

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE



Ecole de Formation Continue

MEMOIRE

Année Académique

2015-2016

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

DES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Numéro d'ordre:

05/2016

Spécialité : **Biochimie et Technologie Alimentaire**

Par

TRAORE Fakana Drissa

THEME :

UTILISATION DE LA FARINE DE CHENILLE (*Imbrasia oyemensis*)
COMME SUBSTITUT POTENTIEL DE LA FARINE DE POISSON
(*Thunnus albacares*) DANS L'ALIMENTATION DES POULETS DE
CHAIR COBB500 A DALOA (CÔTE D'IVOIRE)

Date de soutenance : 03/11/2016

Jury

M. BAKAYOKO Sidiky,	Maître de conférences,	UJLoG ,	Président
M. BEUGRE Grah Avit Maxwell,	Maître de conférences,	UJLoG ,	Directeur Scientifique
M. DIOMANDE Massé,	Maître assistant,	UJLoG ,	Encadreur
M. KOUASSI Kouadio Daniel,	Maître de conférences,	UJLoG ,	Examineur

DEDICACE

Ce travail est dédié,

Aux Mémoires de mon père TRAORE Clogni, ma mère DAO Yossogui, mon frère TRAORE Youssouf et de ma tante SOUMAHORO Massita. Je donnerai tout pour que vous soyez là en ces moments qui me sont très chers. Le chemin est parsemé d'embuches, mais nous nous accrochons. Vous resterez toujours dans " nos cœurs ". Reposez en paix.

A ma chère et tendre épouse SARA, pour toutes les marques d'affection qui se sont épanchées de ton cœur, pour tes prières discrètes et pour les maints sacrifices auxquels tu as dû consentir pendant toutes ces longues années, je prie pour que la vierge marie continue de t'assister tous les jours. Courage à toi!

REMERCIEMENTS

Je remercie **ALLAH**, le miséricordieux, le tout puissant et le plus clément qui nous aide et nous donne le courage de tout faire.

Pour la formation que nous avons reçue, je tiens à remercier :

- Professeur **Tidou Abiba SANOGO**, Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé;
- Docteur **YAO Kouassi Lucien**, Directeur de l'Ecole de formation continue;
- Professeur **AKAFFOU Doffou Selastique**, Directeur de l'UFR Agroforesterie.

Je tiens à remercier :

- Professeur **BEUGRE Grah Avit Maxwell**, Directeur Scientifique et Docteur **DIOMANDE Massé**, Encadreur, pour m'avoir donné la chance de travailler sous leur direction, pour leur confiance et leurs encouragements, mais surtout pour leur rigueur scientifique dans le travail. Qu'ils trouvent en ces mots toute ma gratitude.

- Professeur **BAKAYOKO Sidiky** président du jury, Professeur **KOUASSI Kouadio Daniel** examinateur pour avoir accepté de juger ce travail ainsi que tous les **enseignants** qui ont participé à notre formation.

- Mes frères **Daouda et Chiffolo** et mes sœurs **N'gadio, Tcheporogo et Nermegnon** pour leur soutien moral, leur encouragement et leur affection. A vous tous, je souhaite un avenir plein de joie, de bonheur et de succès en souhaitant que Dieu vous donne une longue vie.

- Mon oncle **KONE Salifou** pour m'avoir soutenu après mon baccalauréat pour faire des études supérieures, après le décès des deux parents biologiques.

- Tonton **KONE Sidiki**, conseiller du Directeur du CROU Daloa pour son soutien financier pendant tout mon cursus universitaire et pour toute la joie qu'il m'apporte.

- Mon beau père M. **TIA Felix** pour nous avoir livré sa ferme pour l'expérimentation mais aussi pour son apport technique en élevage de poulet.

- Mon frère **KONE Zié** pour m'avoir aidé dans toute l'expérimentation.

- Mes amis **N'gagolo, Tialafolo et Wérikaoueli** qui sont toujours à mes côtés.

Il est un devoir pour nous de réitérer notre gratitude à l'endroit de tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation du présent document.

Table des matières

SIGLES ET ABREVIATIONS	vii
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES TABLEAUX	ix
RESUME	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE: GENERALITES	3
1. Insectes comestibles	3
1.1. Identification	3
1.2. Intérêts alimentaires des insectes	3
1.3. Inconvénients de la consommation des insectes	3
2. Alimentation du poulet de chair	4
2.1. Besoins alimentaires du poulet de chair	4
2.2. Matières premières couramment utilisées et leurs apports	10
2.3. Facteurs influençant les performances zootechniques	14
3. Evaluations sensorielles des produits alimentaires	16
3.1. Compositions du jury	16
3.2. Méthodes d'évaluation sensorielle	17
3.3. Facteurs influençant les réponses du jury	17
4. Cadre de l'étude	18
4.1. Situation géographique de la zone d'étude	18
4.2. Climat	19

