable par les volailles. Ainsi, il faudra compléter en calcium les rations riches en céréales.

Les céréales sont pauvres en vitamines. On note cependant dans le maïs jaune la présence de pigments xanthophylles qui colorent en jaune la graisse des poulets. De plus, elles contiennent peu de cellulose. Par ailleurs, elles sont de conservation facile, ce qui est un énorme avantage. Les principales céréales utilisées sont : le mil et le sorgho d'une part, et le maïs d'autre part, qui est d'ailleurs considéré comme la céréale de choix pour l'alimentation des volailles, de par sa valeur énergétique élevée et la grande constance de celle-ci, que ce soit en fonction de l'année ou de la région de production (**Larbier et Leclercq, 1991; Métayer et al., 1993 ; ONIC-AGPM, 1999**).

1.5.1.2. Sous-produits des céréales

Il s'agit des sons dont l'utilisation en aviculture tient compte de leur coût faible et de leur importance dans la régulation du transit digestif dont ils empêchent les perturbations à l'origine de diarrhées et constipation (**Parigi-Bini, 1986**). De plus, leurs protéines sont disponibles. Les farines basses de riz présentent l'avantage d'avoir une valeur élevée en minéraux, en oligo-éléments et en énergie (**Larbier et Leclercq, 1991**).

1.5.1.3. Matières grasses

Elles sont issues des huileries (huiles végétales) ou des abattoirs (suif, graisse, saindoux). Ce sont des sources importantes d'énergie métabolisable pour l'alimentation des volailles (**Scott, 1976**). Elles permettent d'accroître la valeur énergétique des rations tout en diminuant les indices de consommation. Les lipides facilitent l'utilisation de matières premières riches en protéines (tourteaux) mais présentant des niveaux d'énergie relativement bas (**Sakandé, 1993**).

Des travaux de **Polin et Hussein (1982)** montrent que les poussins âgés d'une semaine retiennent 25 % de lipides de moins que ceux âgés de 2 à 3 semaines, ceci du fait que les sels biliaires impliqués dans la digestion des lipides ne sont pas produits en quantité suffisante chez le poussin, puisque la sécrétion biliaire augmente avec l'âge de la volaille.

Selon **Sakandé (1993)**, l'utilisation de matières grasses d'origine animale, donc riches en acides gras saturés peut entraîner la formation de savons mal absorbés par les poussins et occasionner une mauvaise utilisation du calcium et par, conséquent, une augmentation de l'incidence de la dyschondroplasie tibiale.

Gab-wé (1992) estime que l'huile d'arachide incorporée au taux de 4 % dans la ration du poulet de chair de 6 semaines d'âge donne de meilleurs résultats de croissance.

1.5.2. SOURCES DE PROTEINES

1.5.2.1 Sources de protéines végétales

1.5.2.1.1. Tourteau de soja

Il est le plus utilisé dans les rations pour volailles. C'est le «prince» des tourteaux de par sa richesse en protéines et l'équilibre de ses acides aminés. En effet, ses protéines sont très digestibles et conviennent aux besoins de croissance des oiseaux, quoique déficitaires en acides aminés soufrés (**Kébé, 1989**). Cependant, on retrouve des substances antitrypsiques qui constituent ainsi le facteur limitant. **Larbier et Leclercq (1991)** montrent qu'une cuisson correcte élimine plus de 90 % de l'activité antitrypsique.

1.5.2.1.2. Tourteaux d'arachide et de coton

Ce sont des sous-produits qui selon la technique d'extraction (par des solvants organiques comme l'hexane), sont pauvres en matières grasses. Par contre, ce sont de véritables sources de protéines. Ils sont les tourteaux les plus disponibles, malgré la présence de facteurs anti-nutritionnels tels que l'aflatoxine dans les tourteaux d'arachide et le gossypol dans le coton ; ceci impose des limites à leur utilisation en alimentation. **Tacher et al. (1971)** montrent que l'action toxique du gossypol libre se manifeste à des teneurs de 0,012 % et que la mortalité apparaît à partir de 0,16 %. Outre la présence de gossypol, les protéines du tourteau de coton sont de qualité moyenne à cause de la faible teneur en lysine et en acides aminés soufrés. Cependant, on peut utiliser ce tourteau dans les rations pour volailles à des taux variant de 5 à 10 % (**Angulo-Chacon, 1986**). Toutefois, la tendance est à la production de coton « glandless » dépourvu de substances toxiques.

Ce dernier auteur trouve que lorsque la teneur en aflatoxine est inférieure à 1,25 p.p.m., l'utilisation des tourteaux d'arachide dans les limites de 30 % chez les poulets en croissance et de 20 % dans la ration des poulets adultes ne pose pas beaucoup de problèmes.

Selon **Anselme (1987)**, le tourteau d'arachide du Sénégal qui contient jusqu'à 0,4 p.p.m. d'aflatoxine peut être utilisé pour couvrir les besoins en protéines lorsque la

ration est supplémentée en acides aminés essentiels comme la lysine, la méthionine et le tryptophane.

1.5.2.1.3. Levures

Elles sont incorporables dans les rations pour volailles à des taux allant de 2 à 4 % (**Ferrando, 1969**), voire jusqu'à 10 % pour les poules pondeuses (**Larbier et Leclercq, 1991**). Les levures sont des sources de protéines de très bonne qualité (riches en lysine, tryptophane, thréonine..., mais pauvres en acides aminés soufrés), et de vitamines du groupe B (**Scott, 1976**). Le facteur limitant est leur prix qui est toujours élevé.

1.5.2.2. Sources de protéines animales

Elles sont intéressantes à cause de leur richesse en protéines de très bonne qualité biologique. On recommande une quantité qui équivaut au tiers de la ration chez la volaille.

Selon **Sakandé (1993)**, la supériorité de la qualité des matières premières d'origine animale se situerait à quatre niveaux :

- leur taux élevé en calcium, phosphore et vitamines du groupe B, en particulier en riboflavine ;
- la présence de vitamine B12 (cyanocobalamine), qui est presque absente des aliments d'origine végétale, à l'exception des levures ;
- leur teneur énergétique assez élevée du fait de leur plus grande richesse en matières grasses ;
- leur meilleur équilibre en acides aminés essentiels.

1.5.2.2.1. Farines de poisson

Elles sont assez hétérogènes à cause de la diversité des matières premières utilisées : poissons entiers, déchets de poissonnerie, poissons gras ou maigres. Elles sont riches en protéines de grande valeur biologique, pourvues d'acides aminés indispensables. La limite à leur utilisation vient du fait qu'elles coûtent chères. De plus, au-delà d'un certain seuil, elles donnent leur odeur à la viande.

1.5.2.2. Farine de sang

Elle est peu utilisée dans les régions tropicales. On l'obtient en faisant déshydrater le sang recueilli aux abattoirs. C'est une source très concentrée de protéines dont la digestibilité est diminuée par la présence de fibrinogène. Toutefois, sa teneur en acides aminés permet de couvrir les besoins des volailles. La farine de sang est incorporée à un taux de 5 % (**Larbier et Leclercq, 1991**).

1.5.3. SOURCES DE MINÉRAUX ET DE VITAMINES

Le calcium et le phosphore constituent les principaux minéraux que doit contenir la ration des volailles. Carbonate de calcium, coquillages marins, poudre d'os et phosphates en sont les sources majeures.

Un déficit modéré en calcium n'affecte que les volailles en bas âge, tandis qu'un apport insuffisant en phosphore va se traduire par une anorexie, une baisse de la croissance, des troubles locomoteurs graves et même de la mortalité (**ISA, 1985**).

Le chlorure de sodium apporte le sodium et le chlore à la ration.

Les oligo-éléments tels que le zinc, l'iode et le magnésium, les vitamines et les additifs alimentaires sont apportés par les prémix ou C.M.V. (compléments minéraux vitaminés).

1.6. DIFFÉRENTES FORMES DE PRÉSENTATION DES ALIMENTS POUR VOLAILLES

Picard et al. (1999) écrivent que le comportement alimentaire d'une volaille peut se diviser en trois phases : l'identification, la préhension et l'ingestion. La première dépend en grande partie des expériences acquises et vécues par l'animal. Dans cette phase, tous les signaux sensoriels et plus particulièrement la vision sont mis à contribution. La préhension utilise aussi la vue mais aussi le toucher. Cela souligne toute l'importance des caractéristiques physiques des aliments (taille, forme, dureté et élasticité...). Les caractéristiques nutritionnelles interviennent dans la dernière phase : l'ingestion qui est aussi influencée par l'environnement.

Dans ses travaux publiés en **1984**, l'**INRA** montre l'importance du régime alimentaire sur la couverture des besoins des volailles. En effet, le poulet présente une croissance plus rapide et un meilleur indice de consommation lorsqu'il reçoit pendant la phase de démarrage un aliment présenté en miettes et ensuite en granulés (de 3,5 à 5 mm). Cette amélioration de performances sous l'effet de la granulation s'atténue, cependant, au fur et à mesure que la teneur énergétique des aliments s'élève ; elle n'est guère perceptible au-delà de 3 200 kcal EM/kg.

Vias (1995) constate que lorsque l'aliment est granulé, le seuil énergétique est ramené à 2850 - 2900 kcal/kg au lieu de 3200 kcal/kg pour l'aliment en farine. Il conclut que la granulation influe donc sur les besoins énergétiques en assurant les performances optimales.

Les avantages et inconvénients de la granulation sont présentés dans le tableau V.

Tableau XI: Granulation de l'aliment: avantages et inconvénients

Avantages de la granulation	Inconvénients de la granulation
<ul style="list-style-type: none"> - Diminution du gaspillage - Stérilisation partielle de l'aliment - Facilité de manutention - Conservation améliorée - Suppression du risque de collage du bec - Facilite l'utilisation de graisse et de mélasse 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût élevé - Maintenance délicate de la presse à granuler - Risque de dénaturation des protéines et des vitamines par le chauffage - Favorise une surconsommation et l'engraissement chez les pondeuses - Favorise le picage par baisse de temps consacré à ingérer

Source: SANOFI (1996)

CHAPITRE II : REGULATION THERMIQUE ET SES FACTEURS

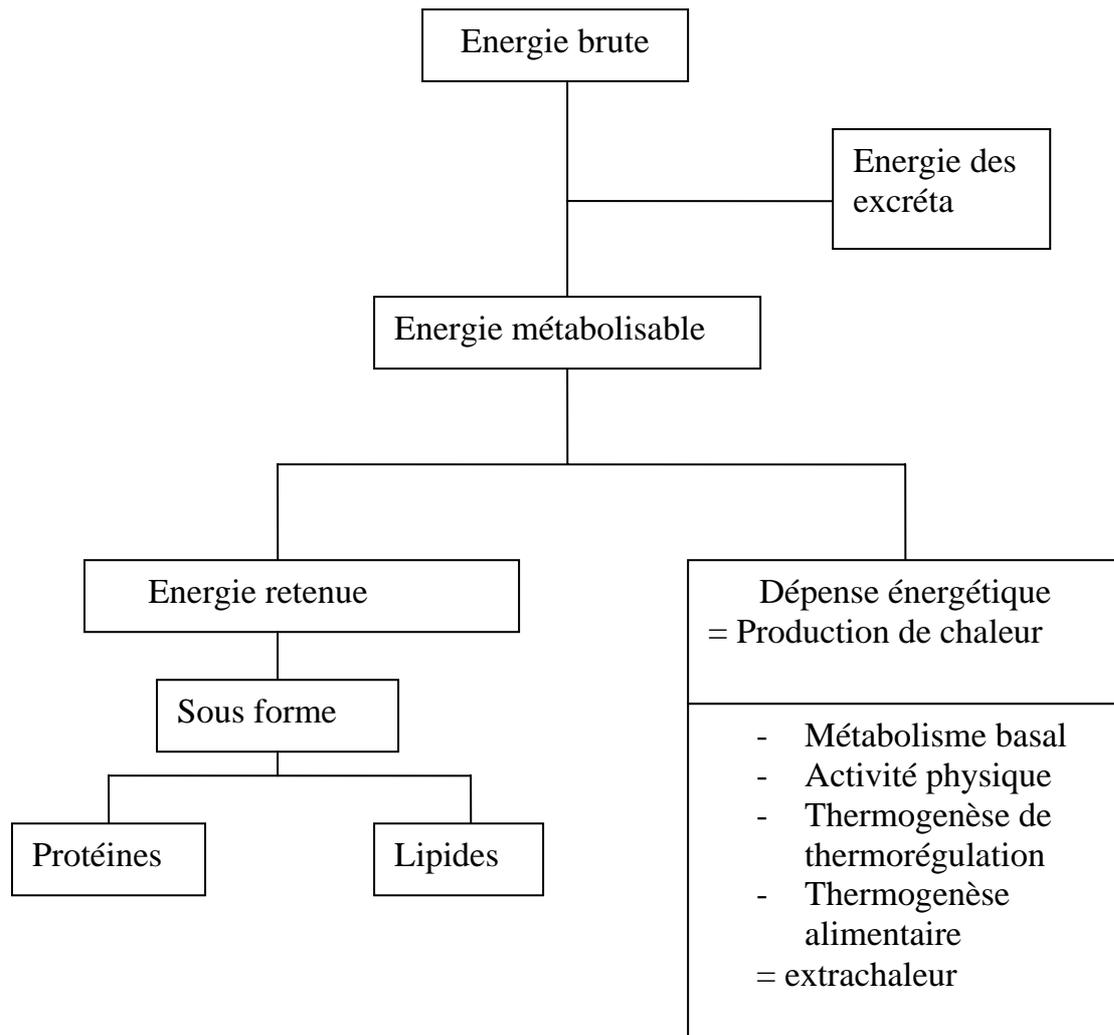
Les températures ambiantes élevées réduisent la croissance des poulets et ceci quelle que soit l'origine génétique des animaux (**Washburn et Eberhart, 1988**). La zone de bien-être thermique se situe entre 16 et 20° C. Au delà et en dessous de ces limites, le métabolisme s'accroît sensiblement et traduit une perte d'énergie pour lutter contre la chaleur ou contre le froid, par une série de moyens constituant la régulation thermique. Les oiseaux sont des êtres vivants capables de maintenir leur température interne quasi - constante. Leur corps est recouvert de plumes et dépourvu de glandes sudoripares. Ils ont en général une température plus élevée que les mammifères (41-42° C pour un coq adulte), ce qui les rendrait comparativement moins sensibles au stress thermique (**Meltzer, 1983**). Chez le poussin d'un jour, la température rectale est de 39,5° C. On comprend donc la nécessité pour la volaille de vivre dans des conditions idéales (température ambiante, vitesse et humidité de l'air, état de la litière) depuis le stade du poussin jusqu'au stade du poulet. Ce d'autant plus que l'écart thermique maximal toléré chez le poussin est de 0,5°C.

Toutefois, le maintien de l'homéothermie impose que la production de chaleur générée par le métabolisme soit exactement en équilibre avec les pertes de chaleur. La température ambiante au-dessus de laquelle il n'y a plus équilibre entre productions et pertes entraînant une augmentation significative de la température rectale semble se situer autour de 32° C chez les volailles domestiques (**Smith et Oliver, 1971**).

2.1. PRODUCTION DE CHALEUR OU THERMOGENESE CHEZ LE POULET DE CHAIR

L'ensemble des synthèses et dégradations nécessaires au maintien des fonctions vitales (métabolisme) est à l'origine de la grande partie de la chaleur produite par l'organisme.

Le bilan énergétique représentant les différentes composantes de la dépense énergétique est présenté par la figure 3.



Source : Geraert (1991)

Figure 3 : Schéma du bilan énergétique

Il ressort de cette figure que la thermogenèse fait intervenir un certain nombre de mécanismes représentés par le métabolisme basal, l'activité physique, la thermogenèse de thermorégulation et la thermogenèse alimentaire ou extrachaleur.

2.1.1. METABOLISME BASAL

C'est la production de chaleur au repos en état de jeûne postprandial et dans la zone de neutralité thermique. Chez les oiseaux, on l'estime par la production de chaleur à jeun. **Farrel (1988)** montre que l'augmentation de la température ambiante entraîne une diminution de la chaleur produite à jeun, et par conséquent, du métabolisme basal.

Selon **Sykes (1977)**, il y aurait aussi réduction du besoin énergétique d'entretien (métabolisme de base + activité physique + utilisation alimentaire), rendant ainsi disponible plus d'énergie pour la production à condition que les besoins en d'autres nutriments soient couverts.

Le métabolisme basal varie aussi en fonction d'autres facteurs. Ainsi, **Mac Leod (1984)** montre que la sélection génétique réduit le métabolisme basal. En effet, les souches qui ont une masse corporelle faible, de même que des appendices développés tolèrent mieux la chaleur que les autres. Cependant, les génotypes de volailles maigres ou gras ne présentent pas de différence significative de production de chaleur à jeun (**Mac Leod et Geraert, 1988**) et l'excès de gras pourrait entraver la thermolyse.

2.1.2. ACTIVITE PHYSIQUE

Van Kampen (1976) constate que chez les pondeuses, la station debout accroît la production de chaleur de 25 % par rapport à la position de repos. **Mac Leod et al. (1982)** considèrent qu'au maximum 15 % de production de chaleur journalière proviennent de l'activité physique des pondeuses et que ce taux peut descendre jusqu'à 6% selon les génotypes. Dans leurs travaux, **Murphy et Preston (1988)** remarquent que les poulets passent 65% de leur temps couchés avec de fréquentes interruptions pour manger, boire ou se déplacer. **Geraert (1991)** explique le phénomène en disant qu'au moment de la station debout, les oiseaux produisent un bref efflux de chaleur et augmenteraient la surface corporelle disponible pour la perte de chaleur par diminution du contact avec les voisins ou le sol. Chez les poulets en croissance, 7 % de l'EM ingérée est utilisée pour l'activité physique, mais le rationnement alimentaire pourrait augmenter cette proportion jusqu'à 15 %, estiment **Wenk et Van Es (1976)**. Ceci montre toute l'importance qu'il y a de bien formuler les rations pour cette catégorie d'animaux.

Outre le déplacement, le halètement fait partie de l'activité physique. Ainsi, chez le poulet exposé à des températures élevées, la production de chaleur est supérieure à la quantité produite dans la zone de neutralité thermique. En fait, le halètement a un coût énergétique puisqu'il contribue à augmenter la fréquence cardiaque, mettant ainsi en jeu une participation active des muscles cardiaques. **Geraert (1991)** estime que sous

une température ambiante de 35 à 40° C, le halètement représente 12 % de l'augmentation de la thermogénèse, alors que la fréquence respiratoire passe de 30 à 150/minute. Il suffirait de réduire la demande des autres tissus pour compenser cette augmentation de la demande énergétique due à la respiration, ceci maintiendrait constante la production de chaleur (**Hillman et al., 1985**).

2.1.3. EXTRACHALEUR OU THERMOGENESE ALIMENTAIRE

L'extrachaleur peut se définir comme étant l'énergie produite lors de l'ingestion et de la digestion de l'aliment ainsi que lors de l'utilisation métabolique des nutriments résultant de cette digestion. On l'estime à 15-30 % de l'EM pour les aliments complets. Elle dépend de la composition de l'aliment. Ainsi, les rations qui présentent une extrachaleur élevée sont déconseillées en période de chaleur. **Tasaki et Kushima (1979)** montrent que les protéines présentent la plus forte contribution à la thermogénèse alimentaire par rapport aux glucides et aux lipides. De plus, tout apport d'acides aminés en excès par rapport aux besoins entraîne un catabolisme accru et une production de chaleur augmentée. Dès lors, tout retard de croissance ne saurait être comblé par un réajustement du niveau des protéines alimentaires. Des travaux de **Husseini et al. (1987)** ont montré que les meilleurs gains de poids des poulets étaient obtenus pour les régimes renfermant 20 % de protéines et 14,27 MJ/kg..

Waldroup (1982) suggère qu'une réduction de l'apport alimentaire d'acides aminés pourrait se faire si on utilisait des protéines de base supplémentées en acides aminés de synthèse. Toutefois, une légère augmentation de la fourniture en lysine s'avère bénéfique lorsque la température devient légèrement élevée (**Mc Naughton et al., 1983**).

L'énergie des aliments se trouve en grande partie dans les glucides et les lipides. Leur utilisation va dépendre de la température ambiante. Des trois groupes de nutriments, les lipides ont l'extrachaleur la plus basse. **Mac Leod (1985)**, montre que pour 100 kJ d'énergie nette obtenue à partir des graisses, seulement 5 kJ sont perdus sous forme de chaleur, contre 25 avec les glucides. Par ailleurs, les régimes contenant des graisses ont souvent une valeur énergétique plus élevée que la valeur EM calculée (**Mateos et Sell, 1980**) s'expliquant par un ralentissement du transit digestif et une amélioration

de la digestibilité de l'amidon. D'après **Fuller (1981)**, quelle que soit la forme de présentation de l'aliment, farine ou granulés, les régimes riches en lipides sont toujours préférés par les poulets en croissance.

Des travaux dirigés par **Mac Leod (1985)** attestent que l'ingéré alimentaire est réduit lors d'un stress thermique pour diminuer la composante « thermogénèse alimentaire » de la production de chaleur. De plus, l'extrachaleur correspond à 10 % de l'EM pour les régimes riches en graisse, contre 30 % pour les régimes riches en fibres. Ainsi, le contenu énergétique net supérieur des régimes riches en graisses permettrait des ingérés énergétiques plus importants. Toutefois, une amélioration de l'efficacité alimentaire et des gains de poids plus faibles avec les régimes riches en fibres chez le poulet en croissance dans les régions chaudes a également été observée par **Abdelsamie et al. (1983)**.