4.3. Végétation.....	19
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	21
I. MATERIEL.....	21
1. Matériel biologique.....	21
2. Matériel technique.....	21
II. METHODES.....	23
1. Caractérisation chimiques de la farine de chenille et de poisson	23
1.1. Teneur en humidité.....	23
1.2. Méthodes de dosage des protéines	23
1.3. Teneur en matières grasses	25
1.4. Teneur en cendres	25
1.5. Méthodes de détermination de la teneur en glucides	25
1.6. Calcul de l'énergie métabolisable.....	26
2. Formulations des rations.....	26
3. Traitements sanitaires	26
4. Evaluations des performances zootechniques des poulets ayant consommé les rations formulées	27
4.1. Poids moyens des poulets de chair	27
4.2. Gains moyens quotidiens des poulets pendant la période d'essai (GMQ).....	27
4.3. Consommations alimentaires individuelles des poulets de chair (CAI)	27
4.4. Indice de consommation des poulets de chair pendant la période d'essai (IC)	28
4.5. Rendements organes (RO)	28
4.6. Rendement carcasse des poulets de chair (RC)	28
4.7. Taux de gras abdominal des poulets de chair	28

5. Taux de mortalité (TM)	29
6. Evaluations sensorielles des viandes de poulet de chair ayant consommé les rations formulées	29
6.1. Composition du jury d'évaluation	29
6.2. Préparation des échantillons.....	29
6.3. Description de l'évaluation	29
7. Analyse statistique des données.....	30
TROISIEME PARTIE: RESULTATS ET DISCUSSION.....	31
I. RESULTATS.....	31
1. Caractérisation chimique des farines de chenille (<i>Imbrasia oyemensis</i>) et de poisson (<i>thunnus albacares</i>)	31
2. Caractérisation physicochimique des rations.	31
3. Evaluations des performances zootechniques des poulets ayant consommé les rations formulées	31
3.1. Croissance en poids vifs pendant la période de l'essai (PV)	31
3.2. Gain moyen quotidien des poulets de chair (GMQ)	34
3.3. Indice de consommation (IC).....	34
3.4. Consommations alimentaires individuelles (CAI)	34
3.5. Rendements carcasse et gras abdominal	37
3.6. Rendements autres organes	37
4. Taux de mortalité (TM)	37
5. Evaluations sensorielles des poulets de chair ayant consommés les rations formulées	40
II. DISCUSSION	43

1. Caractéristiques physicochimiques des farines de chenille et de poisson et des rations ayant servis à nourrir les poulets de chair.	43
2. Performances zootechniques des poulets de chair	44
3. Effets des farines de chenille et de poisson sur les caractéristiques organoleptiques des viandes de poulet de chair	45
REFERENCES	48

SIGLES ET ABREVIATIONS

CAI: Consommation alimentaire individuelle

Fc: Farine de chenille (*Imbrasia oyemensis*)

Fp: Farine de poisson (*Thunnus albacares*)

g: gramme

GMQ: Gain Moyen Quotidien

IC: Indice de Consommation

J: Jour

MG : Matière grasse

MS : Matière sèche

PV : Poids vifs

R0: Régime alimentaire avec zéro pour cent de farine de chenille (*Imbrasia oyemensis*)

R33: Régime alimentaire avec trente-trois pour cent de farine de chenille (*Imbrasia oyemensis*)

R66: Régime alimentaire avec soixante-six pour cent de farine de chenille (*Imbrasia oyemensis*)

R100: Régime alimentaire avec cent pour cent de farine de chenille (*Imbrasia oyemensis*)

Rd: Rendement

RC : Rendement carcasse

RO : Rendement organe

TM: Taux de mortalité

VE : Valeur énergétique

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Zone d'étude (Daloa)	20
Figure 2a : chenille d' <i>Imbrasia oyemensis</i>	22
Figure 2b : farine de chenille d' <i>Imbrasia oyemensis</i>	22
Figure 3 : Farine de poisson <i>Thunnus albacares</i>	22
Figure 4a : Poussins de chair en début d'essai.....	22
Figure 4b : Poulets de chair en fin d'essai.....	22
Figure 5: Evolution des poids vifs des poulets durant la période expérimentale.....	35
Figure 6 : Effet du taux de farine de chenille sur la couleur de la viande de poulet de chair.....	41
Figure 7 : Effet du taux de farine de chenille sur le goût de la viande de poulet de chair	41
Figure 8a : Effet du taux de farine de chenille sur l'odeur chenille de la viande de poulet de chair	41
Figure 8b : Effet du taux de farine de chenille sur l'odeur brûlé de la viande de poulet de chair	42
Figure 9 : Effet du taux de farine de chenille sur la texture de la viande de poulet de chair.....	42

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Recommandations alimentaires chez le poulet de chair	9
Tableau II : Caractérisation chimique des farines de chenille et de poisson.....	32
Tableau III : Ration de démarrage.....	32
Tableau IV : Ration de croissance.....	33
Tableau V : Gain moyen quotidien.....	35
Tableau VI : Indice de consommation.....	36
Tableau VII : Consommation alimentaire individuelle.....	36
Tableau VIII : Rendements carcasse et gras abdominal.....	38
Tableau IX : Rendements autres organes.....	38
Tableau X : Taux de mortalité.....	39

RESUME.

L'amélioration de la production de la volaille comme solution au déficit protéique dans l'alimentation des populations est un défi majeur pour la recherche sous nos tropiques. A cet effet, la valeur nutritive de la farine de chenilles (*Imbrasia oyemensis*) évaluée a été incorporée aux rations alimentaires des poulets de chair comme substitut de la farine de poisson (*Thunnus albacares*) en raison de 0, 33, 66 et 100%. Quatre lots de 25 poussins (cobb 500) de 2 semaines d'âge ont été nourris à l'aide des 4 régimes R₀, R₃₃, R₆₆ et R₁₀₀ durant 5 semaines.

Les résultats obtenus montrent que :

- Les performances zootechniques (poids vifs, Gain moyen quotidien, les consommations alimentaires individuelles, les indices de consommation) des poulets nourris aux 4 rations n'ont pas été significativement modifiées par les taux variables de farine de chenilles (*Imbrasia oyemensis*) dans les rations des sujets. Il en a été de même pour les rendements carcasse, gras abdominal et les autres organes testés (cœur, foie, gésier).
- La mortalité n'a pas été corrélée avec les teneurs variables de farine de chenille des régimes alimentaires des poulets.
- La qualité organoleptique des viandes de poulet ont indiqué que la couleur et le goût n'ont subi aucune modification significative. Par contre les taux croissants de farine de chenille ont été légèrement ($R^2=0.29$) corrélés à l'odeur de la viande et moyennement à la fermeté de la viande ($R^2=0.59$). L'odeur de chenille et la fermeté ont augmenté avec les taux croissants de farine de chenille dans les rations des poulets mais acceptables à cent pour cent du taux d'incorporation.

Ainsi, la chenille (*Imbrasia oyemensis*) peut être valablement incorporée dans l'alimentation des poulets de chair sans risque de modifier la production et les caractéristiques des viandes de manière notable. Elle peut, dès lors, être recommandée aux aviculteurs comme ressources alternatives de protéines pour la volaille dans les pays tropicaux.

Mots clés : *Imbrasia oyemensis*, *Thunnus albacares*, poulets de chair, performances zootechniques, évaluation sensorielle.

ABSTRACT

Improving poultry production as a solution to protein deficiency in the diet of populations is a major challenge for research in our tropics. For this purpose, the nutritional value of the assessed caterpillar meal (*Imbrasia oyemensis*) was incorporated into feed rations for broiler chickens as a substitute for fish meal (*Thunnus albacares*) due to 0, 33, 66 and 100 %. Four batches of 25 chicks (cobb 500) of 2 weeks of age were fed using the R₀, R₃₃, R₆₆ and R₁₀₀ 4 diets for 5 weeks.

The results obtained show that:

- Zootechnical performances (live weight, average daily gain, individual food consumption, consumption indices) of chickens fed the 4 rations were not significantly modified by the variable rates of caterpillar meal (*Imbrasia oyemensis*) in the rations of subjects. The same was true for carcass, abdominal fat and other organs tested (heart, liver, gizzard).
- Mortality was not correlated with variable levels of caterpillar meal in chicken diets.
- The organoleptic quality of the chicken meats indicated that the color and taste have not undergone any significant modification. On the other hand, increasing levels of caterpillar flour were slightly ($R^2 = 0.29$) correlated with the smell of meat and moderately to meat firmness ($R^2 = 0.59$). Caterpillar odor and firmness increased with increasing rates of caterpillar flour in chicken rations but acceptable to one hundred percent of the incorporation rate. Thus, the caterpillar (*Imbrasia oyemensis*) can be validly incorporated into the feeding of broiler chickens without the risk of significantly altering the production and characteristics of the meat. It can therefore be recommended to poultry farmers as alternative protein resources for poultry in tropical countries.

Key words: *Imbrasia oyemensis*, *Thunnus albacares*, broiler chickens, zootechnical performances, sensory evaluation.

INTRODUCTION

L'élevage constitue de nos jours une importante source de revenus pour une grande partie des populations dans les pays sub-sahariens. Il contribue de manière significative à la lutte contre la pauvreté dans les pays sous-développés où il détient plus de 30% du PIB agricole (**Bruinsma, 2003**).

L'Afrique détient 11,5 % de la population mondiale. Toutefois elle n'est responsable que de 4% de la production mondiale de volailles. En effet, son offre avicole repose à plus de 80% sur l'aviculture traditionnelle qui se développe moins rapidement depuis une dizaine d'année. C'est pourquoi la Côte d'Ivoire a opté pour une aviculture industrielle (**Pousga et al., 2005**). Ainsi, de nombreux éleveurs s'adonnent à l'aviculture autour des grandes métropoles comme Abidjan. Cependant, la production ivoirienne n'arrive pas à couvrir la demande sans cesse croissante. D'où les importations de viande de volaille qui de 2000 tonnes en l'an 2000 sont passées à 14000 tonnes en 2004 (**Essoh, 2006**).