Une expérimentation de **Aïn Baziz et al. (1990)** montre que seule la quantité d'énergie déposée sous forme de lipides varie en fonction de la composition du régime, quelle que soit la température. **Geraert (1991)** conclut en disant que la seule modification de la composition alimentaire ne permet pas d'améliorer la croissance chez le poulet de chair élevé au chaud. Une solution serait de réduire le stress thermique d'origine alimentaire en supprimant la distribution de l'aliment aux heures chaudes. Ainsi, la température rectale augmente moins et moins vite qu'en présence de l'aliment (**Francis et al., 1991**).

Charles et al. (1981) écrivent que l'absence d'interaction entre la température ambiante et la composition de l'aliment chez le poulet permet de penser que les effets des températures élevées sont spécifiques et n'agissent pas seulement par le biais de l'alimentation, mais aussi seraient sous la dépendance d'un contrôle hormonal.

2.1.4. CONTROLE HORMONAL DE LA THERMOGENESE

L'énergie est stockée dans l'organisme sous forme d'ATP (Adénosine Triphosphate). De nombreuses réactions biochimiques d'oxydoréduction aboutissent à la libération de l'énergie ainsi stockée. Tous ces processus sont régulés par les sécrétions hormonales. Il s'avère donc utile de connaître les glandes dont les hormones sont impliquées dans la thermogénèse.

2.1.4.1. Thyroïde

Chez la plupart des espèces animales, elle est impliquée dans le contrôle de la thermogénèse. Les principales hormones sécrétées sont la triiodothyronine (T3) et la thyroxine (T4). En **1980, Davison et al.** montrent que l'absence de thyroïde entraîne un défaut de thermorégulation et une baisse de la thermogénèse chez le poussin. D'après **Rudas et Pethes (1982)**, la réponse de la thyroïde aux températures élevées serait décomposée en deux phases : d'abord, une phase rapide qui est la phase d'adaptation précoce pendant laquelle il y aurait un changement rapide de la conversion de T3 en T4 au niveau du foie et ensuite, une phase lente. Les deux hormones thyroïdiennes n'ont pas la même efficacité dans la régulation de la production de chaleur, note **Geraert (1991)** ; la T3 étant la plus active. **Rosebrough et al. (1989)** estiment que c'est l'ingéré énergétique qui serait seul responsable de la variation du taux plasmatique des hormones thyroïdiennes.

Les concentrations plasmatiques de ces hormones seraient plutôt en relation avec le bilan énergétique (ingéré et dépense énergétique) suggèrent **Danforth et Burger (1989)**. En effet, s'il y a réduction de l'ingéré sans diminution de la dépense (bilan énergétique négatif), la concentration circulante de T3 diminue. Ceci rejoint les conclusions présentées dans le tableau VI de **Mitchell et Goddard (1990)**; ces auteurs observent une diminution de T3 chez des poulets élevés au chaud (35° C) comparés à d'autres maintenus à 22° C et ingérant la même quantité d'aliment. Ainsi, lorsque les poulets sont élevés en période de chaleur, leurs performances de croissance sont inférieures à celles obtenues avec des poulets élevés à des températures plus basses, même lorsqu'ils consomment la même quantité d'aliment.

Lorsqu'il fait chaud, le métabolisme basal et l'activité physique du poulet en croissance diminuent, tandis que l'extrachaleur serait plutôt augmentée (**Aïn Baziz et al., 1990**).

Tableau XII: Effet de la chaleur sur les performances de croissance et quelques caractéristiques plasmatiques des poulets de chair entre 2 et 4 semaines d'âge (5 animaux par traitement)

Température Alimentation	22° C ad libitum	22° C égalisée	Effet	35° C ad libitum
Ingéré (g/jour)	127,6	90,7		95,8
Gain de poids (g/jour)	50,7	41,2		29,9
Indice de consommation (g gain/g ingéré. jour)	2,6	2,4	*	3,2
Poids vif final (g)	881	847	*	703
En mg/ml plasma				
T4	15,2	15,6	*	5,6
T3	3,5	3,0	*	0,98
GH	60,5	44,6	ns	108,0

Source : Mitchell et Goddard

(1990)

* : effet significatif au seuil $p < 0,05$

ns : non significatif

2.1.4.2. Glandes surrénales

Elles sont fortement impliquées dans le contrôle de divers processus organiques, au rang desquels la réaction face aux différentes agressions, dont le stress. Les principales hormones dont le taux plasmatique varie en fonction de la température sont la corticostérone et les catécholamines (adrénaline et noradrénaline). C'est au niveau du cortex surrénalien que ces hormones sont sécrétées. **El Halawani et al. (1973)**, puis **Edens et Siegel (1976)**, rapportent qu'une augmentation suivie d'une diminution importante de la corticostéronémie est observée pendant les périodes chaudes chez les poulets. Les jeunes oiseaux chez lesquels le cortex surrénalien peu développé ne sécrète pas suffisamment de corticostéroïdes présentent une prostration lorsqu'ils sont exposés à la chaleur. Quant aux catécholamines, leur sécrétion est immédiate en cas de stress thermique puisque l'innervation des surrénales est de type sympathique. Des travaux de **Hissa et al. (1980)**; **Hillman et al. (1985)** montrent que la réaction de l'organisme serait surtout due à l'impact de la température ambiante sur les cibles de ces hormones plutôt qu'à l'action même des catécholamines.

Comme le prouvent **Fuller et Dale (1979)** ; **Mitchell et Goddard (1990)**, la réduction de la croissance du poulet en période chaude n'est pas seulement une conséquence de la réduction de l'ingéré alimentaire, mais aussi le fait des modifications métaboliques.

2.2. THERMOLYSE OU PERTE DE CHALEUR CHEZ LE POULET DE CHAIR

Maintenir constante sa température corporelle est impératif pour la survie du poulet de chair. Ceci passe par l'élimination de la chaleur produite. Pour ce faire, les volailles doivent perdre la chaleur par :

- *convection* : il y a perte de chaleur au travers des duvets ou des plumes au profit de l'air ambiant. Plus les plumes sont mouillées, plus l'air est frais, et plus les échanges se feront rapidement. L'utilisation de brasseurs d'air permet la mise en mouvement de l'air et donc la convection ;
- *conduction* : il s'agit du contact direct de la volaille avec la litière lui permettant d'exporter ses calories ;
- *rayonnement* : la chaleur est envoyée vers la litière ou vers les parois plus froides au travers de l'air ;
- *évaporation* : l'évaporation de l'eau à travers la respiration encore appelée halètement, favorise la diminution de la température interne chez les oiseaux ;
- *excrétion* par les fientes : elle est peu efficace, puisqu'elle ne représente que 5 % des pertes de chaleur des oiseaux.

La perte de chaleur résulte donc de l'écart thermique entre le corps de l'animal et le milieu ambiant. Les différents mécanismes de thermolyse évoqués ci-dessus peuvent être répartis en deux ensembles que sont les pertes sensibles (chaleur qui augmente la température ambiante) dont font partie les pertes par convection, conduction et rayonnement, d'une part, et les pertes insensibles (qui n'entraînent pas le réchauffement du milieu) dues à l'évaporation et à l'excrétion par les fientes, d'autre part.

2.2.1. THERMOLYSE PAR CHALEUR SENSIBLE

El Boushy et Van Marle (1978) estiment qu'en climat tempéré, près de 75 % de la thermogénèse chez les oiseaux est éliminée par la voie sensible.

Les pertes par rayonnement (ou par radiation) ne représentent que 5 % du flux total de chaleur, précise **Walsberg en 1988**. **Mitchell (1985)** affirme que la perte thermique due au rayonnement baisse avec l'augmentation de la température.

Les pertes par convection dépendent du niveau de ventilation ambiante. En effet, il suffirait que l'air arrivant au niveau de l'animal soit plus frais que le corps de ce dernier pour qu'il cède des calories.

La conduction thermique a surtout lieu d'une part au niveau des appendices céphaliques (crêtes et barbillons) pouvant représenter jusqu'à 7 % de la surface totale du corps (**Freeman, 1983**) et des pattes d'autre part. Ces parties dépourvues de plumes peuvent servir à exporter près de la moitié de l'énergie due à la thermogénèse en raison d'une importante vasomotricité qui améliore les échanges thermiques via l'accroissement du flux sanguin. Cette affirmation rejoint celle de **Geraert (1991)**, disant que le flux sanguin vers la peau emplumée et les organes internes diminue lors de l'exposition au chaud. **Mitchels et al. (1985)** évoquent les modifications physiques (épilation) et génétiques (génotype cou nu) de l'emplumement comme étant favorables aux pertes sensibles. Le comportement des volailles en vue de se débarrasser de la chaleur ainsi que la réduction des densités d'élevage sont aussi des atouts permettant la réalisation de la voie sensible.

2.2.2. THERMOLYSE PAR CHALEUR LATENTE

Lorsque le poulet a chaud, il augmente la thermolyse évaporatoire, font remarquer **El Boushy et Van Marle (1978)**. **Dawson (1982)** estime que le poulet peut perdre par la peau, les 40 % voire plus de l'évaporation totale lorsqu'il est en zone de neutralité thermique. Cependant, l'augmentation de la température fait que la voie respiratoire devient la plus sollicitée. Vers 28-29° C, le halètement apparaît et se traduit par une très forte augmentation de la fréquence respiratoire. Il est sous la dépendance de récepteurs médullaires et hypothalamiques et ce n'est qu'après élévation des températures hypothalamiques et cloniques, qu'a lieu le halètement (**Woods et**

Whittow, 1974). Le nerf vague assure la transmission des influx. Les conséquences de ce phénomène sont : hyperthermie, hypocapnie et alcalose respiratoire à l'origine d'une baisse de croissance, asphyxie et mort.

Une hygrométrie élevée sature l'atmosphère en vapeur d'eau, réduisant ainsi les possibilités d'évaporation. Elle favorise dès lors la sensation de stress thermique.

En augmentant la vitesse de l'air qui arrive au niveau des animaux, en réduisant les densités et en adoptant des régimes adaptés, on arrive à améliorer les pertes de chaleur, mais surtout à diminuer la thermogénèse. Une autre solution consisterait à l'acclimatation des oiseaux ; cela passe par une adaptation précoce aux températures élevées. Comme le suggère **Mac Leod (1984)**, si le métabolisme basal est diminué par l'acclimatation, une plus grande extrachaleur sera tolérée avec pour conséquence un accroissement de l'ingéré énergétique. L'individu adapté au chaud peut augmenter son ingéré sans accroître sa thermogénèse, conclut **Geraert (1991)**.

2.3. REACTIONS DES VOLAILLES EN FONCTION DE LA TEMPERATURE

2.3.1. REGULATION THERMIQUE EN ZONE DE NEUTRALITE THERMIQUE

La neutralité thermique représente les températures idéales ; le confort thermique des animaux est maximum et permet ainsi une régulation thermique et une conversion alimentaire optimales. En dehors de cette zone, on note une baisse de la croissance et donc, de la productivité. La neutralité thermique varie en fonction de l'âge de la volaille ; les températures recommandées étant présentées dans le tableau VII.

Tableau VII: Températures recommandées en aviculture

Age (jours)	Température aire de vie (°C)	Evolution du plumage
0-3	33-31	Duvet
3-7	32-31	Duvet et ailes
7-14	31-29	Duvet et ailes
14-21	29-28	Ailes et dos
21-28	28-22	Ailes, dos, bréchet
28-35	22-21	
35 et +	21-18	

Source : SANOFI (1996)

Quand ces normes sont respectées, on note une répartition homogène des animaux dans tout le bâtiment ; ils s'alimentent et s'abreuvent sans difficulté ; il n'y a ni gaspillage de l'aliment, ni bagarre, ni picage, encore moins de piétinement ; la croissance est régulière et homogène sur l'ensemble du lot. La zone de neutralité thermique évolue avec l'état d'emplumement, se déplace et s'élargit avec l'âge. Ainsi, elle peut être ramenée de 2 à 4° C vers le haut lors de l'augmentation progressive de la température (environ 1° C par semaine). On parle alors d'acclimatation des volailles.

2.3.2. REGULATION THERMIQUE SOUS LA ZONE DE NEUTRALITE THERMIQUE

L'animal a tendance, soit, à gonfler son plumage (isolant thermique), soit à consommer plus d'aliments, soit à faire des efforts musculaires qui provoquent un dégagement de chaleur. Les animaux se serrent les uns contre les autres à la recherche de la chaleur ; on observe le plus souvent des étouffements. Ils recherchent des coins de litières sèches et chaudes. Les plumes, unique revêtement isolant, sont alors ébouriffées pour augmenter cet effet. La surconsommation alimentaire qui en résulte permet de produire des calories qui servent à réchauffer les oiseaux, d'où un gaspillage alimentaire. Chez le poussin, c'est seulement après 3 semaines lorsque le duvet est remplacé par les plumes (1^{ère} mue), que le contrôle de la température est pleinement assuré, d'où l'intérêt d'un emplumement précoce.

2.3.3. REGULATION THERMIQUE AU-DELA DE LA ZONE DE NEUTRALITE THERMIQUE

La connaissance des effets de la chaleur sur le poulet de chair et des adaptations défensives qu'il met en jeu face à l'agression thermique est indispensable, puisqu'elle permet d'améliorer son confort et donc la productivité.

Dès que la température dépasse 25° C, au fur et à mesure de son élévation, la poule réagit de manière à en diminuer l'effet.

2.3.3.1. Au plan comportemental

La poule évite toute dépense musculaire, cherche l'endroit le plus frais ; elle s'enfonce dans la litière pour essayer de restituer au sol frais une partie de la chaleur emmagasinée. L'air devenant vital, les animaux recherchent des zones aérées soit en se tenant près des ouvertures, soit en montant sur des perchoirs.

2.3.3.2. Au plan de son aspect

Les ailes tombantes, écartées du corps et le plumage aussi collé que possible contribuent à augmenter la surface d'échanges des calories et à réduire au maximum l'effet isolant des plumes. Très vite, l'état de l'animal change allant de la prostration à l'apathie ou alors à la nervosité ce qui aboutit à la fatigue et au stress.

2.3.3.3. Au plan respiratoire

La poule augmente son rythme respiratoire (160 mouvements/minute contre 20 à 37 normalement) afin de diminuer sa température corporelle par l'échange au niveau du poumon et par l'exportation de calories dans la vapeur d'eau de l'air expiré. Les sacs aériens jouent un rôle important, puisque l'air frais et sec dont ils se remplissent, s'humidifie enlevant ainsi à l'organisme une quantité importante de vapeur d'eau, donc de calories par un phénomène identique à la sudation chez les mammifères.

2.3.3.4. Au plan alimentaire

La consommation accrue d'eau permet d'exporter une grande partie de chaleur par la vapeur d'eau. Lorsque le poulet est exposé à des températures ambiantes élevées, il modifie son métabolisme énergétique. Ainsi, il y a diminution de la consommation

alimentaire se traduisant par la baisse des besoins énergétiques d'entretien et des oxydations métaboliques d'origine alimentaire. Les fonctions de production (croissance) diminuent plus rapidement entraînant une augmentation de l'indice de consommation.

Quelques repères cliniques de température sont donnés ci-dessous (variables suivant l'humidité, la vitesse de l'air...) :

- à partir de 27° C : halètement des animaux ;
- à partir de 30° C : stress thermique ;
- à partir de 35° C : croissance des volailles presque nulle ;
- à partir de 38° C : prostration, mue ;
- à partir de 40° C : risque d'apoplexie ;
- à 43° C : mortalité de l'ordre de 30 %.

Pour maintenir constante leur température corporelle, les oiseaux doivent donc équilibrer leurs productions et leurs pertes de chaleur.

CHAPITRE III : VITAMINES, OLIGO-ELEMENTS ET LA PRODUCTIVITE DU POULET DE CHAIR

3.1. GENERALITES SUR LA PRODUCTIVITE DU POULET DE CHAIR

Le but visé en élevage de poulet est la productivité maximale (un maximum de kilogrammes de gain de poids pour un minimum de kilogrammes d'aliment).

Quatre facteurs régissent la productivité en aviculture. Il s'agit de l'alimentation, la génétique, la pathologie et l'environnement. De l'action combinée de ceux-ci, dépendent les performances zootechniques du poulet de chair. En général, les objectifs de productivité visent la consommation alimentaire, le gain de poids, l'indice de consommation et la mortalité.

3.1.1. CROISSANCE ET SES FACTEURS DE VARIATION

3.1.1.1 Croissance

La croissance se définit chez l'être vivant comme étant la capacité qu'ont les cellules de son organisme d'augmenter leur nombre et leur taille. L'ensemble des réactions biochimiques permettant à l'organisme de croître et de renouveler la matière vivante s'appelle le métabolisme ; il consiste en la synthèse de la matière nouvelle (anabolisme) et en la dégradation de grosses molécules (catabolisme).

Chez le poulet de chair, la croissance est très rapide, le poussin pouvant passer de 40 g à 1 jour à 2000 g à 7 semaines d'âge (**Smith, 1990**). Elle est associée à une efficacité alimentaire (aptitude de l'animal à transformer l'aliment en muscle) élevée et consiste en une synthèse protéique à partir des acides aminés alimentaires d'où l'importance d'une ration riche en protéines.

Pour contrôler la croissance, on recommande de peser 10 à 20 % des sujets choisis au hasard tous les sept jours. Ainsi, il est possible de comparer le poids moyen obtenu à celui attendu au même âge et prévu par le fournisseur des poussins. Cela permet de déceler un retard de croissance dû à une erreur d'élevage. De même, cela donne une idée sur l'homogénéité du troupeau : en cas d'écarts pondéraux trop importants (15 - 20 % par rapport à la moyenne du cheptel), il faut séparer les individus les plus

petits des autres animaux afin de leur permettre de rattraper leur retard en les mettant dans des « parcs de rattrapage ». La pesée hebdomadaire de la quantité d'aliment consommée sert à déduire l'indice de consommation qui est la quantité d'aliment consommé permettant de produire un kilogramme de poids vif.

La croissance est un processus physiologique qui est sous la dépendance d'hormones. Selon **Wright et al. (1972)**, les hormones qui interagissent pour faciliter la synthèse protéique sont : l'hormone de croissance, l'insuline, les hormones thyroïdiennes, les androgènes et les hormones surrénaliennes et testiculaires. Chez le poulet à croissance rapide, elle dépend de plusieurs facteurs.

3.1.1.2 Facteurs de variation de la croissance

3.1.1.2.1. Facteurs intrinsèques

a) Génotype

Le poids du poulet varie en fonction de la souche ou de la race comme le montrent les résultats de l'étude menée par l'**IEMVT (1991)** et consignés dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Poids des poulets de chair issus de croisements industriels

Souches	Poids (g)	Age (jours)
a) De l'Institut de Sélection Animale avec Vedette	2085	56
b) Shaver		
- Startobro	1850	52
- Redbro	1750	52
c) Lohmann	1400	40
d) Euribrid	2000	52
e) Hubbard	2150	56
f) Diverses		
- Jupiter	2150	56
- Rhodex Wyandotte	2300	Adulte

Source : EIMVT (1991)

b) Sexe

Mollereau et al. (1987) affirment que les mâles croissent plus vite que les femelles ; ceci se comprend puisque l'hormone masculine, la testostérone a une action anabolique très marquée sur la croissance. De plus, les mâles sont aptes à consommer plus vite que les femelles (**INRA, 1989**). **Singh et al. (1989)** montrent que le

dimorphisme sexuel est très marqué dans l'espèce Gallus et que la différence de poids entre le mâle et la femelle est de l'ordre de 15-20 %. Des travaux de **Bougon et al. (1976)** et **De Reviere, (1989)** révèlent que les femelles présentent un engraissement plus élevé que les mâles.

Gatford et al. (1998) rapportent que des différences dans les caractéristiques pulsatiles de la sécrétion de l'hormone de croissance (GH) selon le sexe pourraient participer au dimorphisme sexuel de la croissance chez les mammifères et les oiseaux. Cependant, l'effet somatotrope de la GH s'exerce par l'intermédiaire du facteur de croissance apparenté à l'insuline qui serait donc susceptible d'expliquer une partie de ce phénomène.

Le tableau IX montre la différence de poids en fonction du sexe.

Tableau IX : Poids des poulets de chair adultes de race

Race	Poids de la femelle adulte (kg)	Poids du mâle adulte (kg)	Origine
- Wyandotte blanche	2,5 – 3	3 – 4	Etats-Unis d'Amérique
- Rhode Island Red	2,5 – 3	4	Etats-Unis d'Amérique
- New Hampshire	2,5 – 3	4	Etats- Unis d'Amérique
- Light Sussex	2,5 – 3	4	Angleterre
- Poule africaine	1	2,5	Afrique

Source : EIMVT (1991)

Selon **Mollereau et al. (1987)**, les poulets de chair présentent une croissance accélérée grâce aux synthèses protéiques avec une bonne conversion alimentaire entre 0 et 6 semaines. Après cet âge, la croissance devient plus lente et plus coûteuse en énergie avec formation de gras et diminution de l'efficacité alimentaire.