Pour contribuer véritablement à la lutte contre la pauvreté et à la réduction des problèmes de déficit en protéines d'origine animale, il urge de promouvoir l'élevage par une production avicole moderne et compétitive au plan mondial. L'alimentation figure en bonne place dans cette promotion qui malheureusement est basée sur l'importation de matières premières à plus de 70% du coût de production. (**Essoh, 2006**).

La problématique de l'approvisionnement en intrants alimentaires est de nos jours, d'autant plus cruciale qu'on assiste sur le marché international à une augmentation du coût des intrants (**Doumbia, 2002**) que sont le maïs, le soja, l'arachide et la farine de poisson. Ainsi l'équilibre protéique de l'aliment coûte cher alors qu'il est l'un des principaux déterminants du résultat technico-économique en production avicole. (**Doumbia, 2002**).

Dans ces conditions, la recherche et la valorisation de ressources alimentaires alternatives et disponibles localement dans l'alimentation des poulets devraient permettre d'améliorer leur productivité tout en maintenant les coûts des intrants et de production en dessous du niveau de l'inflation dans ce système de production avicole. Parmi ces ressources alimentaires alternatives, figurent en bonne place les insectes comestibles dont *Imbrasia oyemensis* (*Saturniidae*).

En effet, ces chenilles sont disponibles et faciles d'accès en zone forestière et peuvent constituer de par leurs qualités nutritives des sources de protéines et d'énergie, (**Malaisse et Lognay, 2004**).

En Côte d'Ivoire, où il existe plusieurs variétés d'insectes comestibles, aucune étude n'a été consacrée à l'incorporation de farine de chenille dans la ration des poulets de chair, d'où l'intérêt du présent travail.

L'objectif général de cette étude s'inscrit donc dans la recherche de voies alternatives de réduction des charges de production des poulets de chair en Côte d'Ivoire par la valorisation de la farine de chenille *Imbrasia oyemensis* dans leur ration. De façon spécifique, il vise à déterminer les effets de l'incorporation de la farine de chenille dans le régime sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse, des organes et du gras abdominal des poulets de chair.

PREMIERE PARTIE: GENERALITES

1. Insectes comestibles

1.1. Identification

Les insectes les plus couramment consommés sont les larves ou adultes d'orthoptères (grillons, criquets et sauterelles) et d'hyménoptères (abeilles, guêpes et fourmis), les larves de coléoptères (charançons et longicornes), les chenilles et chrysalides de lépidoptères (papillons), mais également certains adultes d'isoptères (termites) ou d'hémiptères aquatiques (punaises d'eau) (Mignon, 2002 ; Durst et Shono, 2010; Raubenheimer et Rothman, 2013).

1.2. Intérêts alimentaires des insectes

Du point de vue de la composition chimique et de la valeur alimentaire, les chenilles sont riches en protéines (45 à 80%), moyennement riches en lipides (9 à 35%). Les teneurs en cendres sont comprises entre 3 et 9 % de la matière sèche, tandis que la valeur énergétique se situe entre 1215 et 3180 kJ pour 100 g de poids sec (Malaisse et Lognay, 2004). Les principaux acides aminés protéiques sont l'acide glutamique, la phénylalanine et la tyrosine, enfin l'acide aspartique, tandis que la teneur en leucine est déficiente. La composition lipidique révèle des teneurs élevées en acides polyinsaturés essentiels parmi lesquels l'acide α -linoléique prédomine (Malaisse et Lognay, 2004). Les acides saturés palmitique et stéarique sont également bien représentés. Les teneurs en vitamines B2 et P.P sont élevées, tandis que celles en B1 et B6 sont basses en regard des exigences nutritionnelles (Malaisse et Lognay, 2004).

1.3. Inconvénients de la consommation des insectes

Les insectes récoltés dans la nature peuvent être infectés par des micro-organismes pathogènes, tels que bactéries, virus, champignons, protozoaires et autres (Vega et Kaya, 2012). En général, les pathogènes des insectes sont taxonomiquement distincts des pathogènes des vertébrés et peuvent être considérés comme inoffensifs pour les humains. Les insectes ont aussi une grande diversité de micro-organismes associés dans leur flore intestinale (Muyay, 1981). De même, des spores de divers micro-organismes peuvent être présentes sur la cuticule des insectes, dont les micro-organismes qui peuvent se développer de façon saprophyte sur les produits à base d'insectes comestibles. Ceux-ci contribuent à la dégradation de ces aliments. Certaines caractéristiques des insectes comestibles peuvent parfois être dangereuses. C'est

l'exemple de la consommation de chenilles dont les poils contiennent des substances toxiques. Les poils doivent être enlevés par brûlage (**Muyay, 1981**).

2. Alimentation 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 carcasse désirée. Le besoin nutritionnel est relatif aux objectifs zootechniques recherchés. 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 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.

2.1. Besoins alimentaires du poulet de chair

2.1.1. 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 une réduction de gain de poids. La réduction de la prise alimentaire et de la croissance ainsi engendrée est proportionnelle à la réduction de la consommation en eau ; cela a été démontré par **Ferrando (1969)** qui trouve qu'une restriction d'eau de 50 % de la consommation *ad libitum*, fait baisser la prise alimentaire de 111 g/jour chez le poulet. Aussi la surconsommation en eau est imputable à une augmentation de température ou à une teneur élevée en sel de l'eau ou de l'aliment très élevée ou simplement le signe d'un début de diarrhée. De même, la teneur des protéines de l'aliment modifie l'ingestion d'eau (**Larbier et leclercq., 1992**). **Scott et al (1976)** rapportaient que les aliments riches en protéines conduisent à une légère surconsommation d'eau qui s'explique par les mécanismes de digestion protéique 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 dans leur abreuvement. Cette eau remonte le long du colon, provoquant la précipitation de l'acide urique sous forme d'urates (**Larbier., 1991**).

En général, les volailles consomment environ deux fois plus d'eau que d'aliments. (**Larbier ., 1991**).

2.1.2. Besoins en énergie

L'énergie sert à couvrir les besoins d'entretien (le métabolisme de base, la thermogénèse adaptative, l'extra chaleur et l'activité physique) d'une part, et les besoins de croissance d'autre part. Le développement corporel du poulet est d'autant plus rapide que la consommation quotidienne d'énergie métabolisable est élevée. Le premier besoin de l'animal concerne des 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 (**Anonyme, 1989**). Le besoin énergétique est aussi sensible aux conditions du milieu et c'est lui qui influence le plus la consommation alimentaire.

Les oiseaux règlent leur consommation alimentaire en fonction de la qualité d'aliment déjà ingérée. C'est pourquoi toute élévation de la teneur énergétique d'un aliment se traduit par une réduction de la quantité consommée. En élevage industrielle, il s'agira de « concentrer » l'aliment, c'est-à-dire augmenter sa teneur en chacun de ses nutriments (protéines et acides aminés, oligo-éléments, vitamines) si l'on veut que la volaille démuni la quantité d'aliment à ingérer Cette « concentration » de l'aliment se réalise soit en jouant sur le taux de cellulose de la ration, celle-ci n'étant pas digestible par les volailles, soit par addition d'une source concentrée d'énergie (graisse, mélasse).

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). Une bonne ration doit permettre à l'animal de couvrir toutes ses dépenses : entretien, production, élimination de chaleur. Si l'énergie métabolisable 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.

2.1.3. 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 acides aminés sont indispensables à l'organisme. Apportés en excès, ils 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 lorsqu'un acide aminé constitue le seul facteur limitant du régime ; cette notion ne concerne que les acides aminés qui peuvent être des facteurs limitant 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 de 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 celles de Maillard ne sont généralement pas libérées par l'hydrolyse enzymatique dans le tube digestif et sont donc rendus indisponibles pour la synthèse protéique. En effet, **Larbier et Leclercq (1992)** ont montré que pendant la préparation

des aliments en granulés qui nécessitent un chauffage (70-80°C), les protéines et les acides aminés sont détruits par la réaction dite de Maillard. On recommande ainsi d'apporter un complément en protéines et en acides aminés lorsque les aliments sont en granulés.

2.1.4. 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 comme les interactions entre nutriments, la température ambiante et le 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 tels 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 (**Anonyme, 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.

2.1.5. 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 et 0,045 % de calcium, on note une augmentation du gain de poids et une amélioration de l'ossification.

2.1.6. 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 antioxydante permet de limiter la formation des peroxydes toxiques pour la cellule et qui dégradent les vitamines A, D, K et D.
- De la teneur en protéines de l'aliment dont la baisse augmente les besoins en vitamines A; l'absorption de cette dernière étant liée à l'apport protéique; les 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 ou encore du fait de la présence des antagonistes et des antimétabolites inactivent les vitamines dans l'aliment et même en cas de formulation et de fabrication défectueuses. Les recommandations alimentaires sont notés dans le **tableau I**

2.1.7. 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 le taux de 5 % de cellulose brute afin d'éviter une accélération du transit favorable à une mauvaise utilisation de la ration (**Anselme, 1987**)

Tableau I: les recommandations alimentaires chez le poulet de chair

concentration	Démarrage			Croissance			Finition		
Energétique	2900	3000	3100	2900	3000	3100	2900	3000	3100
Protéines brutes	21,50	22,20	23,00	19,60	20,40	21,00	18,20	18,90	19,50
Lysine	0,12	1,16	1,20	0,98	1,02	1,05	0,84	0,87	0,90
Méthionine	0,47	0,48	0,50	0,43	0,44	0,46	0,38	0,39	0,40
acides aminés soufrés	0,84	0,87	0,90	0,75	0,77	0,80	0,69	0,71	0,73
Tryptophane	0,20	0,21	0,22	0,19	0,20	0,21	0,16	0,16	0,17
Thréonine	0,77	0,80	0,83	0,60	0,70	0,72	0,58	0,60	0,62
Calcium	1,00	1,03	1,06	0,90	0,93	0,97	0,80	0,83	0,87
phosphore total	0,67	0,68	0,69	0,66	0,67	0,68	0,60	0,61	0,62
Sodium	0,16	0,16	0,17	0,16	0,16	0,17	0,16	0,16	0,17
Chlore	0,14	0,14	0,15	0,14	0,14	0,15	0,14	0,14	0,15