3.1.1.2.2. Facteurs extrinsèques

a) Conduite de l'élevage

Le non respect des normes de densité et de matériels entraîne le surpeuplement du poulailler qui débouche sur la compétition entre les animaux pour l'aliment et l'eau, occasionnant bousculades, efforts physiques, piétinements, mortalités, hétérogénéité du lot, mais aussi inconfort et stress thermiques des animaux, causes de sous-

consommation alimentaire. En élevage de poulet, des densités élevées ont pour conséquences une réduction du poids vif final, une augmentation de la prévalence ou de la sévérité des lésions de pododermatite plantaire suite à une dégradation de la litière, une altération de la démarche, et une perturbation du cycle de sommeil (**Proudfoot et al., 1979 ; Martrenchar et al., 1997 ; Sorensen et al., 2000**).

Les densités doivent être respectées afin de permettre une meilleure ventilation, une température optimale et surtout un accès à la mangeoire et à l'abreuvoir pour chaque sujet ; ceci contribue au confort animalier indispensable à la bonne conduite du troupeau. Le tableau X donne des indications sur les densités en élevage dans les régions chaudes.

Tableau X: Densités en élevage de poulet de chair

Age (semaines)	Densité (nombre d'animaux au m2)
0 - 2	40
2 - 4	20
4 et plus	10

Source : SANOFI (1996)

Ces chiffres peuvent être revus à la baisse si la température augmente.

Des erreurs survenant lors de la conduite du troupeau peuvent compromettre dangereusement la croissance des oiseaux ; il s'agit des cas de pathologies qui sont à l'origine de retards de croissance, voire de mortalités importantes. De ce fait, le strict respect des règles d'hygiène et de prophylaxie est impératif. Le tableau XI présente quelques pathologies fréquentes en aviculture.

Tableau XI: Taux de déclaration et de mortalité des pathologies majeures rencontrées dans les élevages de volailles au Sénégal (mai 1998 à mai 1999)

Spécifications	Maladies	Déclaration (%)	Mortalité (%)
« Chair »	Gumboro	42	22
	Salmonellose	-	10
	Coccidiose	12	3
	Newcastle	4	30
Poulettes	Gumboro	40	6-10
	Coccidiose	21	2-3
	Newcastle	4-5	25
	Marek (à 100jours)	-	< 12
Pondeuses	Coccidiose	22	5
	Marek	11	18
	Maladies bactériennes	36	-

Source : RESESAV (2000)

b) Aliment

Le niveau énergétique et la présentation de l'aliment déterminent la prise alimentaire chez le poulet.

3.1.2. AUTRES COMPOSANTES DE LA PRODUCTIVITE DU POULET DE CHAIR

Il s'agit de la consommation alimentaire, de l'indice de consommation et de mortalité.

3.1.2.1. Consommation et indice de consommation

Les volailles peuvent ingérer une large variété d'aliments, ce qui permet à l'éleveur de choisir les matières premières les plus économiques. Ainsi, une meilleure connaissance des besoins d'une part, et des matières premières d'autre part limite les gaspillages et permet des économies.

L'indice de consommation est la quantité d'aliment pour produire un kilogramme de viande.

L'indice de conversion est aussi une mesure de la productivité d'un animal. Il se définit comme étant la quantité d'aliment utilisée pour obtenir le poids final.

« Les poulets de chair convertissent l'aliment en viande avec efficacité et des indices de 1,8 à 1,9 » **Quemeneur (1988)**. Les poulets modernes ont été créés pour gagner très

rapidement du poids, traduisant une efficacité alimentaire maximale. Pour obtenir de meilleurs indices, on doit améliorer les facteurs dont ils dépendent (conditions d'ambiance, qualité de l'aliment et de l'eau, conduite de l'élevage, pathologies...).

3.1.2.2. La mortalité

Elle peut être due aux pathologies, aux conditions de milieu défavorables, au déficit ou à la mauvaise qualité de l'eau ou de l'aliment et au manque de technicité de l'éleveur. Elle constitue une part importante des pertes en aviculture. En général, on admet un seuil maximum de 5% de mortalité ; au-delà, on incrimine l'éleveur.

Croissance, consommation, indice de consommation et mortalité sont les paramètres qui régissent la productivité du poulet de chair. L'objectif d'un maximum de gain de poids pour un minimum d'aliment consommé n'est atteint que lorsque tous ces paramètres sont abordés avec la plus grande importance

En effet, la rentabilité de l'exploitation avicole dépend en grande partie de la bonne conduite du cheptel. Ainsi, la programmation des opérations à effectuer, le choix des poussins et de l'aliment, le respect des normes d'élevage et du programme de prophylaxie, la maîtrise des conditions du milieu, le mode d'alimentation ainsi que le suivi des oiseaux nécessitent de la compétence de la part de l'éleveur.

3.2. EFFETS DES VITAMINES ET OLIGO-ELEMENTS SUR LES PERFORMANCES DU POULET DE CHAIR

3.2.1. EFFETS DES VITAMINES SUR LES PERFORMANCES DU POULET DE CHAIR

Les vitamines, substances essentielles à la vie des animaux et des hommes, interviennent à différents niveaux de la vie cellulaire. Chacune a une ou plusieurs fonctions spécifiques au sein de l'organisme. Elles sont bien connues pour certaines (vitamines A, D₃, E, C et niacine) et moins connues pour d'autres (vitamines K₃, B₁, B₆ et B₁₂). Ainsi les effets positifs de niveaux élevés ont été mis en évidence :

- sur les performances zootechniques par **Kennedy et al. (1992)** pour la vitamine E, par **Whitehead (2000)** pour la Niacine,
- sur la réponse immunitaire par **Allen et al. (1996)** pour la vitamine A, par **Franchini**

- et al. (1986) et Colnago et al. (1984)** pour la vitamine E,
- sur la résistance à la chaleur par **Daghir (1995)** pour la vitamine C,
 - sur l'ossification et la résistance osseuse par **Orban et al. (1993)** pour la vitamine C et **Rennie et Whitehead (1996)** pour la vitamine D₃,
 - sur la qualité de la viande par **Sheldon et al. (1997)** pour la vitamine E agissant comme un antioxydant.

Le besoin nutritionnel minimum réel en vitamines est difficile à évaluer, vu que sa détermination est réalisée dans des conditions expérimentales favorables qui ne reflètent pas forcément les conditions habituelles d'élevage. En 1994, le NRC a déterminé les besoins vitaminiques du poulet. Réalisée en conditions d'élevage optimales, ces niveaux sont rehaussés en conditions de terrain.

En France, les niveaux d'apports, situés au-dessus des besoins définis par le **NRC (1994)**, sont déterminés afin de bénéficier d'effets cumulés sur les performances zootechniques, le statut sanitaire de l'animal et la qualité de la viande.

Le tableau XII montre les recommandations et caractéristiques des apports en vitamines.

Tableau XII: Recommandations et caractéristiques théoriques des apports en vitamines, en mg/kg

	Démarrage-Croissance		Finition
	NRC (1994)	Whitehead (2002)	NRC (1994)
Prémix vitamines			
Période d'élevage (jour)	1-21	1-21	22-42
Vitamine A, UI/kg	1500	1500	1500
Vitamine D ₃ , UI/kg	200	2000	200
Vitamine E	10	10	10
Vitamine K ₃	0,5	0,5	0,5
Thiamine (vitamine B ₁)	1,8	1,8	1,8
Riboflavine (vitamine B ₂)	3,6	3,6	3,6
Pyridoxine (vitamine B ₆)	-	-	-
Vitamine B ₁₂	0,010	0,010	0,010
Niacine (vitamine PP)	35	80	30
Acide pantothénique	10	10	10
Acide folique	0,55	2,0	0,55
Biotine	0,15	0,20	0,15
Acide ascorbique (vitamine C)	-	-	-

L'apport vitaminique varie en fonction de l'âge des animaux et du type de vitamine.

3.3. EFFETS DES OLIGO-ELEMENTS SUR LES PERFORMANCES ET LA SANTE DE POULET DE CHAIR

3.3.1. IMPORTANCE DES OLIGO-ELEMENTS

Les oligo-éléments jouent un rôle important dans le métabolisme des oiseaux, et la carence ou l'excès d'oligo-éléments essentiels sont cause de nombreuses maladies et anomalies (Scott et al., 1976 ; Underwood, 1997). Le caractère essentiel d'un oligo-élément est surtout mis en évidence par les symptômes apparaissant lors de carence en cet élément, mais il s'exprime aussi en affectant des fonctions métaboliques de l'animal du fait de leur présence dans les enzymes, hormones et vitamines. Chez les animaux domestiques, les besoins alimentaires en divers oligo-éléments ont été établis essentiellement sur la base des performances de croissance chez des animaux jeunes. L'optimisation de la nutrition nécessite la prise en compte d'autres fonctions telles que la fonction immunitaire, la minéralisation osseuse ou la lutte contre le stress. En effet, l'apport alimentaire requis pour prévenir une carence peut ne pas être suffisant pour assurer une nutrition optimale. Le calcul de l'apport alimentaire optimal est également rendu difficile du fait des nombreuses interactions entre oligo-éléments - additives, synergiques ou antagonistes - qui affectent les besoins alimentaires ou la toxicité des oligo-éléments. Si pratiquement tous les éléments du tableau périodique sont présents dans les tissus des volailles, tous ne sont pas essentiels. Le rôle de certains ultra-oligo-éléments n'est pas définitivement établi. Cependant, ils existent dans de très nombreux aliments aussi l'existence de déficience est rare. Le risque de toxicité pour ces minéraux a été étudié plus fréquemment que leur besoin. Enfin, il est à noter que la majeure partie des oligo-éléments (95 à 99 %), ingérés en quantité généralement excédentaire par rapport au besoin de l'animal, notamment lorsqu'ils ont été utilisés comme agent d'accélération de la croissance ou tout simplement comme marge de sécurité lors de la fabrication des aliments, sont excrétés et peuvent constituer un risque pour l'environnement, essentiellement du fait de leur phytotoxicité, dans les régions de production intensive de volailles et de porcs.

3.3.2. OLIGO-ELEMENTS ET PERFORMANCES DE PRODUCTION

3.3.2.1. Cuivre (Cu)

Chez les poulets de chair, un apport en cuivre supérieur aux besoins nutritionnels (8 mg Cu/kg ; **National Research Council, 1994**) peut permettre d'améliorer les performances de croissance (**Fisher et al., 1973**). Les études sur les effets bénéfiques d'un apport supplémentaire de cuivre ont conduit à des résultats souvent contradictoires résumés dans le tableau XIII.

Tableau XIII: Effets d'apports alimentaires élevés de cuivre (mg de sulfate de cuivre/kg d'aliment) sur les performances de poulets (variations en % du témoin)

Age(j)	Apport Cu	Poids corporel	Efficacité alimentaire	Autres effets/spécificité
25	100	+2,3	0	
	350	-7,5	0	
21	240	0	0	Erosion de la paroi du gésier Dilatation du caecum
28	250	-3	0	+0,4% de méthionine
	500	-16	+18	+0,4% de méthionine
	750	-41	+30	
21	250	-18	+12	Sensibilité accrue
	500	-44	+20	(aliments purifiés)
22	400	-13	+7	+0,4% de méthionine
	800	-30	+18	
21	200	-9	0	Régime caséine
	400	-27	+4	
	200	-3	+2	Maïs - Soja
	400	-6	+4	
42	100	+2	0	Pas d'effet avec Cu-Met ou Cu-Lys
	200	+2	0	
42	200-400 600			Pas d'effet sur le poids vif et l'efficacité alimentaire sauf pour 600mg/kg
42	250	+6,3	-5,5	Hypocholestérolémie (-11,8%)
42	125	+3,5	-3,4	Réponse accrue avec le citrate de cuivre
42	20	-2	0	Effet plus élevé chez la femelle
	400	-6	+3	Pas d'effet sur la mortalité
	600	-25	+15	

Source : Nys (2001)

Les essais les plus récents indiquent qu'une supplémentation de 100 à 250 mg/kg de cuivre tend à augmenter le poids corporel.

Les mécanismes par lesquels le cuivre stimule la croissance demeurent indéterminés. Les hypothèses évoquent une modification de la population microbienne due à la libération de cuivre dans le tractus gastro-intestinal, une augmentation de l'activité

mitogénique du sérum, un accroissement de la sécrétion de l'hormone de croissance ou de la sécrétion de neuropeptides. Lorsque l'apport alimentaire de cuivre est très élevé, sa concentration dans le foie peut augmenter de 10 à 20 fois en raison de l'induction d'une protéine à forte capacité de liaison pour les cations, la métallothionéine, capable de fixer 12 Cu par mole. Lorsque la capacité du foie à séquestrer le cuivre est dépassée, le cuivre est excrété par les lysosomes des hépatocytes avec de nombreuses enzymes lysosomales qui augmenteraient la digestibilité de la matière sèche et de l'hémicellulose (**Aoyagi et Baker, 1995**).

Il est à noter qu'un apport alimentaire élevé de cuivre influe sur les taux de cholestérol circulant ainsi que dans les muscles, ces taux diminuant respectivement de 12 et 20 % chez le poulet nourri avec un régime contenant 250 mg/kg de Cu (**Bakalli et al., 1995**).

3.3.2.2. Zinc (Zn)

Le zinc joue un rôle essentiel dans la croissance et le développement, comme l'ont montré les études sur les carences en zinc. Cependant, il n'existe aucun élément démontrant que le zinc puisse être utilisé en tant que nutriment activateur de croissance comme le montrent les résultats d'essais testant les effets d'un apport alimentaire de zinc supérieur aux recommandations de NRC (40 mg/kg) sur les performances des poulets de chair. (Tableau XIV)

Tableau XIV: Effets de l'apport alimentaire de Zinc (mg/kg) sur les performances du poulet de chair (variations en % du témoin)

Apports Zn	Poids	Autres effets/Spécificités
40-160	0	Poussin
15-75	0	Dindonneau
500-2000	0	Efficacité alimentaire identique pas de mortalité 3/40
4000	-8	Mortalité 24/30
8000	-80	Mortalité 30/30
2000	-22	Lésions du gésier et du pancréas
4000	-47	Mortalité élevée
6000	-59	
1000	0	Lésions du gésier et du pancréas
2000	-7	Mortalité élevée
4000	-54	
500	-8	
1000	-17	Efficacité alimentaire : +4%
1500	-25	Efficacité alimentaire : +13%
250	0	ZnSO ₄ , ZnO ou Zn-Met
500	0	
750	0	
60-105	0	ZnSO ₄ , ZnO
40-170	0	Efficacité alimentaire identique

Source : Nys (2001)

3.3.2.3. Autres oligo-éléments

Dans la plupart des études, des concentrations élevées de manganèse (500-3000 mg/kg) dans les aliments des poulets de chair n'ont pas d'influence sur le poids corporel, l'ingestion d'aliment, l'indice de consommation ou la quantité de cendres osseuses (Southern et Baker, 1983 ; Black et al., 1984 ; Wong-Valle et al., 1989 ; Smith et al., 1995). Des taux plus élevés (4000-5000 mg/kg) peuvent diminuer légèrement la croissance et entraîner une légère anémie (Southern et Baker, 1983). Une alimentation riche en Fer entraîne une diminution de l'ingestion d'aliment et du poids corporel des poussins (Vahl et Klooster, 1987 ; Cao et al., 1996).

3.3.3. OLIGO-ELEMENTS ET DEFENSE IMMUNITAIRE DES OISEAUX

3.3.3.1. Zinc (Zn)

Le zinc est un oligo-élément essentiel pour le système immunitaire et la résistance aux maladies. Les carences en zinc entraînent une involution du thymus (jusqu'à 50 %) et de la rate (jusqu'à 60 %) et sont associées à une augmentation de la fréquence des

infections bactériennes et virales (**Fletcher et al., 1988**).

L'action des métalloenzymes impliquées dans les fonctions cellulaires générales, la réplication de l'ADN, la transcription et la transduction du signal sont dépendantes du zinc. Le zinc est structurellement ou catalytiquement essentiel pour l'activité de plus de 300 métalloenzymes telles que l'ADN et l'ARN polymérase (**O'Dell, 1992**). Par ailleurs, le zinc influe directement sur les réactions d'immunité cellulaire et humorale (**Kidd et al., 1996, Wellinghausen et al., 1997**). Il est impliqué dans la stimulation cellulaire par son action sur des molécules signalisatrices, les tyrosine-kinases, l'AMPc, la GMPc, et dans l'expression des gènes par la stabilisation et la régulation fonctionnelle des facteurs de transcription immunologiques. En outre, le zinc accroît la stabilité de la membrane cellulaire, ce qui peut avoir un effet sur les récepteurs membranaires (**Wellinghausen et al., 1997**). La capture du Zn est rapide dans les diverses cellules impliquées dans la réaction immunitaire : hétérophiles mononucléaires (correspondant aux neutrophiles chez les mammifères), monocytes sanguins (précurseurs des macrophages) et lymphocytes T. Les hétérophiles sont les premiers à assurer la défense cellulaire, par phagocytose, et servent comme chimioattractifs pour les macrophages. Les macrophages montrent une activité bactéricide et tumoricide et sont impliqués dans la chimiotaxie, la phagocytose et la présentation de l'antigène. Les carences en zinc altèrent la fonction de défense des hétérophiles qui joueraient un rôle essentiel dans la fonction des macrophages (**Kidd et al., 1996**). La libération d'interleukines est essentielle pour stimuler la prolifération des lymphocytes T (**Wellinghausen et al., 1997**). De façon très spécifique, le Zn induit la sécrétion, par les monocytes, de cytokines IL-1, IL-6 et TNF α , les autres cations (Ca, Mg, Ni) étant inefficaces. Le zinc, comme cofacteur de l'hormone thymique, la thymuline, est impliqué dans la maturation et la fonction des lymphocytes T. Il est clair, dès lors, qu'un taux normal de zinc est essentiel pour la production, la maturation et l'activation de lymphocytes T. Cependant, des taux élevés de zinc (8 fois le taux physiologique) inhibent la production de lymphocytes T et, chez les mammifères, la réponse est biphasique, étant optimale pour une concentration intermédiaire de zinc dans le sang.

Chez les oiseaux, la carence en zinc est clairement associée à une détérioration de la

fonction immunitaire, mais l'apport de zinc permettant d'optimiser la fonction immunitaire et la résistance aux maladies n'a pas été précisément établi (**Kidd et al., 1996**), en partie probablement du fait de difficultés méthodologiques. Chez les poulets de chair, une supplémentation de 100 et 200 mg/kg de zinc à un aliment maïs-soja (37 mg/kg de Zn) n'entraîne aucun effet sur la réaction d'immunité humorale évaluée par la réponse aux GRM (globules rouges de mouton) (**Stahl et al., 1989b**). L'apport de 10 à 90 mg/kg de Zn n'affecte pas la fonction d'immunité humorale chez le poulet de chair (**Pimentel et al., 1991 ; Mohanna et Nys 1999**). Avec un apport de 75 à 140 mg/kg de Zn dans le régime, **Kidd et al. (1992)** n'ont observé aucune modification des titres d'anticorps contre les GRM et *Salmonella pullorum*. Chez la poule reproductrice, l'addition de 80 mg/kg de Zn-méthionine à l'aliment (concentration totale de 150 mg/kg Zn) tend à augmenter la réponse aux GRM de la descendance. Cet effet positif de la supplémentation de zinc a été confirmé (40 mg/kg sous forme ZnO ou Zn-Met) en utilisant le test des GRM et celui de l'enflure des phalanges (après injection de phytohémagglutinine-P) (**Kidd et al., 1993**).

L'intérêt d'une supplémentation en zinc de l'aliment des poules reproductrices a été confirmé. Lorsque leur régime est légèrement déficient en zinc, l'apport de Zn augmente le titre des anticorps anti-GRM de la descendance (**Stahl et al., 1989a**) et améliore sa survie après infection par *Escherichia coli* lors d'un apport de 140 ou 180 mg/kg de Zn (**Kidd et al., 1996**). La supplémentation du régime des animaux reproducteurs semble améliorer l'immunité de la descendance, mais des essais supplémentaires sur la réaction immunitaire cellulaire sont nécessaires pour établir le mode d'action du zinc sur l'immunité du poulet de chair. Chez les dindons mâles, l'addition de Zn-Met (40 mg/kg) entraîne une augmentation du recrutement cellulaire et de la phagocytose des macrophages (**Kidd et al., 1996**). Chez les dindonneaux femelles, le Zn-Met améliore l'élimination d'*Escherichia coli* dans le sang mais non celle de *Salmonella enteritidis* (**Kidd et al., 1996**), et semble ainsi améliorer la fonction phagocytaire des hétérophiles.

3.3.3.2. Sélénium (Se)

La carence en sélénium ou son apport excessif inhibe la réaction immunitaire. Chez le

poulet, la carence en sélénium diminue l'activité phagocytaire. **Larsen et al. (1997)** ont mis en évidence une baisse de la mortalité (passant de 86 à 21 %) chez les poulets confrontés à *Escherichia coli* lorsqu'ils reçoivent une supplémentation à 0,3 mg/kg de Se dans un régime de maïs-soja contenant 0,14 mg/kg de Se. De plus, ils ont observé une augmentation du titre des anticorps anti-érythrocytes du mouton lorsque l'apport alimentaire de sélénium a été augmenté de 0,15 à 0,65 mg/kg. La supplémentation avec 0,1 mg/kg de sélénium restaure la réponse proliférative des splénocytes à la phytohémagglutinine et favorise la maturation des lymphocytes (**Chang et al., 1994**).