SOURCE : INRA ,1984

2.2. Matières premières couramment utilisées 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.

2.2.1. Sources d'énergie

2.2.1.1. Céréales

Elles constituent la principale source d'énergie dans les aliments pour volailles. Ce sont des aliments essentiellement énergétiques car ils 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 (**Looi et Renner., 1974**). 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, 1992; Metayer et al., 1993**).

2.2.1.2. 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., 1991**).

2.2.1.3. 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 et al, 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 (**Sakande, 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 ne sont pas produits en quantité suffisante chez le poussin, puisque la sécrétion biliaire augmente avec l'âge de la volaille. Selon **Sakande (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 dyschondroplasia tibiale. **Gab-we (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.

2.2.2. Sources de protéines

2.2.2.1. Sources de protéines végétales

2.2.2.1.1. Tourteau de soja

Il est le plus utilisé dans les rations pour les 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 (**Kebe, 1989**). Cependant, on retrouve des substances antitrypsiques qui constituent ainsi le facteur limitant. **Larbier (1991)** montrent qu'une cuisson correcte élimine plus de 90 % de l'activité antitrypsique.

2.2.2.1.2. Tourteaux d'arachide et de coton

Ils sont issus des huileries. 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. Les tourteaux d'arachide et de coton sont les plus disponibles, malgré la présence de facteurs antinutritionnels tels que l'aflatoxine dans les tourteaux d'arachide et de gossipol dans le coton; ceci impose des limites à leur utilisation en alimentation; **Angulo-chacon (1986)** montre que l'action toxique du gossipol libre se manifeste à des teneurs de 0,012 % et que la mortalité apparaît à partir de 0,16 %. Outre la présence de gossipol, 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 %. Toutefois, la tendance est à la production de coton « glandless » dépourvu de substances toxiques. Cet auteur trouve que lorsque la teneur en aflatoxine est inférieure à 1,25 p.p.m. l'utilisation du tourteau d'arachide dans les limites de 30 % chez les poulets en croissance et de 20 % dans la ration des poulets adultes ne posent 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.

2.2.2.1.3. 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, 1991**). Les levures sont des sources riches en protéines de très bonne qualité (riche en lysine, tryptophane, thréonine..., mais pauvres en acides aminés soufrés), et en vitamines du groupe B (**Scott, 1976**). Le facteur limitant est leur prix qui est toujours élevé.

2.2.2.2 Sources de protéines animales

Elles sont importantes 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 **Sankande (1993)**, la supériorité de la qualité des matières premières d'origine animale se situerait à trois niveaux :

- Leur taux élevé en calcium, phosphore et vitamines du groupe B, en particulier en riboflavine ;
- La présence de vitamines 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.

2.2.2.2.1. 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. (**Larbier., 1991**).

2.2.2.2.2. Farine de sang

Elle est plus 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., 1991**).

2.2.3 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 (**Anonyme, 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 le prémix ou C.M.V. (Compléments Minéraux Vitaminés).

2.3. Facteurs influençant les performances zootechniques

2.3.1. Contraintes de l'élevage avicole

On distingue plusieurs types de contraintes : zootechniques, technico-économiques, sanitaires, pathologiques.

2.3.1.1. Contraintes zootechniques

Les défaillances observées dans l'application des normes techniques d'élevage sont à l'origine des mauvaises performances. En effet, la mauvaise conception des bâtiments, les vides sanitaires mal effectués et l'absence d'hygiène souvent constatée dans les fermes ont des conséquences néfastes en élevage intensif (**Biaou, 1995**). La qualité nutritive des aliments fabriqués de façon artisanale dans certaines fermes avicoles non qualifiées, la distribution irrégulière et en quantité insuffisante des aliments ainsi que la rupture prolongée des stocks d'aliments dans les fermes ne favorisent pas une production optimale de ces fermes. A ces problèmes zootechniques s'ajoutent les contraintes technico-économiques.

2.3.1.2. Contraintes technico-économiques

L'insuffisance du niveau technique des éleveurs et l'insuffisance d'organisation des producteurs sont des facteurs qui entravent la productivité des élevages modernes. L'élevage des poulets de chair comme celui des poules pondeuses n'est pas accessible à toutes les couches de la population ivoirienne. En effet, cet élevage demande des moyens financiers importants. En général, les poussins, les médicaments et 85 % du maïs destiné aux fabriques d'aliments sont des intrants importés. Les producteurs éprouvent d'énormes difficultés pour obtenir des financements nécessaires à l'achat des équipements avicoles (**Habamenshi, 1994**).