3.3.3.3. Cuivre (Cu)

Un régime alimentaire supplémenté avec 100 mg/kg de cuivre accroît la réponse anticorps primaire à *Salmonella pullorum* (**Cook, 1991**). Cependant, à l'inverse, des poussins alimentés avec un aliment déficient en cuivre n'ont pas montré de diminution de la réaction d'immunité humorale (**Cook, 1991**). Dans le proventricule, le thirame est réduit en diméthylthiocarbamate. Ce composé diminue la blastogenèse des lymphocytes (**Cook, 1991**). Le sulfate de cuivre, mais également de zinc ou de manganèse, prévient l'effet immuno-suppresseur du thirame, mais pas l'effet immuno-suppresseur d'autres molécules contenant du thiol (**Cook, 1991**).

Les informations concernant l'effet d'autres oligo-éléments sont rares. Une eau de boisson enrichie avec de l'arsenic, du cadmium, du plomb (8,6, 50, 67 mg/kg respectivement mais aussi avec d'autres contaminants : benzène et trichloroéthylène) supprime les réactions d'immunité humorale et cellulaire et diminue également la croissance des poulets (**Vodeka et al., 1997**). Il existe également des informations montrant que les carences en cobalt et fer affaiblissent la réaction immunitaire (**Cook, 1991**).

3.3.4. METABOLISME DES OLIGO-ELEMENTS ET INFECTION

Les métabolismes du fer, du zinc et du cuivre sont modifiés lors de la réaction inflammatoire et de l'état infectieux. Chez les oiseaux, les maladies infectieuses entraînent une importante diminution du zinc plasmatique (**Hill, 1989**) et son accumulation dans le foie. Ceci semble résulter de la libération de cytokines à une

étape précoce de l'infection et de l'induction associée de la métallothionéine hépatique (protéine à forte capacité de liaison pour le cadmium et zinc) qui provoque le flux de zinc dans le foie (**Klasing, 1984 ; Mc Cormick, 1991**). Cette hypozincémie pourrait être favorable à une inhibition de la croissance bactérienne comme cela a été démontré pour le fer, le zinc étant un facteur de croissance pour certaines bactéries (**Klasing, 1984**). Aussi serait-il discutable de vouloir corriger, par voie alimentaire, cette diminution du zinc plasmatique.

D'ailleurs, un apport de 1000 mg/kg de zinc dans le régime accroît l'effet de *Clostridium perfringens* et la production de toxines alpha (*Necrotis enteritis*) chez les poulets de chair atteints de coccidiose (**Baba et al., 1992**) et une supplémentation en zinc de l'aliment des poussins ne réduit pas la mortalité provoquée par l'infection expérimentale avec *Salmonella gallinarum* (**Hill, 1989**). Cependant, des taux élevés d'un ensemble d'oligo-éléments (Cu : 500 mg ; Cd : 40 mg ; Se : 20 mg ; V : 25 mg ; Hg : 400 mg) accroissent l'incidence de mortalité des poussins infectés par *Salmonella gallinarum* (**Hill, 1989**). Une surcharge en fer accroît également la sensibilité de l'hôte aux maladies infectieuses par l'augmentation de la viabilité des micro-organismes pathogènes (**Anonyme, 1979**).

La concentration plasmatique de fer diminue lors d'une inflammation, tandis que le taux de Cu augmente (**Klasing, 1984**). Le stockage de fer dans le foie augmente de façon concomitante. L'augmentation du cuivre plasmatique est associée à l'accroissement du taux de céruloplasmine qui fixe le cuivre. La céruloplasmine stimule l'activité des superoxyde-dismutases qui protègent les cellules contre la réactivité des radicaux libres générés par le processus de réaction immunitaire (**Koh et al., 1996**). En conséquence, une supplémentation en cuivre est nécessaire pour les poussins exposés à des agents infectieux. La métallothionéine de zinc est aussi un séquestrant efficace des radicaux hydroxyles (**McCormick, 1991**), mais cet effet favorable n'est pas observé puisque une supplémentation en zinc a plutôt des conséquences défavorables.

Le métabolisme des oligo-éléments est modifié par une coccidiose. Celle-ci entraîne une augmentation du dépôt de cuivre, cobalt, fer et manganèse dans les tissus et accroît leur toxicité lorsqu'ils sont à des concentrations élevées dans l'aliment (**Southern et**

Baker, 1982). A l'inverse, la coccidiose intestinale réduit l'absorption de zinc, et l'adjonction de zinc à un régime de base constitué de maïs-soja (33 mg/kg Zn) améliore les performances des poussins parasités (**Bafundo et al., 1984**).

3.3.5. OLIGO-ELEMENTS ET SQUELETTE

Nombreux oligo-éléments jouent un rôle essentiel dans la croissance osseuse (**Beattie et Avenell, 1992**) et les carences alimentaires en ces éléments entraînent des anomalies du squelette chez le poulet telles que la chondrodystrophie (zinc ou manganèse) ou l'ostéoporose (cuivre) (**Leach et Lilburn, 1992**). Le zinc agit, à travers ses effets sur le métabolisme des protéines et des acides nucléiques, comme cofacteur des phosphatases alcalines ou des collagénases, ou en modifiant la structure cristalline de l'apatite. Le cuivre agit comme cofacteur de la lysyl-oxydase, enzyme qui contrôle la régulation de la réticulation des fibres de collagène et de l'élastine. Le manganèse agit comme cofacteur de la glycosyltransférase qui est impliquée dans la formation des glycosaminoglycanes contenant du sulfate de chondroïtine (**Beattie et Avenell, 1992**) ainsi que dans la synthèse des protéoglycanes présents dans le cartilage de conjugaison de l'épiphyse aviaire (**Liu et al., 1994**). Dans la pratique, les carences en ces éléments sont rares et la supplémentation en oligo-éléments ne permet pas de diminuer l'incidence des anomalies des pattes qui ne semblent pas résulter de carence minérale (**Leach et Lilburn, 1992 ; Whitehead, 1997**). Toutefois, il a été démontré que le molybdène (10 ou 100 mg/kg) prévient la dyschondroplasie induite par la cystéine (**Bai et al., 1994**).

Le squelette répond au fluor en stimulant la production des cellules souches de l'os ce qui entraîne un accroissement de la formation osseuse. Le fluor se substitue au groupe hydroxyle dans l'hydroxyapatite pour former des cristaux plus stables. Cependant, son effet dépend de sa concentration : favorable à la formation osseuse à de faibles taux et l'inhibant à des taux élevés (**Beattie et Avenell, 1992**). Chez les poulets de chair, une concentration de fluor de 100 mg/l dans l'eau de boisson (**Merkley et Miller, 1983**) peut soit augmenter la résistance à la fracture et la teneur en cendres du tibia soit ne produire aucun effet (**Chan et al., 1977**). Une faible teneur de l'eau en fluor (38 mg/l) accroît la formation osseuse alors que 150 mg/l diminuent l'épaisseur trabéculaire

(**Lundy et al., 1992**). Un apport de 200 mg de fluor par kg d'aliment entraîne une augmentation de la teneur des os en cendres mais réduit la résistance à la fracture chez les poulets de chair (**Huyghebaert et al., 1988**). De plus, une telle teneur accroît l'incidence de la dyschondroplasie tibiale et affecte les épiphyses (**De Groote, 1989**). Des teneurs encore plus élevées (plus de 200 mg/kg) ont généralement un effet négatif (**Chan et al., 1977**).

Le bore est bénéfique pour les os des poussins, spécialement lorsqu'il existe une carence en vitamine D ou en magnésium (**Nielsen, 1996**). **Elliot et Edwards (1992)** n'ont pas confirmé cette interaction mais ont observé un effet positif de l'addition de bore (5 et 10 mg) sur la teneur des os en cendres. **Rossi et al. (1993)** ont également montré une augmentation de la résistance à la fracture du tibia chez les poussins recevant 5 mg de bore, mais des taux plus élevés (jusqu'à 240 mg) s'avèrent inefficaces. Chez les poulettes en croissance, 50 mg de B accroissent la résistance des os et la teneur des os en cendres (**Wilson et Ruzler, 1997**).

Le silicium est impliqué à une étape précoce de la formation osseuse et suscite des anomalies osseuses chez les oiseaux carencés (**Carlisle, 1981**).

Alors que certains oligo-éléments sont bénéfiques lorsqu'ils sont présents à un taux normal dans l'alimentation, d'autres perturbent le métabolisme osseux. Le cadmium, le plomb et l'aluminium ont notamment des effets toxiques sur les os. Chez les poussins, le cadmium a un effet défavorable sur les ostéoblastes et la formation de la matrice osseuse (synthèse du collagène) avant d'interagir négativement avec le calcium pour inhiber les phosphatases alcalines osseuses. Il accroît la résorption osseuse et, par compétition avec le cuiv, inhibe les lysyl-oxydases osseuses (**Suzuki et al., 1990**).

Du fait de son antagonisme à l'égard de l'absorption du phosphore, l'aluminium inhibe la formation osseuse chez les poussins ou les poules (**Rossi et al., 1990**). L'adjonction de 0,1 % d'aluminium (**Johnson et al., 1992**) ; 0,3 % (**Huff et al., 1996**) à l'aliment diminue la résistance à la fracture du tibia, la teneur minérale des os et la croissance des poussins.

Le plomb entraîne une diminution de la formation de procollagène et interagit avec les lysyl-oxydases impliquées dans la réticulation du collagène (**Long et al., 1990**). Au préalable, il affecte la croissance des poussins dès qu'il est présent à des niveaux aussi

bas que 1 mg/kg d'aliment (**Bakalli et al., 1995**).

In vitro, l'excès de cuivre diminue la synthèse du collagène dans le fémur des poussins. Des taux élevés de fer dans l'alimentation (5000 mg/kg) entraînent une diminution de la teneur en minéraux des os (**Baker et Halpin, 1991**).

Les régimes riches en zinc peuvent exacerber des lésions associées aux régimes pauvres en cuivre mais corrigent les effets toxiques du cadmium (**Suzuki et al., 1990**) et ceux de l'aluminium, du sélénium et du vanadium (**Beattie et Avenell, 1992**). A l'inverse, le cuivre augmente les effets toxiques du cadmium. Un régime riche en phosphore réduit le dépôt de manganèse dans les os (**Baker et Oduho, 1994**).

Ainsi, les vitamines et les oligo-éléments sont indispensables dans l'alimentation de poulet de chair. Leur action dans la lutte contre la chaleur a été abordée dans la première partie de ce travail. Mais qu'en est-il sur le plan expérimental ? C'est pour contribuer à répondre à cette question que nous allons entamer la deuxième partie qui traitera l'évaluation de l'effet du Volihot sur la productivité de poulet de chair en période chaude.

DEUXIEME PARTIE
PARTIE EXPERIMENTALE: EVALUATION DE
L'EFFET DU VOLIHOT SUR LA PRODUCTIVITE DE
POULET DE CHAIR

Chapitre I : MATERIEL ET METHODES

Chapitre II : RESULTATS ET DISCUSSIONS

CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES

1.1. MATERIEL

1.1.1. SITE ET PERIODE DU TRAVAIL

Le travail a été réalisé dans un poulailler situé dans l'enceinte de l'EISMV de Dakar. C'est un bâtiment à toiture en feuilles de tuile à pente unique, de type semi ouvert. L'essai s'est déroulé du 23 Avril au 01 Juin 2007.

1.1.2. CHEPTEL EXPERIMENTAL

L'étude a porté sur 400 poussins de souche Cobb 500 livrés par un fournisseur local. Après élimination d'un (01) poussin en mauvais état, 399 sujets ont été retenus pour faire partie de l'expérimentation. Ces animaux ont été repartis en 3 lots :

- Lot 1 (Traitement 1) : Témoin, oiseaux non supplémentés
- Lot 2 (Traitement 2) : Volihot Finition, oiseaux supplémentés à la finition
- Lot 3 (Traitement 3) : Volihot Démarrage-Croissance-Finition, oiseaux supplémentés dès le démarrage jusqu'à la finition.

1.1.3. MATERIEL D'ELEVAGE ET DE CONTROLE DE PERFORMANCE

- Matériel d'élevage (mangeoires, abreuvoirs, radiants, ampoules, seaux, litière);
- balance de précision de marque SOEHNLE (1g à 5000 g);
- thermohygromètre ;
- panneaux en carton et grillagés en bois pour former les gardes, recouvrir les ouvertures en phase de démarrage et aussi pour faciliter la mise en lots des animaux;
- bagues d'identification;
- matériel de nettoyage et désinfection ;
- médicaments et matériels vétérinaires ;
- dispositif pour récolter les données.

1.1.4. RATIONS ALIMENTAIRES

Depuis le démarrage jusqu'à la finition, les animaux ont été nourris à l'aliment « NMA-SANDERS ». Ils ont reçu tour à tour un aliment « démarrage » puis un aliment « croissance » et enfin un aliment « finition ». Les rations expérimentales ont été conçues de telle manière que la présence du Volihot à un taux de 0,2% soit la seule différence entre elles.

La formulation des rations a été réalisée par la société NMA Sanders, tandis que la fabrication des aliments (pesée séparée des matières premières, broyage et mélange) a été faite au Centre National Avicole de Mbao, à partir des matières premières fournies par la société NMA Sanders.

La composition des rations expérimentales est présentée par le tableau XV.

Tableau XV: Composition des rations expérimentales

Matières premières	Ration Témoin		Ration Volihot	
	Démarrage Croissance	Finition	Démarrage Croissance	Finition
Maïs	55,4	61,11	55,3	60,84
TAD	13,0	7,33	13,0	7,30
FPO Nature	5,0	5,00	5,0	4,98
Tourteau de Soja	22,0	21,11	22,0	21,02
Bandia	0,73	-	0,73	-
P. Bichélaté	0,60	0,70	0,60	0,70
Huile	1,50	2,00	1,50	1,99
Liptol	0,20	0,20	0,20	0,20
Fintox	0,10	0,10	0,10	0,10
Biolsomet	0,15	0,15	0,15	0,15
Coquilles marines	-	0,73	-	0,73
Methionine 15%	-	0,80	-	0,80
Poulet D/C	1,33	-	1,33	-
Poulet Abattage	-	1,00	-	1,00
Volihot	0,00	0,00	0,20	0,20

1.1.5. PRESENTATION DU VOLIHOT

Le Volihot est un mélange de vitamines et d'oligo-éléments antioxydants. Après plusieurs études, il semble intéressant d'utiliser ce type de produit lors de stress thermique modéré mais chronique, souvent responsable d'une baisse de performance.

Les effets de ce produit sont les suivants :

- amélioration de la digestibilité des nutriments,
- amélioration de la croissance des animaux,
- diminution du stress oxydatif et de ses conséquences.

1.2. METHODE

1.2.1. CONDUITE DES OISEAUX

Elle est basée sur le principe d'élevage en « bande unique », consistant en la gestion de lots d'animaux de même âge, même espèce et de même type de production.

1.2.1.1. Préparation du local

Avant la réception des poussins, le bâtiment d'élevage a fait l'objet d'un vide sanitaire. Il a consisté à vider la salle du matériel mobile, puis à procéder à un lavage à grande eau, suivi de la désinfection avec de la chaux vive. Le bâtiment a été maintenu fermé pendant une semaine correspondant au temps nécessaire à l'élimination des germes présents. Une nouvelle désinfection de la salle et du matériel a été réalisée deux jours avant l'arrivée des animaux.

De même, avant d'étendre la litière faite de copeaux de bois, une couche de chaux éteinte a été étalée sur toute la surface du sol.

Une garde en carton permettant une densité de 40 individus/m² a été installée. Le radiant fixé et suspendu à environ 1m du sol, a permis de chauffer l'aire de démarrage à une température sous radiant d'environ 30 à 32 °C.

1.2.1.2. Arrivée des poussins

Les poussins, sujets de l'expérimentation ont été achetés au couvoir SEDIMA qui les a vaccinés contre le pseudo-peste aviaire ou maladie de Newcastle. Ils ont ensuite été transportés jusqu'au poulailler. A leur arrivée, les contrôles suivants ont été effectués :

- nombre de poussins livrés ;
- état des poussins ;
- poids moyen des poussins.

Dès le premier jour d'âge, les poussins ont été repartis en 3 lots de 133 sujets. A cette mise en lot, nous avons équilibré les poids moyens par traitement de sorte qu'il n'y ait pas de différence significative entre les différents traitements. Ainsi, le poids moyen a été de 43 g.



Source : Auteur

Photo 1 : Poussins au démarrage

Les poussins ont été ensuite installés dans la garde et ont fait l'objet du plan de prophylaxie fourni par le livreur (Tableau XVI).

Tableau XVI : Plan de prophylaxie

Age (jours)	Opérations	Produits utilisés
1	Vaccination contre la maladie de Newcastle	IMOPEST (IM) HB1 (trempage de bec)
2, 3 et 4	Prévention des réactions post-vaccinales et du stress	Anti-stress (Coliterravet)
9	Vaccination contre la maladie de Gumboro	HipraGumboro
10, 11 et 12	Prévention des réactions post-vaccinales et du stress	Anti-stress (Coliterravet)
17	Rappels vaccins contre les maladies de Gumboro et de Newcastle	HipraGumboro + Lasota
18, 19 et 20	Prévention des réactions post-vaccinales et du stress	Anti-stress (Coliterravet)
22, 23 et 24	Prévention de la coccidiose	Anticoccidien (Amprolium)
30, 31 et 32	Vitaminothérapie	VITAMINO

1.2.1.3. Alimentation

Pendant toute la durée de l'essai, les animaux ont été alimentés et abreuvés à volonté.

Ils ont été nourris selon le dispositif expérimental présenté dans le tableau XVII.

Tableau XVII: Dispositif expérimental

Traitement	Lot 1 Témoin	Lot 2 Volihot F	Lot 3 Volihot DCF
Démarrage 1-15 j	Aliment Démarrage	Aliment Démarrage	Aliment Démarrage + Volihot
Croissance 16-31 j	Aliment Croissance	Aliment Croissance	Aliment croissance + Volihot
Finition 32-45 j	Aliment Finition	Aliment Finition + Volihot	Aliment Finition + Volihot
Nombre de répétitions	4	4	4

Tout au long de l'élevage, les animaux ont été nourris avec les aliments NMA-Sanders de présentation farine. La composition chimique des rations alimentaires est présentée au tableau XVIII.

Une transition alimentaire de 2 jours a été faite entre l'aliment démarrage et croissance (16-17^e jour) ainsi qu'entre l'aliment croissance et finition (32-33^e jour).

Le tableau XVIII montre la composition chimique des aliments.

Tableau XVIII: Composition chimique des aliments

Composition chimique	Démarrage		Croissance		Finition	
	Témoin	Essai	Témoin	Essai	Témoin	Essai
Protéine brute (%)	24,4	23,7	22,1	23,5	19,3	19,0
Matière grasse (%)	3,6	3,8	4,6	4,9	5,3	4,8
Matière minérale (%)	6,6	6,6	6,2	7,1	5,3	5,8
Humidité (%)	11,2	11,0	11,1	10,9	11,3	11,2
Sodium (%)	0,84	1,05	0,98	1,08	0,73	1,02

1.2.1.4. Occupation du poulailler

Au 10^e jour d'âge, nous avons identifié les animaux à l'aide des bagues et nous les avons repartis en 4 répétitions par traitement pour faciliter l'analyse statistique. Les traitements ont été répartis dans tout le bâtiment pour ne pas avoir l'effet bloc.



Source : Auteur

Photo 2 : Mise en lots des poussins



Source : Auteur

Photo 3 : Bagueage des poussins

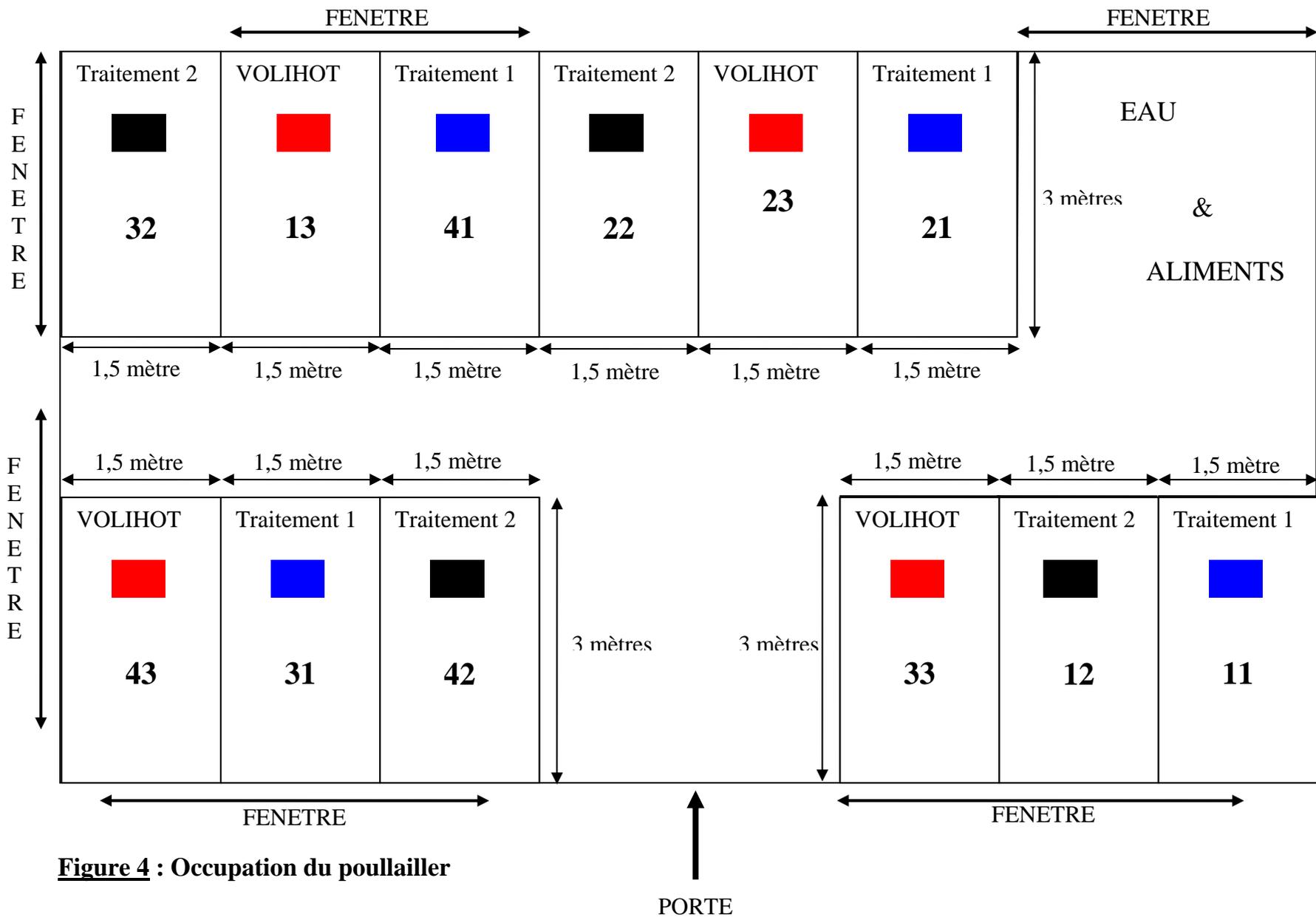


Figure 4 : Occupation du poulailler

1.2.1.5. Eclairage

L'éclairage a été constant 24 h sur 24 (lumière naturelle diurne et lumière artificielle nocturne) tout au long de la période d'élevage.

1.2.2. COLLECTE DES DONNEES

1.2.2.1. Consommation alimentaire et ambiance

Les consommations d'aliment et d'eau ainsi que la température (mini, maxi) et l'hygrométrie (mini, maxi) ont été enregistré par jour dans une fiche de consommation alimentaire et d'ambiance (Annexe 1).

1.2.2.2. Poids vif

Pendant les 6 semaines de l'essai, les pesées ont été hebdomadaires. Chaque sujet a été pesé individuellement (Photo 4) à l'aide du dispositif de pesée composé d'une table, d'un carton pour la couverture de sujets et d'une balance électronique.

Les poids respectifs des oiseaux ont été enregistrés dans une fiche de pesée des oiseaux (Annexe 2).



Source : Auteur

Photo 4 : Pesée individuelle

1.2.2.3. Mortalité

Les cas de mortalités ont été enregistrés dans une fiche de mortalité (Annexe 3) et les autopsies réalisées pour en déterminer les causes.

1.2.2.4. Poids carcasse

A six semaines, les animaux ont été abattus par saignée et déplumés. Ils ont ensuite été éviscérés, tête et pattes maintenues. Les poids vifs avant l'abattage et les poids des carcasses ont été enregistrés dans une fiche d'abattage (Annexe 4).

1.2.3. CALCUL DES VARIABLES ZOOTECHNIQUES

Les données récoltées au cours de l'essai ont permis de calculer les quantités d'aliment consommées (Ci), les gains moyens quotidiens (GMQ), les rendements de carcasse (RD) et les indices de consommation (IC) à âge-type, ainsi que les taux de mortalité (TM). De même, le coût de revient de chaque ration a été estimé.

- Consommation alimentaire individuelle (Ci)

$$Ci = \frac{\text{Quantité d'aliment distribuée (g)/période} - \text{quantité d'aliment refusée (g)/période}}{\text{Durée de la période} \times \text{Nombre de sujets}}$$

- Gain moyen quotidien (GMQ)

A l'aide des mesures hebdomadaires de poids, nous avons calculé le gain moyen quotidien en faisant le rapport du gain moyen pendant une période sur la durée en jours. Il est exprimé en grammes.

$$GMQ = \frac{\text{Gain de poids (g) pendant une période}}{\text{Durée de la période (jours)}}$$

- Indice de consommation (IC)

Il a été calculé en faisant le rapport de la quantité moyenne d'aliment consommée pendant une période sur le gain de poids moyen pendant une période.

$$\text{IC} = \frac{\text{Quantité d'aliment consommée pendant une période (g)}}{\text{Gain de poids durant la période (g)}}$$

- Rendement de carcasse (RC)

Il a été calculé en faisant le rapport du poids carcasse après éviscération sur le poids vif du sujet à l'abattage, exprimé en pourcentage (%).

$$\text{RC} = \frac{\text{Poids de la carcasse vide (g)}}{\text{Poids vif à l'abattage (g)}} \times 100$$

- Taux de mortalité (TM)

Le taux de mortalité est le rapport du nombre de morts enregistrés pendant la période d'élevage sur l'effectif total, exprimé en pourcentage (%).

$$\text{TM} = \frac{\text{Nombre de morts au cours d'une période}}{\text{Effectif total durant la période}} \times 100$$

1.2.4. ANALYSE CHIMIQUE DES ALIMENTS

Des échantillons d'aliments (Photo 5) ont été prélevés et envoyés au laboratoire de CYBELIA-FRANCE pour des analyses bromatologiques afin de déterminer la composition chimique de chaque ration. Les caractéristiques chimiques mesurées ont été les protéines brutes, la matière grasse, les matières minérales, le sodium et l'humidité. La composition chimique des aliments utilisés au cours de l'essai a été déjà présentée au tableau XVIII.



Source : Auteur

Photo 5 : Echantillons d'aliments

1.2.5. ANALYSES STATISTIQUES DES DONNEES

Les données collectées ainsi que les calculs effectués ont fait l'objet d'un traitement statistique à l'aide du logiciel Statistical Package for the Social Sciences version 12.0, par le biais d'une analyse de variance.

Dans l'interprétation des résultats, l'hypothèse nulle H_0 a été « Témoin = Essai ».

CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSIONS

2.1. RESULTATS

2.1.1. LES PARAMETRES D'AMBIANCE

Les températures pendant l'expérience ont été en moyenne de 29°4 C pour les maximales et de 23°7 C pour les minimales.

La figure 5 montre l'évolution de la température pendant l'essai.

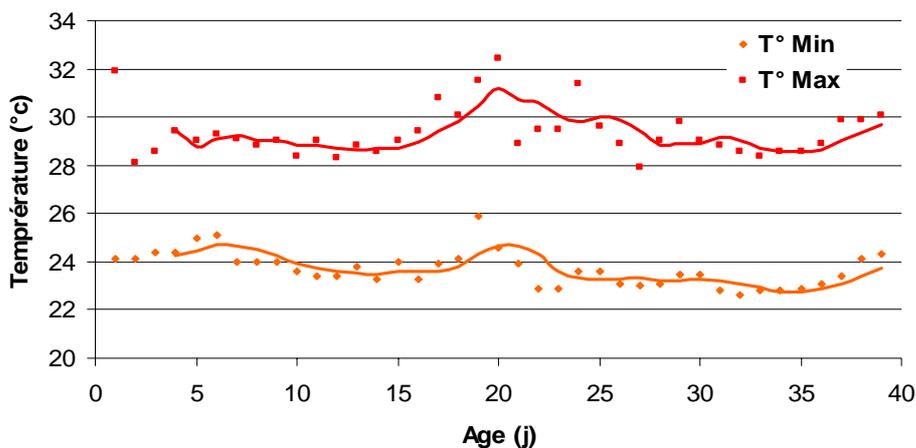


Figure 5 : Evolution de la température pendant l'essai

Quant à l'hygrométrie, elle a été en moyenne de 82% pour les maximales et de 57% pour les minimales (figure 6).

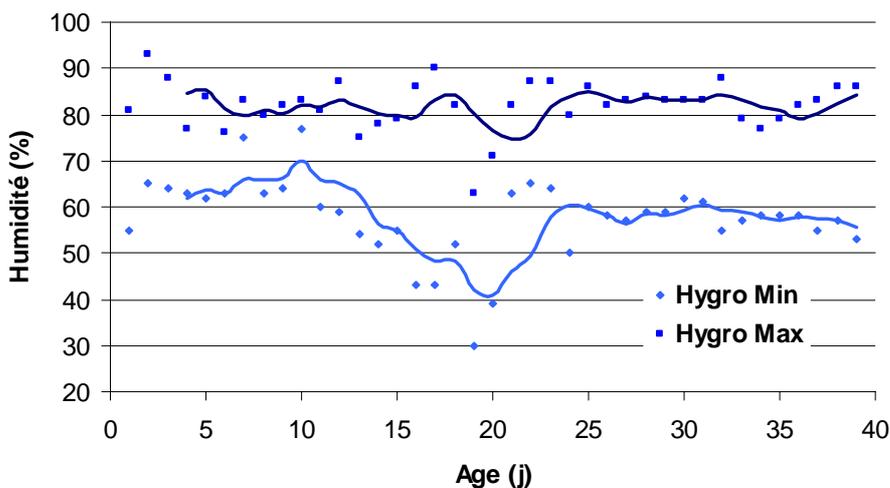


Figure 6 : Evolution de l'hygrométrie pendant l'essai

2.1.2. EFFET DU VOLIHOT SUR LA CROISSANCE

2.1.2.1. Poids vif

Au début de l'essai (J1), les lots d'animaux sont équivalents puisque leur poids moyen est 43 g.

Dès la troisième semaine, le poids moyen des poulets est, respectivement, de 454 g, 431 g et 494 g, pour les traitements T1 (Témoin), T2 (Volihot F), T3 (Volihot DCF). Nous avons une amélioration de poids de 8,81% dans le traitement T3 par rapport au témoin. Cette différence est significative ($p < 0,001$) entre les traitements T1 et T3 alors les traitements T1 et T2 ne diffèrent pas significativement (figure 7).

A la quatrième semaine, le poids moyen des poulets est de 844 g (T1), 802 g (T2) et de 949 g (T3). On note une amélioration du poids de 12,44% dans le traitement T3 par rapport au témoin. Cette différence est significative ($p < 0,001$), ce qui n'est pas le cas entre les traitements T1 et T2 (figure 8).

A la cinquième semaine, l'écart de poids vif s'amplifie entre le traitement T1 (1390 g) et le traitement T3 (1508 g) ; tandis qu'il n'y a pas une différence significative ($p < 0,001$) entre les traitements T1 et T2 (figure 9).

A la sixième semaine, le poids d'abattage est significativement plus élevé dans le traitement T3 (2081 g), que dans le traitement T2 (1950 g). Le poids dans le traitement témoin demeure significativement plus faible par rapport au traitement T3 (1982 g) (figure 10).

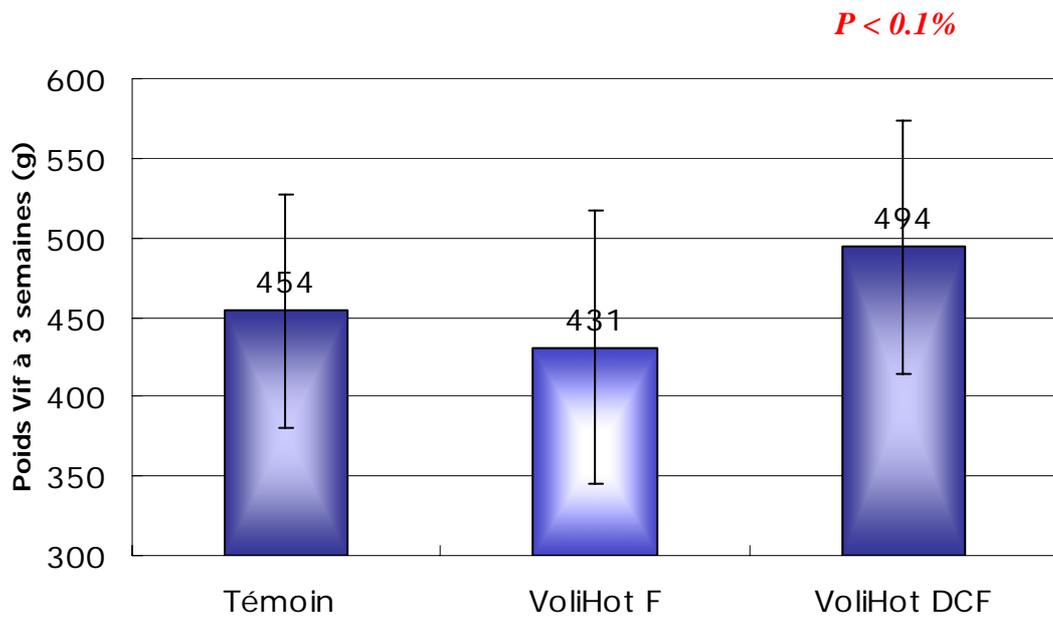


Figure 7 : Effet du Volihot sur le poids vif à 3 semaines d'âge de poulet de chair

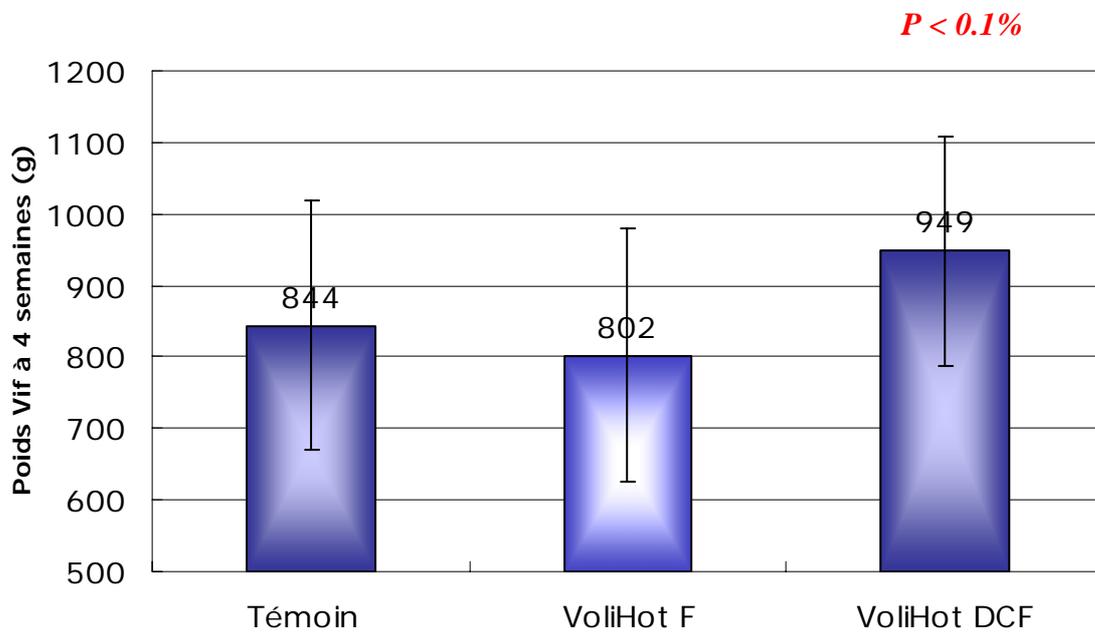


Figure 8 : Effet du Volihot sur le poids vif à 4 semaines d'âge de poulet de chair

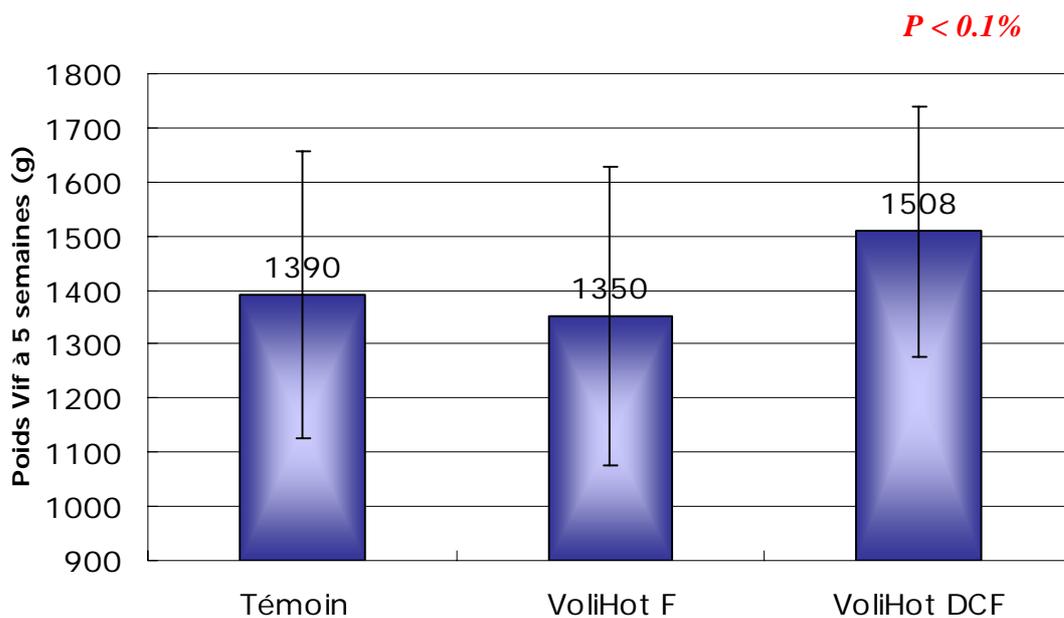


Figure 9 : Effet du Volihot sur le poids vif à 5 semaines d'âge de poulet de chair

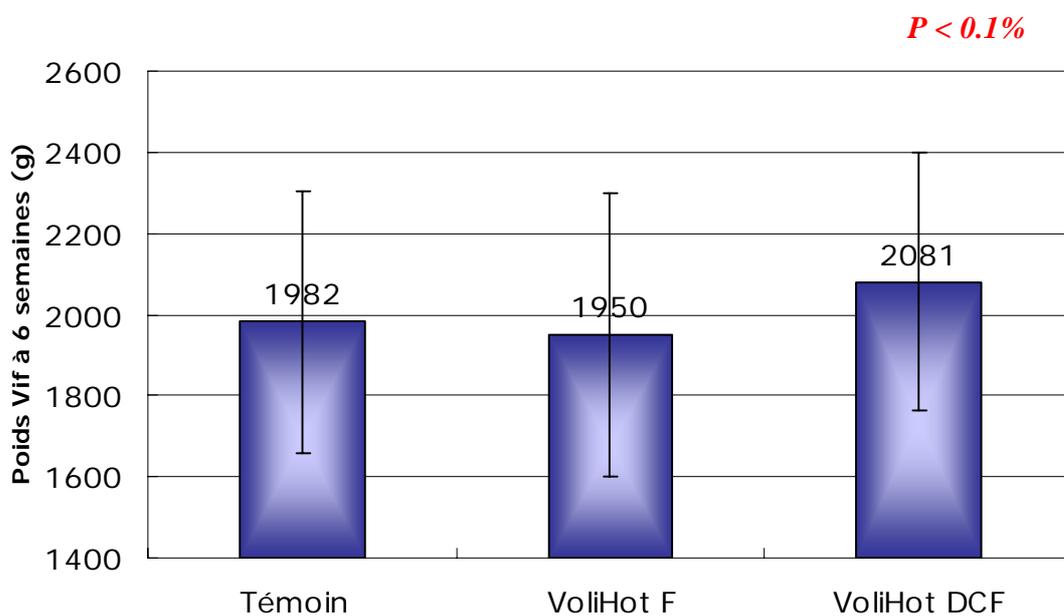


Figure 10 : Effet du Volihot sur le poids vif à 5 semaines d'âge de poulet de chair

2.1.2.2. Gain moyen quotidien

L'évolution du GMQ en fonction du traitement est représentée sur la figure 11. A la troisième semaine, le GMQ observé dans le traitement T3 est significativement supérieur à celui du traitement T1. Cette majoration est de 12,9% par rapport au témoin. A la quatrième semaine le traitement 3 améliore le GMQ de 16,98% par rapport au témoin.

Le traitement T3 présente un meilleur GMQ à 3 semaines (35 g) et à 4 semaines (62 g). Tandis que c'est le traitement T2 qui possède le meilleur GMQ à 5 semaines (77 g) et à 6 semaines (83 g).

Dans l'ensemble de l'essai, le gain moyen quotidien est de 60 g pour les sujets témoins et les sujets du traitement T2, et de 64 g pour les sujets du traitement T3.

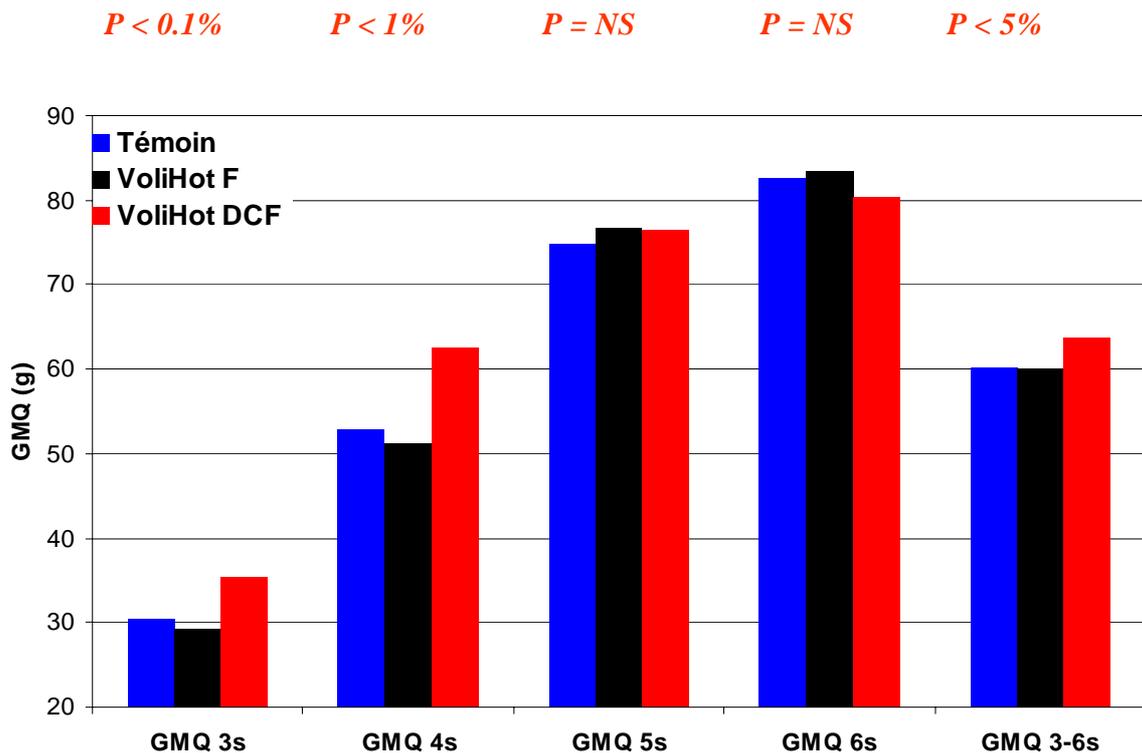


Figure 11: Evolution du GMQ en fonction de traitement

Le tableau XIX présente la variation du gain moyen quotidien en fonction de traitement.

Tableau XIX: Variation du GMQ en fonction du traitement

GMQ	Traitements			
	Témoin	Volihot F	Volihot DCF	Effet
GMQ 3s	31a	29a	35b	*
GMQ 4s	53a	51a	62b	*
GMQ 5s	75	77	76	ns
GMQ 6s	83	83	80	ns
GMQ Moyen	60a	60a	64b	*

a, b: Les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même ligne sont significativement différentes au seuil $p < 0,05$

* : Effet significatif à $p < 0,05$

ns : non significatif

2.1.3. EFFET DU VOLIHOT SUR LES CARACTERISTIQUES DE LA CARCASSE

2.1.3.1. Poids carcasse

Les résultats du poids carcasse que nous avons obtenus à l'issue de notre essai sont indiqués sur la figure 12. Le poids de la carcasse est, respectivement, de 1741 g, de 1713 g et de 1818 g pour les traitements T1, T2 et T3.

L'analyse statistique révèle que le poids de la carcasse des sujets du traitement 3 est significativement supérieur à celui observé dans les lots T1 et T2 ($p < 0,05$). La différence observée entre les traitements T1 et T2 n'est pas significative.

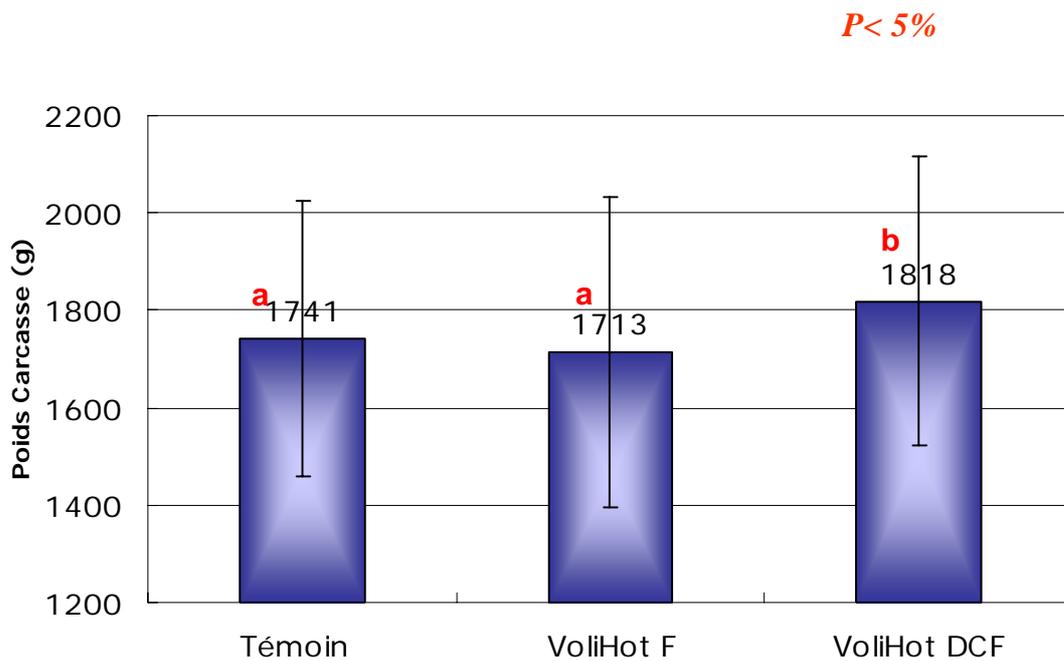


Figure 12 : Effet du Volihot sur le poids carcasse

2.1.3.2. Rendement carcasse

Le rendement carcasse est de 87,8% pour les traitements T1 et T2 et de 87,3% pour le traitement T3. Il n'existe pas de différence significative entre les trois lots (figure 13).

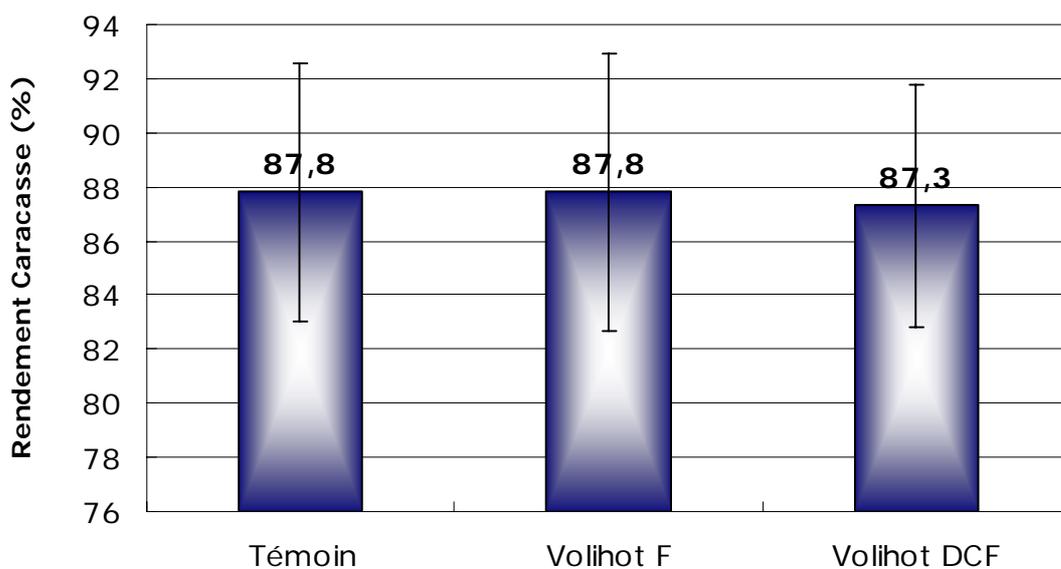


Figure 13: Effet du Volihot sur le rendement carcasse

2.1.4. EFFET DU VOLIHOT SUR LA CONSOMMATION ET L'EFFICACITE ALIMENTAIRE

2.1.4.1. Consommation alimentaire

Tout au long de l'essai, on note une consommation alimentaire élevée dans le traitement T3. Pendant le démarrage, la consommation alimentaire du lot témoin est élevée par rapport au traitement T2, par ailleurs il n'y a pas une différence significative entre la consommation alimentaire du lot témoin et celle du lot T2 sur le reste de l'expérimentation.

Tableau XX: Consommation alimentaire individuelle

	TRAITEMENTS			Effet
	Témoin	Volihot F	Volihot DCF	
Consommation alimentaire individuelle (g)				
Démarrage	464,01ab	404,59a	508,43b	*
Croissance	1192,20a	1192,23a	1242,16b	*
Finition	1171,16a	1178,11a	1206,93b	*
Globale	2827,37b	2774,93a	2957,52c	*

a, b, c: Les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même ligne sont significativement différentes au seuil $p < 0,05$

* : Effet significatif à $p < 0,05$

La figure 14 montre l'effet du Volihot sur la consommation alimentaire.

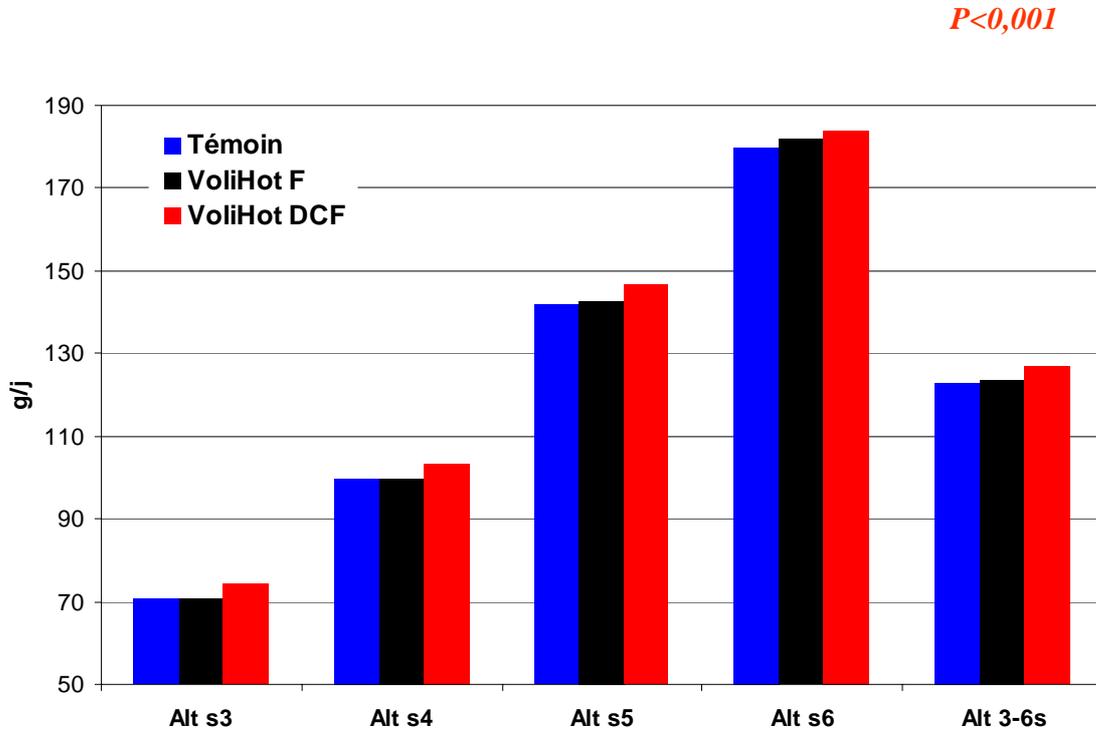


Figure 14 : Effet du Volihot sur la consommation alimentaire

Pendant la phase de croissance, les oiseaux du traitement T3 valorise mieux l'aliment (IC = 1,86) par rapport aux oiseaux du traitement T1 (2,10) et du traitement T2 (2,19). Dans la phase de finition ainsi que sur l'ensemble de l'essai, le traitement T3 présente un meilleur indice de consommation même si la différence par rapport aux deux autres traitements n'est pas significative (tableau XXI et figure 15).

Tableau XXI: Effet du Volihot sur l'efficacité alimentaire

Efficacité alimentaire	Témoin	Volihot F	Volihot DCF	Effet
Croissance	2,10a	2,19a	1,86b	*
Finition	2,03	2,01	2,09	ns
Globale	2,07	2,1	1,98	ns

a, b : Les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même ligne sont significativement différentes au seuil $p < 0,05$

* : Effet significatif à $p < 0,05$

ns : non significatif

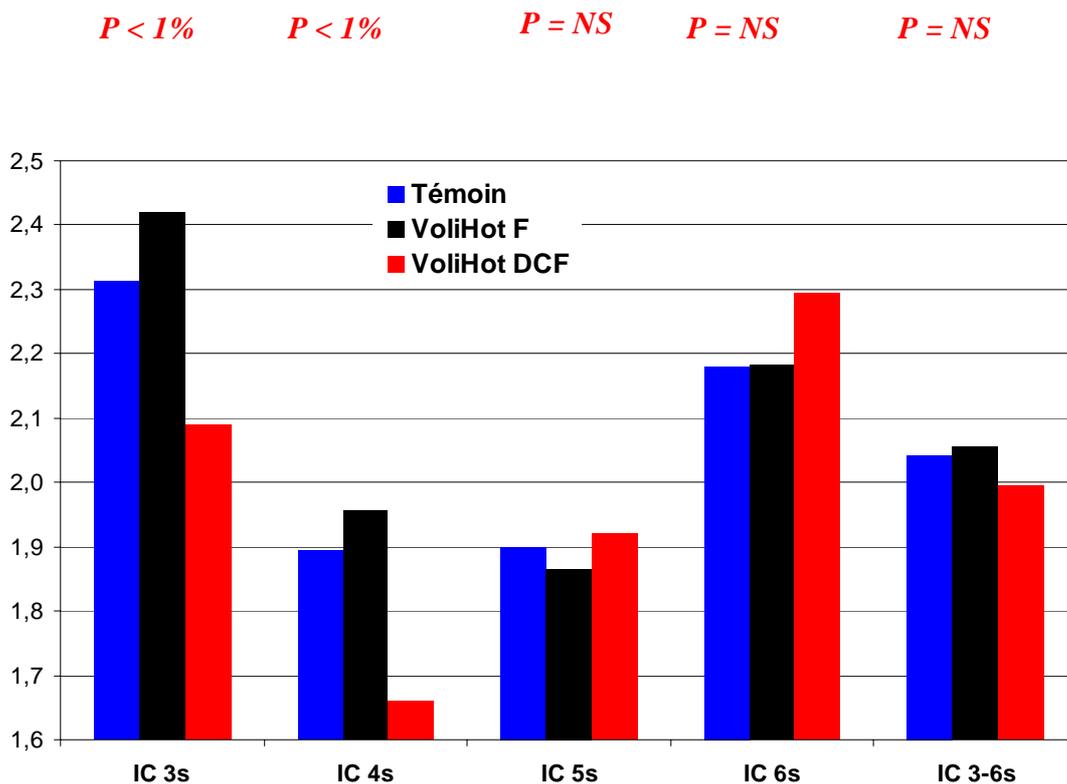


Figure 15 : Effet du Volihot sur l'indice de consommation

2.1.4.2. Consommation d'eau

La consommation d'eau est présentée dans le tableau XXII.

Tableau XXII: Effet du Volihot sur la consommation d'eau

Consommation d'eau (l)	Témoin	Volihot F	Volihot DCF	Effet
Démarrage	0,066a	0,067a	0,076b	*
Croissance	0,227ab	0,211a	0,260b	*
Finition	0,441a	0,465b	0,461b	*
Globale	0,714a	0,743b	0,797c	*

a, b, c: Les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même ligne sont significativement différentes au seuil $p < 0,05$

* : Effet significatif à $p < 0,05$

Les oiseaux qui reçoivent le Volihot depuis le démarrage (T3) ont une consommation d'eau plus élevée que celle des oiseaux des traitements T1 et T2. Mais l'ajout du Volihot pendant la période de finition permet une amélioration de la consommation d'eau chez les poulets du traitement T2.

De même, le ratio eau/aliment est supérieur chez les animaux recevant l'aliment supplémenté (tableau XXIII et figure 16).

Tableau XXIII: Ratio eau/aliment

Ratio eau/aliment	Témoin	Volihot F	Volihot DCF	Effet
Croissance	2,27a	2,27a	2,57b	*
Finition	2,72	2,79	2,73	ns
Global	2,59a	2,62a	2,7b	*

a, b: Les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même ligne sont significativement différentes au seuil $p < 0,05$

* : Effet significatif à $p < 0,05$

ns : non significatif

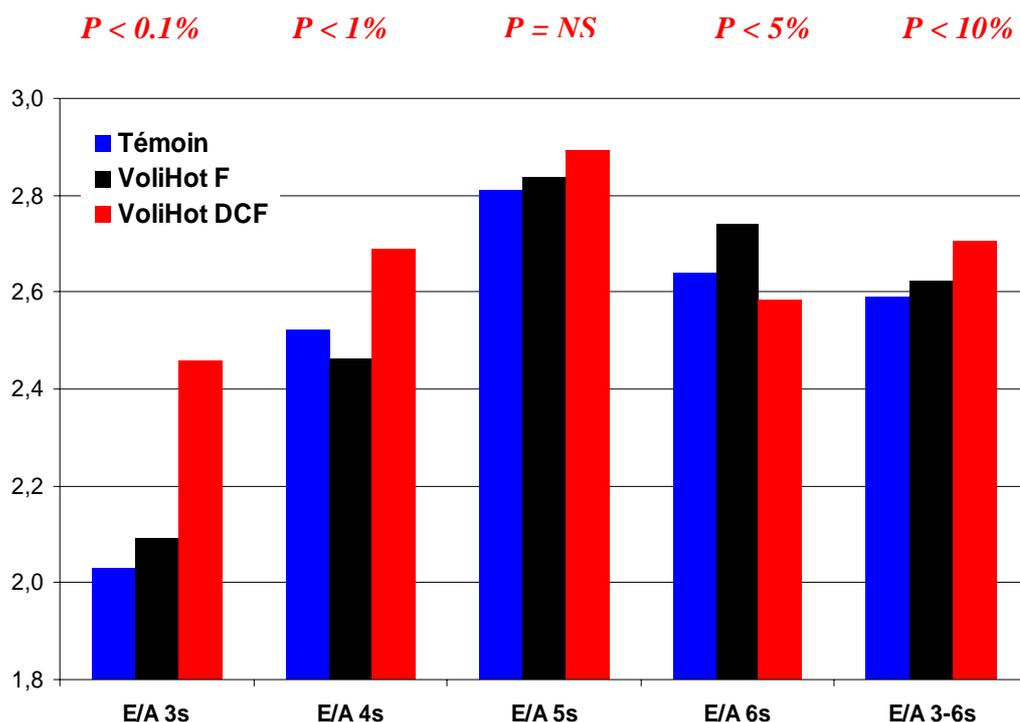


Figure 16 : Effet du Volihot sur le ratio eau/aliment

2.1.5. EFFET DU VOLIHOT SUR LA MORTALITE

La mortalité diffère significativement entre les lots d'oiseaux. Ainsi, elle est de 5,2% pour le lot témoin ; de 3% pour le lot Volihot F et de 0,7% pour le lot Volihot DCF.

Le tableau XXIV montre l'effet du Volihot sur la mortalité.

Tableau XXIV : Effet du Volihot sur la mortalité

	Témoin	Volihot F	Volihot DCF	Total
Effectifs à J1	133	133	133	399
Effectifs à J40	126	129	132	387
Nombre de sujets morts	7	4	1	12
• Démarrage	4	3	1	8
• Croissance	1	1	0	2
• Finition	2	0	0	2
Taux de mortalité	5,2%	3%	0,7%	3%

2.1.6. ETUDE ECONOMIQUE

Dans l'analyse économique (tableau XXV), au niveau des coûts de production, seule l'alimentation a été pris en compte, les autres postes budgétaires étant les mêmes par ailleurs.

Tableau XXV : Etude économique

Paramètres	Témoin	Volihot F	Volihot DCF
Consommation alimentaire (kg)			
• Démarrage	0,464	0,404	0,508
• Croissance	1,192	1,192	1,242
• Finition	1,171	1,178	1,206
Prix de l'aliment (FCFA/kg)			
• Démarrage	222	222	226
• Croissance	226	226	230
• Finition	226	230	230
Coût de l'aliment (FCFA)	637	630	678
Poids carcasse (kg)	1,741	1,713	1,818
Prix de vente par poulet (FCFA)	1500	1500	1500
Prix d'un poulet	2612	2569	2727

Le prix du Volihot est de 4 FCFA par kilogramme d'aliment donc l'investissement lié à l'incorporation du Volihot dans l'aliment est de 12 FCFA par poulet pour le traitement T3. Etant donné que les oiseaux supplémentés consomment plus par rapport aux oiseaux non supplémentés ; cette augmentation de la consommation alimentaire équivaut à 28 FCFA par poulet pour le traitement T3.

Le gain net lié à l'utilisation du Volihot depuis le début de l'essai est par conséquent 116 FCFA par poulet.

2.2. DISCUSSION

2.2.1. METHODOLOGIE

L'analyse chimique des aliments (tableau XVIII) montre qu'il n'y a pas de variations significatives entre la composition des rations expérimentales, ce qui confère au Volihot les résultats positifs obtenus. Par contre la teneur en sodium diffère des recommandations d'**Anselme (1987)** ; on note dans cette expérimentation une teneur en sodium très faible.

La pesée hebdomadaire des oiseaux constitue une agression qui entraîne le stress favorable à l'épuisement et à la fragilisation des animaux. Cette réaction physiologique se traduit par une augmentation des échanges métaboliques et des besoins vitaminiques d'une part, et par une fragilisation et une réceptivité accrue des volailles aux infections, d'autre part.

Toutefois, les poulets étant élevés ensemble, l'effet de la manipulation sur les performances obtenues peut être négligé.

La lourdeur des méthodes et l'absence de matériel n'ont pas permis de faire un sexage individuel ainsi que la prise de température corporelle, ce qui aurait nous donner une précision sur le stress thermique.

2.2.2. PARAMETRES D'AMBIANCE

Les températures enregistrées pendant l'essai sont plus élevées par rapport aux températures recommandées par **SANOFI (1996)**. Ceci montre la présence d'un stress thermique chronique responsable de retard de croissance et de baisse de performance (**Washburn et Eberhart, 1988**).

Les chiffres concernant l'humidité relative de l'air d'un poulailler recommandés par différents auteurs varient énormément, allant de 40% à 70% ; dans notre essai l'hygrométrie a atteint parfois de valeur supérieure à ces recommandations. Mais c'est l'effet combiné de la température et de l'hygrométrie qui n'est pas favorable à la croissance des poulets de chair.

2.2.3. EFFET DU VOLIHOT SUR LA CROISSANCE

Les meilleurs résultats sont obtenus avec les rations supplémentées en Volihot. Ainsi **Kennedy et al. (1992)** et **Whitehead (2000)** ont mis en évidence les effets positifs de niveaux élevés en vitamines sur les performances zootechniques des poulets de chair. Ceci s'explique par le fait que l'aliment supplémenté est bien transformé et bien assimilé par les poulets ; il semble être de meilleure qualité et mieux utilisé par les poulets pour croître.

L'effet du Volihot est aussi mis en évidence si on compare les performances obtenues à celles de **Mitchell et Goddard (1990)** qui en mesurant l'effet de la chaleur sur la croissance du poulet nourri à volonté avec de l'aliment commercial, trouvent à 4 semaines et à 22° C, un poids vif de 881 g et un GMQ de 50,7 g, inférieurs à nos résultats.

Les poulets du traitement T3 présentent le GMQ le plus élevé. Ceci peut être attribuable à une consommation alimentaire signalée plus haut et probablement à une meilleure qualité de l'aliment. Toutefois, il convient de noter que l'analyse chimique (tableau XVIII) des aliments montre que la différence entre la composition des aliments n'est pas à mesure d'expliquer la forte croissance des poulets nourris à l'aliment supplémenté.

2.2.4. EFFET DU VOLIHOT SUR LES CARACTERISTIQUES DE LA CARCASSE

Le Volihot a un effet marqué sur le poids de la carcasse, sans doute du fait de la corrélation génétique positive entre ce paramètre et le poids à l'abattage. Par contre, nous n'avons pas relevé d'influence du Volihot sur l'amélioration du rendement carcasse. Le rendement carcasse dépend certes, du poids vif à l'abattage, du poids de la carcasse, mais aussi d'autres paramètres tels que le poids des viscères.

2.2.5. EFFET DU VOLIHOT SUR LA CONSOMMATION ET L'EFFICACITE ALIMENTAIRE

Sur le plan de la consommation alimentaire, nous avons obtenu une différence significative entre les sujets traités et les sujets témoins. Cette différence est liée à la présence des vitamines et des oligo-éléments permettant une consommation alimentaire et hydrique plus élevée chez les sujets traités que chez les sujets témoins. En période

chaude, les sujets témoins diminuent leur consommation alimentaire pour éviter une élévation de leur température corporelle par thermogénèse alimentaire.

Les niveaux de consommation d'eau sont élevés pour les animaux du traitement T3. Ils sont supérieurs à la consommation d'eau présentée par **Quémeneur (1988)**. En effet, pour lutter contre la chaleur, les oiseaux augmentent leur niveau de consommation d'eau.

Les indices de consommation sont supérieurs à ceux présentés par **Quémeneur (1988)**, ceci s'explique par la consommation alimentaire élevée. Ces résultats indiquent un pouvoir hydratant du Volihot qui pourrait être à la base des meilleures croissances des oiseaux du traitement T3.

2.2.6. EFFET DU VOLIHOT SUR LA MORTALITE

C'est pendant la phase de démarrage que le taux de mortalité est le plus élevé pour les trois traitements, il s'explique par le stress de transport et la manipulation dans l'installation des poussins. Le taux de mortalité dans le lot témoin est proche de taux de mortalité acceptable en aviculture (5%).

On peut affirmer que la supplémentation en Volihot a une influence sur le taux de mortalité des poulets durant les trois phases d'élevage. Ceci peut s'expliquer par l'effet de vitamine sur la réponse immunitaire rapporté par **Allen et al. (1996)** ; et que certains oligo-éléments comme le zinc augmente la défense immunitaire (**Fletcher et al., 1988**) et le cuivre accroît la réponse des anticorps.

Larsen et al. (1997) ont aussi mis en évidence une baisse de la mortalité (passant de 86 à 21 %) chez les poulets confrontés à *Escherichia coli* lorsqu'ils reçoivent une supplémentation à 0,3 mg/kg de sélénium.

2.2.7. ANALYSE ECONOMIQUE DE L'EFFET D'UNE SUPPLEMENTATION EN VOLIHOT SUR LA PRODUCTIVITE

La forte croissance des poulets recevant la supplémentation constitue un atout certain du point de vue économique. En effet, à 39 jours, les poulets qui ont reçu le Volihot depuis le démarrage ont atteint le poids moyen le plus élevé. Ceci constitue un facteur important

d'écoulement du produit sur le marché et un gain de temps parce que la durée requise pour la production d'un poids égal en viande de poulets nourris à l'aliment témoin est plus longue.

Toutefois, les coûts de production de poulet du traitement T3 ont paru légèrement plus élevés que ceux des poulets sous régime témoin. Mais un investissement supplémentaire en Volihot de 12 FCFA par poulet permet un gain net de 116 FCFA par poulet. Cela prouve que l'aliment supplémenté est plus économique que l'aliment témoin.

2.3. RECOMMANDATIONS

Nos recommandations s'adressent aux acteurs intervenant dans le secteur de l'élevage au Sénégal à savoir les éleveurs, les fabricants d'aliment et l'Etat.

2.3.1. RECOMMANDATION EN DIRECTION DES ELEVEURS

Les éleveurs sénégalais doivent être motivés pour la promotion de l'aviculture. Pour se faire il est absolument nécessaire de susciter l'esprit coopératif chez les éleveurs, de les organiser autour de structures de développements souples et viables, et de les convaincre à participer eux aussi au développement de l'aviculture. A ce titre le regroupement en organisation de producteurs et le système de cotisation peuvent être retenus. Ce qui faciliterait les échanges d'informations et d'expérience entre-eux et leur capacité de négociation.

Les éleveurs doivent être sensibilisés sur la présence de produits nouveaux et efficace sur la lutte contre la chaleur, et connaître les avantages de ces derniers afin qu'ils y investissent.

2.3.2. RECOMMANDATION EN DIRECTION DES FABRICANTS

Le Volihot devrait être utilisé depuis le démarrage et pendant toute la période d'élevage ce qui permettrait aux animaux de s'adapter au produit et avoir une réponse plus importante.

La teneur en sodium de l'aliment devrait être augmentée ce qui aurait donné de meilleurs résultats.

Les fabricants de ce produit doivent le mettre à la disposition des pays d'Afrique intertropicale confrontés à la problématique de lutte contre le stress thermique. Et à l'intérieur de chaque pays, le fabricant doit mettre en place un système de distribution qui devance les attentes des producteurs.

2.3.3. RECOMMANDATION EN DIRECTION DE L'ETAT

L'Etat devrait s'impliquer dans l'organisation de la filière avicole en proposant des formations aux éleveurs et en contribuant à la vulgarisation du produit.

L'Etat doit mettre aussi en place une politique qui consiste à une décentralisation de l'industrie de l'alimentation de la volaille.

Pour que tous les éleveurs soient en possession du produit, l'Etat devrait subventionner le prix du produit ce qui peut être une solution au problème de la sécurité alimentaire.

CONCLUSION GENERALE

Le Sénégal est un pays dont l'économie est essentiellement agricole. Depuis des années il est confronté à une pénurie protidoénergétique. Ainsi dans le but de pallier particulièrement à la pénurie en viande bovine, ovine et caprine aggravée par la sécheresse, le Sénégal avait choisi de développer son aviculture et plus précisément la production de poulet de chair.

La viande de volailles présente de nombreux atouts qui sont son bas prix par rapport à d'autres produits carnés, l'absence d'interdit religieux à son encontre, ses qualités nutritionnelles et la facilité de production (cycle d'élevage court).

Malgré une demande en forte progression favorisée par le croît démographique, la production de poulet de chair demeure soumise à des contraintes.

En effet, alors que la santé des animaux peut être prévenue par une conduite adéquate de l'élevage, le confort des animaux reste quant à lui tributaire des conditions climatiques. Ainsi, le climat chaud réduit de manière importante les performances du poulet.

Toutefois, c'est le prix qui demeure la valeur décisive pour l'obtention des parts de marché. L'accès aux matières premières entrant dans la fabrication de l'aliment est tout aussi déterminant en ce qui concerne les céréales, les matières protéiques, les matières grasses, les vitamines et les matières minérales.

L'importance de l'alimentation en général et de la supplémentation en vitamines et oligo-éléments en particulier sur la productivité du poulet de chair ont suscité plusieurs études.

De nombreux auteurs ont obtenu de bonnes performances en ajoutant à la ration des poulets des vitamines et des oligo-éléments.

Dans le même ordre d'idée, nous nous sommes proposé d'entreprendre une étude dont l'objectif a été d'évaluer l'effet d'une supplémentation en Volihot (mélange de vitamines et oligo-éléments antioxydants) sur la productivité du poulet de chair.

Pour ce faire, l'essai a été réalisé à partir de 400 poulets de chair de souche Cobb 500. Les animaux ont été mis en trois lots et nourris avec des rations supplémentées en Volihot à raison de 0,2% tout au long de l'essai pour le premier lot et à partir de la finition pour le second lot, à côté d'un lot témoin qui reçoit une alimentation non supplémentée.

L'effet de l'utilisation du Volihot a été le suivant :

- La croissance et le gain de poids sont améliorés de manière significative ($p < 0,001$) par la supplémentation en Volihot. Lorsqu'on incorpore le Volihot depuis le démarrage, on obtient à 6 semaines un poids de 2081 g, contre 1982 g pour la ration témoin (non supplémentée).

Le gain de poids moyen étant de 64 g (Volihot DCF), 60 g (Volihot F) et 60 g avec la ration témoin.

- Le poids de carcasse est meilleur avec le Volihot DCF (1818 g), contre 1713 g avec Volihot F, 1741 g pour le lot témoin. Ainsi, l'amélioration est significative ($p < 0,05$) avec le Volihot sauf quand il est utilisé tout au long de l'élevage.
- Le rendement carcasse est de 87,8% pour le traitement T1 et le traitement T2, et de 87,3% pour le traitement T3. Il n'existe pas de différence significative entre les trois lots.
- Une augmentation de la consommation alimentaire a été constatée avec le lot Volihot DCF (2957,52 g) contre 2774,93 g pour le lot Volihot F et 2827,37 pour le lot témoin.
- L'indice de consommation est détérioré en finition avec le Volihot DCF (2,09), contre 2,03 (Volihot F) et 2,01 (témoin).
- Dans l'ensemble de l'élevage, le lot témoin présente une mortalité importante (5,2 %), contre 3 % (Volihot F) et 0,7% (Volihot DCF)
- Sur le plan économique, le bénéfice net induit par un sujet du lot Volihot DCF est de 116 FCA soit un gain net de 1 160 000 FCFA induit par l'utilisation du Volihot pour un élevage de 10 000 poulets de chair.

Ainsi, la supplémentation continue en Volihot a permis :

- d'améliorer le poids vif en période de stress thermique,
- de diminuer l'âge d'abattage à poids constant,
- de diminuer la mortalité,
- d'améliorer l'indice de consommation de poulet de chair.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ABDELSAMIE R.E. ; RANAWEERA K.N.P. et NANO W.E., 1983.

The influence of fibre content and physical texture of the diet on the performances of broilers in the tropics. *Br. Poult. Sci.*, 24: 383-390.

2. AIN BAZIZ H. ; GERAERT P.A. et GUILLAUMIN S., 1990.

Effect of high temperature and dietary composition on growth, body composition and energy retention in broilers. In: Proc. 8th Europ. Poult. Conf., 25-28/06/1990, Barcelona (SP), vol.1, 626-629.

3. ALLEN P.C., DANFORTH H.D., MORRIS V.C. et LEVANDER O.A., 1996.

Poult.Sci. 75: 966.

4. ANGULO-CHACON I., 1986.

Ressources nutritionnelles locales dans un pays tropical. Revue de l'alimentation animale 395 : 41- 48.

5. ANONYME, 1979.

Complementary effect of fever and low iron on defence against bacterial infection . *Nut. Rev.*, 37: 260-261.

6. ANSELME B., 1987.

L'aliment composé pour la volaille au Sénégal : situation actuelle, contribution à son amélioration par une meilleure valorisation des ressources nutritionnelles locales. Thèse. Méd. Vét. : Toulouse: 87.

7. AOYAGI S. et BAKER D.H., 1995.

Effect of high copper dosing on hemicellulose digestibility in cecectomized cockerels. *Poult. Sci.*, 74: 208-211.

8. BABA E., FULLER A.L, GILBERT J.M, THAYER S.G. et McDOUGALD L.R., 1992.

Effect of *Eimeria brunetti* infection and dietary zinc on experimental induction of necrotic enteritis in broiler chickens. *Avian Dis.*, 36: 59-62.

9. BAFUNDO K.W., BAKER D.H. et FITZGERALD P.R., 1984.

Zinc utilization in the chick as influenced by dietary concentration of calcium and phytate and by *Eimeria acervulina* infection. *Poult. Sci.*, 63: 2430-2437.

10. BAI Y., MILTON L., SUNDE L. et COOK M.E., 1994.

Molybdenum but not copper counteracts cysteine induced tibial dyschondroplasia in broiler chicks. *J.Nutr.*, 124: 588-593.

11. BAKALLI R.I., PESTI G.M. et RAGLAND W.L., 1995.

The magnitude of lead toxicity in broiler chickens. *Vet. Hum. Toxicol.*, 37: 15-19.

12. BAKER D.H. et HALPIN K.M., 1991.

Manganese and iron interrelationship in the chick. *Poult. Sci.*, 70: 146-152.

13. BAKER D.H. et ODUHO G.W., 1994.

Manganese utilization in the chick: effects of excess phosphorus on chicks fed manganese deficient diets. *Poult. Sci.*, 73: 1162-1165.

14. BEATTIE J.H. et AVENELL A., 1992.

Trace element nutrition and bone metabolism. *Nut. Res. Rev.*, 5: 167-188.

15. BLACK J.R., AMMERMAN C.B, HENRY P.R. et MILES R.D., 1984.

Biological availability of manganese source and effects of high dietary manganese on tissue mineral composition of broiler-type chicks. *Poult. Sci.*, 63, 1399-2006.

16. BOUGON M. ; JACQUET J.P. ; L'HOSPITALIER R. et LE CUYER T., 1976.

Influence de la teneur énergétique de l'aliment sur les performances des poulets et leur composition corporelle. *Bull. inf. Stat. Exp. Ploufragan* 16 : 99-106.

17. CAO J., LUO X.G., HENRY P.R., AMMERMAN C.B., LITTELL R.C. et MILES R.D., 1996.

Effect of dietary iron concentration, age, and length of iron feeding on feed intake and tissue concentration of broiler chicks for use as a bioassay of supplemental iron sources. *Poult. Sci.*, 75: 495-504.

18. CARLISLE E.M., 1981.

Silicon: a requirement in bone formation independent of vitamin D. *Calc. Tis. Intern.*, 33: 27-34.

19. CHAN M.M., RIGGINS R.S. et RUCKER R.B., 1977.

Effect of Ethane-1-hydroxy-1,1diphosphonate (EHDP) and dietary fluoride on biomechanical and morphological changes in chick bone. *J. Nutr.*, 107: 1747-1754.

20. CHANG W.P., HOM J.S., DIETERT R.R, COMBS G.F. et MARSH G.F., 1994.

Effect of dietary vitamin E and selenium deficiency on chicken splenocyte proliferation and cell surface marker expression. *Immunopharmacol. Immunotoxic.*, 16: 203-223.

21. CHARLES D.R.; GROOM C.M. et BRAY T.S., 1981.

The effects of temperature on broilers: interactions between temperature and feeding regimen. *Br. Poult. Sc.*, 22: 475-481.

22. COLNAGO G.L., JENSEN L.S. et LONG P.L., 1984.

Poult.Sci. 63:1136

23. COOK M.E., 1991.

Nutrition and the immune response of the domestic fowl. *Crit. Rev. Poult. Biol.*, 3: 167-186.

24. DAGHIR N.J., 1995.

Poultry production in hot climates 185-218 / REF. 125

25. DANFORTH E.J. et BURGER A.G., 1989.

The impact of nutrition on thyroid hormone physiology and action. *Ann. Rev. Nutr.*, 9: 207-227.

26. DAVISON T.F.; MISSON B.H. et FREEMAN B.M., 1980.

Somme effects of thyroidectomy on growth, heat production and the thermoregulatory ability of the immature fowl. *J. therm. Biol.*, 5: 197-202.

27. DAWSON W.R., 1982.

Evaporative losses of water by birds. *Comp. Biochem. Physiol.*, 71: 495-509.

28. DE GROOTE G., 1989.

Leg weakness in poultry: effects of mineral. 7th Europ Symp. *Poult. Nutr.*, Lloret de Mar, 171-185.

29. DE REVIERS, 1989.

Effets du rationnement alimentaire chez le coq de type chair. Interactions avec la durée quotidienne d'éclaircissement. *Productions animales* 3 : 21-30.

30. EDENS F.W. et SIEGEL H.S., 1976.

Modification of corticosterone and glucose responses by sympatholytic agents in young chickens during acute heat exposure. *Poult. Sci.*, 55: 1704-1712.

31. EL BOUSHY A.R. et VAN MARLE A.L., 1978.

The effect of climate on poultry physiology in tropics and their improvement. *World's poult. Sci. J.*, 34: 155-171.

32. EL HALAWANI M.E.; WAIBEL P.E.; APPEL et GOOD A.L., 1973.

Effects of temperature stress on catecholamines and corticosterone of male turkeys. *Am. J. Physiol.*, 224: 384.

33. ELLIOT M.A. et EDWARDS H.M., 1992.

Studies to determine whether an interaction exists among Boron, Calcium and cholecalciferol in the skeletal development of broiler chickens. *Poult. Sci.*, 71: 677-690.

34. FARELL D.J., 1988.

The energy metabolism of poultry present and future perspectives. 18th world's Poult. Cong., 04-09/9/1988, Nagoya, Japan, *Jap. Poult. Sci. Ass.*, 85-91.

35. FERRANDO R., 1969.

Alimentation du poulet de chair et de la poule pondeuse. – Paris VI. – 197p.

- 36. FISHER C., LAURSEN-JONES A.P., HILL K.L.J. et HARDY W.S., 1973.**
The effect of copper sulphate on performance and the structure of the gizzard in broilers. *Br. Poult. Sci.*, 14: 55-68.
- 37. FLETCHER M.P., GERSHWIN M.E., KEEN C.L. et HURLEY L., 1988.**
Trace element deficiencies and immune responsiveness in humans and animal models. *In* : R.K. Chandra (ed), *Nutrition and Immunology*, 215-239. Alan R. Liss Inc, New York.
- 38. FRANCHINI A., BERTUZZI S. et MELUZZI A., 1986.**
Clin. Vet. 109:117-127.
- 39. FRANCIS C.A. ; MAC LEOD M.G. et ANDERSON J.E., 1991.**
Alleviation of acute heat stress by food withdrawal or darkness. *Br. Poult. Sci.*, 32: 219-225.
- 40. FREEMAN B.M., 1983.**
Body temperature and thermoregulation. *In*: FREEMAN B.M., Ed., *Physiology and biochemistry of Domestic fowl.*, vol 4: 365-377.
- 41. FULLER H.L., 1981.**
Formulating broiler feeds for hot weather use. *Poult. Digest*, 40: 321-323.
- 42. FULLER H.L. et DALE N.M., 1979.**
Effect of diet on heat stress in broilers. Proc. Ga. Nutr. Conf. Univ of Georgia, Athens (USA), 56p.
- 43. GAB-WE B., 1992.**
Contribution à l'étude de l'influence de la qualité des lipids alimentaires sur les performances de croissance et l'état d'engraissement du poulet de chair. Thèse : Méd. Vét. : Dakar n°11.
- 44. GATFORD K.L. ; EGAN A.R. ; CLARKE I.J. et OWENS P.C., 1998.**
J. Endocrinol., 157: 373-389.
- 45. GERAERT P.A., 1991.**
Métabolisme énergétique du poulet de chair en climat chaud. *INRA Prod. Anim.*, 1991, 4 (3) : 257-267.
- 46. HILL C.H., 1989.**
Effect of *Salmonella gallinarum* infection on zinc metabolism in chicks. *Poult. Sci.*, 68: 297-305.
- 47. HILLMAN P.E.; SCOTT N.R. et VAN TIENHOVEN A., 1985.**
Physiological responses and adaptations to hot and cold environments (124-136). *In*: Yousef M.K., Ed. *Stress physiology in livestock*, vol III Poultry, CRC press, Boca Raton (USA). 2-71.
- 48. HISSA R.; GEORGE J.C. et SAARELA S., 1980.**
Dose-related effects of noradrenaline and corticosterone on temperature regulation in the pigeon. *Comp. Biochem. Physiol.*, 65B: 25.

49. HUFF W.E., MOORE P.A., BALOG J.M., BAYYARI G.R. et RATH N.C., 1996.
Evaluation of the toxicity of Alum(Aluminium sulfate) in young broiler Chickens. *Poult. Sci.*, 75: 1359-1364.

50. HUSSEINI M.D.; DIAB M.F.; SALMAN A.J. et DANDAN A.M., 1987.
Effect of dietary protein, energy levels and bird stocking density on the performance of broilers under elevated temperatures. *Nutr. Rep. Int.*, 36: 261-272.

51. HUYGHEBAERT G., DE GROOTE G., FROYMAN R. et DERIJCKE J., 1988.
Effect of dietary fluoride on performances and bone characteristics of broilers and its influence of drying and defatting on bone-breaking strength. *Poult. Sci.*, 67: 950-955.

52. I.E.M.V.T., 1991.
Aviculture en zone tropicale. Collections Manuels et précis d'élevage. Imprimé en France, Jouve 16 Rue Saint Denis 75001 Paris, 186p.

53. Institut National de la Recherche Agronomique., 1984.
Alimentation des animaux monogastriques : Porc, lapin, volailles. Paris : INRA 289p.

54. INRA., 1989.
L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles. 3^{ème} éd.-INRA, PARIS, 1989. 282p.

55. Institut de Sélection Animale.(ISA), 1985.
Guide de l'élevage de poulet de chair.-Lyon : ISA.-20p.

56. JOHNSON N.E., HARLAND B.F., ROSS E., GAUTZ L. et DUNN M.A., 1992.
Effect of dietary aluminium and niacin on chick tibiae. *Poult. Sci.*, 71: 1188-95.

57. KEBE C., 1989.
Etude des protéines conventionnelles et non conventionnelles au Sénégal. Thèse: Méd. Vét : Dakar: 13.

58. KENNEDY D.G., RICE D.A., BRUCE D.W., GOODALL E.A. et MCILROY S.G., 1992.
Br.Poult.Sci. 33:1015.

59. KIDD M.T., ANTHONY N.B. et LEE S.R., 1992.
Progeny performance when dams and chicks are fed supplemented Zinc. *Poult. Sci.*, 71: 1201-1206.

60. KIDD M.T., ANTHONY N.B., NEWBERRY L.A. et LEE S.R., 1993.
Effect of supplemental zinc in either a corn-soybean meal diet on the performance of young broiler reeders and their progeny. *Poult. Sci.*, 72: 1492-1499.

- 61. KIDD M.T., FERKET P.R. et QURESHI M.A., 1996.**
Zinc metabolism with special reference to its role in immunity. *World's Poult. Sci. J.*, 52: 309-324.
- 62. KLASING K.C., 1984.**
Effect of inflammatory agents and interleukin 1 on iron and zinc metabolism. *Am. J. Physiol.*, 247: R901-R904.
- 63. KOH T.S., PENG R.K. et KLASING K.C., 1996.**
Dietary copper level affects copper metabolism during lipopolysaccharide-induced immunological stress in chicks. *Poult. Sci.*, 75: 867-872.
- 64. LARBIER M. et LECLERQ B., 1991.**
Nutrition et alimentation des volailles, INRA Ed., 355p.
- 65. LARBIER M. et LECLERQ B., 1992.**
Nutrition et alimentation des volailles, INRA Editions, Paris 352p.
- 66. LARSEN C.T., PIERSEN F.W. et GROSS W.B., 1997.**
Effect of dietary selenium on the response of stressed and unstressed chickens to *Escherichia coli* challenge and antigen. *Biol. Trace Elements Res.*, 58: 169-176.
- 67. LEACH R.M. et LILBURN M.S., 1992.**
Current knowledge on the ethiology of tibial dyschondroplasia in the avian species. *Poult. Sci. Rev.*, 4: 57-65.
- 68. LIU A.C.H., HEINRICH B.S. et LEACH R.M., 1994.**
Influence of manganese deficiency on the characteristics of proteoglycans of avian epiphyseal growth plate cartilage. *Poult. Sci.*, 73: 663-669.
- 69. LONG G.H., ROSEN J.F. et POUNDS J.G., 1990.**
Cellular lead toxicity and metabolism in primary and clonal osteoblastic bone cells. *Toxicology Applied Pharmacology*, 102: 346-361.
- 70. LUNDY M.W., RUSSELL J.E., AVERY J., WERGEDAL J.E. et BAYLINK D.J., 1992.**
Effect of sodium fluoride on bone density in chickens. *Calc. Tis. Intern.*, 50: 420-426.
- 71. MAC LEOD M.G., 1984.**
Factors influencing the agreement between thermal physiology measurements and field performance in poultry. *Arch. Exp. Vet. Med., Leipzig*, 38: 399-410.
- 72. MAC LEOD M.G., 1985.**
Environment-nutrient interactions in turkeys. *Turkeys*, 33(4): 24-29.

73. MAC LEOD M.G.; JEWITT T.R.; WHITE J.; VERBRUGE M. et MITCHELL M.A., 1982.

The contribution of locomotor activity to energy expenditure in the domestic fowl. Proc. 9th Energy Metabolism Symp., sept 1982, Lillehammer (Norway) Ekerb A., Sundstol F. Eds. *EAAP Publ.* 29: 72-75.

74. MAC LEOD M.G. et GERAERT P.A., 1988.

Energy metabolism in genetically fat and lean birds and mammals. In: Leanness in domestic birds. Leclercq B. & Whitehead. C.C Eds Butterworths, Sevenoaks (GB). 109-120.

75. MATEOS G.C. et SELL J.L., 1980.

True and apparent metabolisable energy value of fat laying hens : influence of level of use. *Poult. Sci.*, 59: 369-373.

76. MARTRENCAR A.; MORISSE J.P.; HUONNIC D. et COTTE J.P., 1997.

Vet. Res., 28 : 473-480.

77. McCORMICK C., 1991.

Methallothionein induction and zinc metabolism in Aves, with emphasis on the chicken. *Crit. Rev. Poultry Biol.*, 3: 35-51.

78. MC NAUGHTON J.L. ; REECE F.N. et DEATON J.W., 1983.

Broiler lysine and energy requirements during heat stress. *Poult. Sc.*, 62: 1358.

79. MELTZER A., 1983.

Thermoneutral zone and resting metabolic rate of broilers. *Br. Poult. Sc.*, 24: 471-476.

80. MERKLEY J.W. et MILLER E.R., 1983.

The effect of sodium fluoride on growth and bone strength of broilers. *Poult. Sci.*, 62, 798-804.

81. METAYER J.P.; GROSJEAN F. et CASTAING J., 1993.

Anim. Feed Sci. Technol., 43 : 87-108.

82. MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE DU SENEGAL, 2004.

Rapport de la Division de Pharmacie et Médecines Vétérinaires. Dakar : DIREL. 19p.

83. MITCHELL M.A., 1985.

Effects of air velocity on convective and radiant heat transfer from domestic fowls at environmental temperatures of 20° and 30° C. *Br. Poult. Sci.*, 26: 413-423.

84. MITCHELL M.A. et GODDARD C., 1990.

Some endocrine responses during heat stress induced depression of growth in young domestic fowls. *Proc. Nutr. Soc.* 49: 120A.

86. MITCHELS H.; HERREMANS M. et DECUYPERE E., 1985.

Light-dark variations of oxygen consumption and subcutaneous temperature in young *Gallus domesticus*: influence of ambient temperature and depilation. *J. therm. Biol.*, 10: 13-20.

87. MOHANNA C. et NYS Y., 1999.

Effect of dietary zinc and sources on the growth, body zinc deposition and retention, zinc excretion and immune response in chickens. *Br. Poult. Sci.*, 40, 108-114.

88. MOLLEREAU H.; PORCHIER C.H.; NICOLAS E. et BRION A., 1987.

Vade Mecum du vétérinaire Edit. Vigot Paris, 1642p.

89. MURPHY L.B. et PRESTON A.P., 1988.

Time-budgeting in meat chickens growth commercially. *Br. Poult. Sci.*, 29: 571-580.

90. NIELSEN F.H., 1996.

How should dietary guidance be given for mineral elements with beneficial actions or suspected of being essential? *J.Nutr.*, 126: 2377S-2385S.

91. NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1994.

Nutrients Requirements of Poultry, 9th edn Washington DC: National Academy Press.

92. NYS Y., 2001.

Oligo-éléments, croissance et santé du poulet de chair. *INRA Prod. Anim.*, 14: 171-180.

93. O'DELL B.L., 1992.

Zinc plays both structural and catalytic roles in metalloproteins. *Nutr. Rev.*, 50: 48-50.

94. ONIC-AGPM., 1999.

Qualité du maïs français pour l'alimentation animale.

95. ORBAN J.I., ROLAND D.A., CUMMINS K. et LOVELL R.T., 1993.

Poult.Sci. 72: 691.

96. PARIGI – BINI R., 1986.

Bases de l'alimentation du bétail. Padoue Nella litographia felici spartaco. 292p.

97. PICARD M. ; PLOUZEAU M. et FAURE J.M., 1999.

Ann. Zootech. 48 : 233-245.

98. PIMENTEL J.L., COOK M.E. et GREGER J.L., 1991.

Immune response to chicks fed various levels of zinc. *Poult. Sci.*, 70: 947-954.

99. POLIN D. et HUSSEIN T.H., 1982.

The effect of Bile acid on lipid nitrogen retention carcass composition, and dietary energy metabolizable in very young chicks. *Poult. Sci.*, 61: 1679-1707.

100. PROUDFOOT F.G.; HULAN H.W. et RAMEY D.R., 1979.

Poult. Sci., 58: 791-793.

101. QUEMENEUR P., 1988.

La production du poulet de chair. Revue du Syndicat National des Vétérinaires Inspecteurs du Ministère de l'Agriculture Français, 1988, (100 à 103) : 241-253.

102. RENNIE J.S. et WHITEHEAD C.C., 1996.

Poult.Sci. 37: 413.

103. R.E.S.E.S.A.V., 2000.

Le Réseau Sénégalais d'Epidémiosurveillance Aviaire : Présentations des premiers résultats. Epidémiol. Et santé anim, 2000 : 105-116.

104. RIDEAUX et BASTIANELLI D., 2001.

L'alimentation de poulet de chair en climat chaud. In ITAVI, 2003 : La production de poulet de chair en climat chaud. 70-75. 112p.

105. ROSEBROUGH R.; Mc MUTRY J.; PROUDMAN J. et STEELE N., 1989.

Comparison between constant-protein, calorie-restricted and protein-restricted, calorie-restricted diets on growth of young chickens and on plasma growth hormone, thyroxine, triiodothyronine and somatomedin. 11th Energy metabolism Symp. 18-24th sept 1998, Lunteren (NL) *EAAP Publ.* n043, 139-142.

106. ROSSI A.F., MILES R.D. et HARMS R.H., 1990.

Influence of Aluminum on phosphorus availability in laying hen diets. *Poult. Sci.*, 69: 2237-2240.

107. ROSSI A.F., MILES R.D., DAMRON B.L. et FLUNKER L.K., 1993.

Effects of dietary boron supplementation on broilers. *Poult. Sci.*, 72: 2124-2130.

108. RUDAS P. et PETHES G., 1982.

Autoregulative change in the thyroid hormone metabolism response to temperature in *Gallus domesticus*. *Poult. Sci.*, 61: 1533.

109. SAKANDE S., 1993.

Contribution à l'étude de l'influence des apports en protéines alimentaires sur les performances de croissance et le rendement carcasse de la pintade commune (*Numida meleagris*) et du poulet de chair (*Gallus domesticus*). Thèse. Méd. Dakar : 23.

110. SANOFI., 1996.

Guide de l'Aviculture Tropicale. Libourne-France. 117p.

111. SCOTT M.L.; NESHEIM M.C. et YOUNG R.J., 1976.

Nutrition of chicken. Ed. By M.L. Scott and associates Publishers. Ithaca, New York 14850: 555p.

112. SHELDON B.W., CURTIS P.A., DAWSON P.L. et FERKET P.R., 1997.

Poult.Sci. 76:634.

113. SINGH S.S.; VERMA S.K.; KHAN A.G. et SHRIVASTAVA A.K., 1989.

Indian Poult. Sci., 308-310.

114. SMITH A., 1990.

The poultry tropical agriculturalist.-Wageningen: CTA.-218p.

115. SMITH A., 1992.

L'élevage de la volaille, Paris A.C.C.T. Ed Maisonneuve et Larose; Wageningen: C.I.A. Vol 1. 3p. (Technicien d'agriculture tropicale).

116. SMITH M.O., SHERMAN I.L., MILLER L.C. et ROBBINS K.R., 1995.

Relative biological availability of manganese from manganese proteinate, manganese sulfate and manganese monooxide in broilers reared at elevated temperature. *Poult. Sci.*, 74: 702-707.

117. SMITH A.J. et OLIVER J., 1971.

Some physiological effects of high environmental temperatures on the laying hen. *Poult. Sci.*, 50: 912-925.

118. SORENSEN P.; SU G. et KESTIN S.C., 2000.

Poult. Sci., 79 : 864-870.

119. SOUTHERN L.L. et BAKER D.H., 1982.

Eimeria acervulina infection in chicks fed excess copper in the presence or absence of excess dietary methionine. *J. Anim. Sci.*, 54: 989-997.

120. SOUTHERN L.L. et BAKER D.H., 1983.

Excess manganese in the chick. *Poult. Sci.*, 62: 642-646.

121. STAHL J.L., COOK M.L., SUNDE M.L. et GREGER J.L., 1989a.

Enhanced humoral immunity in progeny chicks from hens fed practical diets supplemented with zinc. *Appl. Agricult. Res.*, 4: 86-89.

122. STAHL J.L., GREGER J.L. et COOK M.E., 1989b.

Zinc, copper and iron utilisation by chicks fed various concentration of zinc. *Br. Poult. Sci.*; 30: 123-134.

123. SUZUKI Y., MORITA I., YAMANE Y. et MOROTA S., 1990.

Preventive effect of zinc against cadmium induced bone resorption. *Toxicol.*, 62: 27-34.

124. SYKES A.H., 1977.

Nutrition-environment interactions in poultry. In Nutrition and the climatic environment, Haresign W., Swan H. and Lewis D. Eds, Butterworths, Sevenoaks (GB) 17-30.

125. TACHER G., RIVIERE R. et LANDRY C., 1971.

Valeur alimentaire pour les poussins et les poulets de chair du tourteau de coton sans gossipol. Rapport IEMVT/Laboratoire de Farcha. 85p.

126. TASAKI I. et KUSHIMA M., 1979.

Heat Production when single nutrients are given to fasted cockerels ; Proc. 8th Energy metabolism Symp., sept 1979, Cambridge (GB) Mount L.E. Ed. *EAAP Publ.* n°26: 253-256.

127. UNDERWOOD E.J., 1997.

Trace elements in human and animal nutrition. Academic Press, New York, 545 p.

128. VAHL H.A. et VAN'T KLOOSTER A.T., 1987.

Dietary iron and broiler performance. *Br. Poult. Sci.*, 28: 567-576.

129. VAN KAMPEN M., 1976.

Activity and energy expenditure in laying hens. *J. Agric. Sci.*, 87: 81-88.

130. VIAS F.S.G., 1995.

Contribution à l'étude compare de la valeur nutritive du maïs (*Zea mays*) et des sorghos (*Sorghum vulgare*) dans la ration des poulets de chair en zone tropicale sèche. Thèse. Méd. Vét. : Dakar : 7.

131. VODEKA J.K., RENDEN J.A., LENZ S.D., MCELHENNEY W.H. et KEMPPAINEN B.W., 1997.

Drinking water contaminants, arsenic, cadmium, lead, benzene, and trichloroethylene.1. Interaction of contaminants with nutritional status on general performance and immune fonction in broiler chickens. *Poult. Sci.*, 76: 1474-1792.

132. WALDROUP P.W., 1982.

Influence of environmental temperature on protein and amino acid needs of poultry. *Fed. Proc.*, 41: 2821-2823.

133. WALSBURG G.E., 1988.

Heat flow through avian plumages: the relative importance of conduction, convection and radiation. *J. therm. Biol.*, 13: 89-92.

134. WASHBURN K.W. et EBERHART D., 1988.

The effect of environmental temperature on fatness and efficiency of feed utilization. 18th World's Poult. Cong., 04-09/9/1988, Nagoya, Japan, Jap. *Poult. Sci. Ass.*, 1166-1167.

135. WELLINGHAUSEN N., KIRCHNER H. et RINK L., 1997.

The immunobiology of zinc. *Trends Immunol.* 18: 519-521.

136. WENK S. et VAN ES A.J.H., 1976.

Energy metabolism of growing chickens as related to their their physical activity. Proc. 7th Energy Metabolism Symp., sept 1976. Vichy (France) Vermorel M. Ed. *EAAP Publ.* n°19: 189-192.

137. WILSON J.H. et RUSZLER P.L., 1997.

Effect of boron on growing pullets. *Biol. Trace Element Res.*, 56: 287-294.

138. WHITEHEAD C.C., 1997.

Feeding strategies to counter leg weakness in broiler chicken. Proc. 11th European symposium Poultry Nutrition, Faaborg, 189-198.

139. WHITEHEAD C.C., 2000.

Poultry nutrition. 1:32-34.

140. WHITEHEAD C.C., 2002.

Poultry Feedstuffs.

141. WONG-VALLE J., AMMERMAN P.R., HENRY P.R., RAO P.V. et MILES R.D., 1989.

Bioavailability of manganese from feed grade manganese oxides for broiler chicks. *Poult. Sci.*, 68: 1368-1373.

142. WOODS S.J. et WHITTOW G.C., 1974.

The role of central and peripheral temperatures changes in the regulation of thermal polypnea in the chicken. *Life Sci.* 14: 199-205.

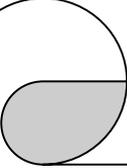
143. WRIGHT S.; KELLE C.A. et NEIL E., 1972.

Physiologie appliquée à la médecine. Edition Flammarion-Médecine-Sciences-600p.

144. YOUSEF M.K., 1984.

Stress Physiology in livestock. Vol. 1: Basic Principles. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.

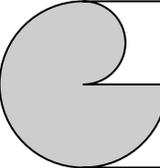
ANNEXE



SERMENT DES VETERINAIRES DIPLOMES DE DAKAR

« Fidèlement attaché aux directives de Claude BOURGELAT, fondateur de l'enseignement vétérinaire dans le monde, je promets et je jure devant mes maîtres et mes aînés :

- d'avoir en tous moments et en tous lieux le souci de la dignité et de l'honneur de la profession vétérinaire ;
- d'observer en toutes circonstances les principes de correction et de droiture fixés par le code de déontologie de mon pays ;
- de prouver par ma conduite, ma conviction, que la fortune consiste moins dans le bien que l'on a, que dans celui que l'on peut faire ;
- de ne point mettre à trop haut prix le savoir que je dois à la générosité de ma patrie et à la sollicitude de tous ceux qui m'ont permis de réaliser ma vocation.



Que toute confiance me soit retirée s'il advient que je me parjure. »

RESUME

La présente étude a été menée dans le but d'évaluer l'effet du VOLIHOT chez les volailles de chair en période chaude. C'est un mélange de vitamines et d'oligo-éléments antioxydants ajouté dans l'aliment des poulets de chair.

Pour ce faire, un aliment sans supplémentation a été distribué aux animaux du traitement 1 ou lot témoin. Dans le traitement 2, le Volihot a été incorporé à 0,2% dans l'aliment finition. Et dans le traitement 3, le Volihot a été incorporé à 0,2% dans les aliments démarrage, croissance et finition. Pour ces 3 traitements, 400 poussins de souche Cobb 500 ont été distribués en 3 lots. Quatre répétitions ont été allouées à chaque traitement. La température (mini, maxi), l'hygrométrie (mini, maxi), les consommations d'aliment et d'eau ont été mesurées de façon quotidienne. Des pesées individuelles de tous les sujets ont été effectuées tous les 8 jours. Le comportement des animaux (hyperventilation, picage, nervosisme...) et la mortalité ont été quotidiennement enregistrés.

Les résultats nous ont montré :

-un poids carcasse à 6 semaines de 1818 g pour le lot Volihot DCF contre 1713 g avec le lot Volihot F et 1741 g pour le lot témoin.

-un taux de mortalité de 0,7% pour le lot Volihot DCF contre 3% le lot Volihot et 5,2% pour le lot témoin.

En outre, l'étude économique a révélé un bénéfice net de 116 FCFA par poulet lié à l'utilisation du Volihot F soit un gain net de 1 160 000 FCFA pour un élevage de 10 000 poulets de chair.

Ainsi, la supplémentation de l'aliment en Volihot a permis :

-d'améliorer le poids vif en période de stress par une amélioration de l'état physiologique des animaux,

-de diminuer l'âge d'abattage à poids constant,

-de diminuer la mortalité

-d'améliorer l'indice de consommation par une meilleure croissance et une meilleure digestibilité.

Compte tenu de ces résultats, pour maintenir les performances des volailles de chair en période chaude, une supplémentation en continu de Volihot dans l'aliment est fortement recommandée.

Mots clés : Stress thermique -Coups de chaleur - Volihot - Performances -Volailles -Chair

Adresse : Francklin Noël JAOVELO

Logt N° 2 Cité des profs Ambonifahidrano-Fianarantsoa

Madagascar

Tél : (00261) 20 75 919 37

E-mail : n_francky@yahoo.com