La mauvaise organisation du marché et le manque de chaîne de froid pour conserver les produits invendus font que beaucoup d'aviculteurs sénégalais se limitent à des opérations ponc-

tuelles liées à des festivités d'origines religieuses, coutumières ou familiales (**Anonyme, 1995**). En plus des contraintes technico-économiques s'ajoutent les contraintes sanitaires.

2.3.1.3. Contraintes sanitaires

2.3.1.3.1. Facteurs de risque

Les contraintes sanitaires sont représentées par les facteurs de risque dans les poulaillers.

Parmi ces facteurs, on peut citer :

La température :

C'est un facteur de stress aussi bien chez le poussin que chez les poulets adultes (**Parent et al., 1989**). L'oiseau en réagissant face à l'agression thermique, s'épuise et s'expose d'avantage aux maladies;

L'humidité:

L'humidité favorise la croissance optimale des agents infectieux et infectants. Lorsqu'un poulet est soumis à un environnement à forte humidité, il devient plus réceptif aux maladies que celui qui n'est pas dans le même cadre de vie (**Brugere-picoux et Savad, 1987**) ;

La ventilation : le rôle de la ventilation est bien connu en aviculture car elle permet le renouvellement de l'air du poulailler. C'est d'ailleurs l'élément important qui est recherché dans l'orientation et la conception des bâtiments ; tout en évitant les grands vents, les poussières (sources d'agents pathogènes). Une bonne ventilation permet de minimiser les effets de la température et de l'humidité (**Ibrahima, 1991**) ;

Les polluants chimiques : l'ammoniac (NH₃) est le polluant chimique le plus important. Il provient des oiseaux eux-mêmes ou résulte de la dégradation de la litière.

Les facteurs physiques associés aux facteurs chimiques, favorisent l'apparition et l'évolution de nombreuses pathologies aviaires.

2.3.1.3.2. Principales maladies

Chez la volaille, les principales pathologies sont d'origine parasitaire ou infectieuse (**Buldgen et al., 1992**).

† Les Maladies parasitaires

Elles sont les plus nombreuses et sont responsables de la mortalité ou des retards de croissance dans les élevages. On retrouve entre autres : les coccidiose aviaires dues à *Eimeria tenella*, *E. necatrix*, *E. maxima*, *E. brunetti*, *E. proecox*), l'ascaridiose avec comme agents ethnologiques *Ascaridia*, *Cappilaria*, *Heterakis*), les Téniasis dues à *Rallietina*, *Hymenolopis*).

† Les Maladies infectieuses

Elles rassemblent les maladies bactériennes et virales.

- Les Maladies bactériennes et mycoplasmiques

Parmi ces maladies on peut citer :

- le choléra aviaire dû à *Pasteurella multocida* ;
- les colibacillose dues à *Escherichia coli* et autres colibacilles ;
- les salmonellose aviaires dues à *Salmonella pullorum gallinarum* ;
- les mycoplasmoses dues à *Mycoplasma gallicepticum*, *M. synoviae* et les autres mycoplasmes

- Les Maladies virales

Ce sont les maladies les plus graves. Elles entraînent d'énormes dégâts car il n'existe aucun traitement contre ces maladies. On peut citer entre autres :

- La maladie de Gumboro due à un Birnavirus ;
- La maladie de Newcastle ou pseudo peste aviaire due à un Paramyxovirus ;
- La variole aviaire due à un Poxvirus ;
- La bronchite infectieuse due à un Coronavirus ;
- La maladie de Marek due à un Herpes virus.

Bien que les maladies parasitaires soient les plus fréquentes à cause du manque d'hygiène, il faut remarquer que les maladies infectieuses (bactérienne et virale) sont les plus redoutables, puisque leurs pronostics médicaux et économiques sont généralement catastrophiques.

3. Evaluations sensorielles des produits alimentaires

3.1. Compositions du jury

La première étape consiste en la sélection d'un panel. Les participants sont recrutés en fonction de leur acuité sensorielle, leur capacité d'expression face aux produits et leur motivation.

La motivation est d'ailleurs une qualité essentielle pour assurer la dynamique du groupe (Murray *et al.*, 2001). Il existe différents tests qui peuvent être utilisés afin de vérifier les aptitudes sensorielles et non sensorielles des candidats (Anonyme, 1993). Les tests de sélection ne semblent pas prédire de façon sûre les performances des sujets en profil (Lesschaeve et Issanchou, 1996). Il convient cependant de s'assurer des capacités des sujets en fonction de celles qui seront mises en œuvre dans les futures études sensorielles (Lawless et Heymann, 1998)

3.2. Méthodes d'évaluation sensorielle

Bien qu'étant l'acceptation la plus immédiate du terme de qualité, la qualité sensorielle est la plus délicate à mesurer. Elle recouvre deux approches:

- l'approche analytique qui utilise la mesure par un groupe de consommateurs entraînés, des caractéristiques sensorielles d'un produit ;
- l'approche hédonique qui vise à apprécier, auprès de groupes représentatifs de consommateurs, l'acceptabilité ou la préférence d'un produit (Ricard et Touraille, 1988).
- Une fois le panel constitué, il convient d'expliquer au panel les principes généraux de l'analyse sensorielle et de l'entraîner aux méthodes d'évaluation. Lorsque le panel est prêt, l'espace produit sélectionné peut lui être présenté afin qu'il génère un maximum de termes permettant de décrire l'ensemble des produits. Le choix de l'espace produit conditionne les descripteurs qui seront les termes hédoniques, les synonymes, les antonymes et les termes non pertinents. Il est aussi d'usage de choisir les termes appartenant à la terminologie existante. Le consensus et le tri statistique peuvent être utilisés dans cette procédure. Les définitions verbales et/ou les références physiques, et le protocole d'évaluation de chaque descripteur, ainsi que l'ordre d'évaluation des descripteurs sont déterminés par consensus. Par exemple, pour l'évaluation des pommes, les saveurs utilisées sont principalement l'*acide* et le *sucré* (Dailant Spinnler *et al.*, 1996, Harker *et al.*, 2002,).

3.3. Facteurs influençant les réponses du jury

La perception sensorielle est le résultat d'un processus complexe qui intègre toutes les informations à disposition, provenant aussi bien du stimulus que de l'inconscient. De nombreuses études ont démontré l'impact de facteurs physiologiques et cognitifs tels que l'adaptation,

l'interaction entre des stimuli (augmentation, suppression), et la fatigue physiologique. Par exemple, la texture et donc la structure, peut influencer la perception des saveurs et des arômes (**Brossard et al., 2012**). En effet, la déstructuration plus ou moins importante et plus ou moins rapide du produit en bouche impacte directement la libération des molécules sapides et volatiles. En parallèle, le relargage de molécules sapides comme les acides organiques peut provoquer une salivation plus importante et influence la perception de la texture (par exemple pour la jutosité). Des facteurs psychologiques sont également impliqués dans la construction de la réponse sensorielle : les idées préconçues dues aux informations disponibles à propos de l'échantillon, l'accoutumance, l'association de deux propriétés d'un produit (les pommes vertes sont acides), le report lorsque deux propriétés sont liées (« halo ») ou lorsqu'un descripteur est manquant (« dumping »), l'ordre de présentation (**Meilgaard et al., 1991**). L'effet de « halo » correspond à l'augmentation de la note donnée à un descripteur à cause de la perception d'un autre descripteur (par exemple la perception d'un arôme citron peut augmenter la note donnée pour l'acidité d'un produit). L'effet de « dumping » correspond à l'augmentation de la note attribuée à un descripteur de par l'absence du descripteur permettant de décrire la sensation perçue par le sujet. Ces biais peuvent être minimisés en maîtrisant l'information donnée aux sujets, en contrôlant leur environnement de dégustation et en leur procurant un entraînement approprié (**Anonyme, 1993**). La réponse sensorielle peut également être influencée par des facteurs intrinsèques à l'individu comme son identité génétique (**Bartoshuk, 2000**), son âge (**Bitnes et al., 2007**) ou encore son expertise à l'évaluation sensorielle et connaissance des produits (**Bitnes et al., 2007b, Labbe et al., 2004, Wolters et Allchurch, 1994**).

4. Cadre de l'étude

4.1. Situation géographique de la zone d'étude

La présente étude a été réalisée à **Daloa** une ville du centre-ouest de la **Côte d'Ivoire**, en Afrique de l'ouest. La ville se situe entre 6°53 de latitude nord et 6°27 de longitude ouest et fait partie de la région du Haut-Sassandra dont elle en est le chef-lieu. Cette région est limitée au sud par les régions du bas Sassandra et du fromager, au nord par le worodougou, à l'ouest par les régions des 18 montagnes et du Cavally et à l'est par la marahoué. Daloa est située à

130 km de Yamoussoukro la capitale politique et à 353 km d'Abidjan la capitale économique, avec une population de 261 789 habitants et une superficie de 5,305km², elle est la troisième ville la plus peuplée du pays après Abidjan et Bouaké (Figure 1). <http://mairiedalooa.php>

4.2. Climat

Le climat de cette région est de type tropical humide de transition .Il est caractérisé par une saison sèche allant d'Octobre à Mars et une saison des pluies ayant deux maxima, l'un en Juin et l'autre en Septembre .Les saisons sèches et humides alternent avec des températures variant de 24,65° C à 27,75° C en moyenne .(Ligban *et al.*, 2009) .

4.3. Végétation

La végétation de cette région est forestière au sud et de savane arborée au nord. Cette végétation est en constante régression du fait des activités agricoles (café, cacao, etc.).Le sol est de type ferrallitique fortement ou moyennement dénaturé. (Ligban *et al.*, 2009)

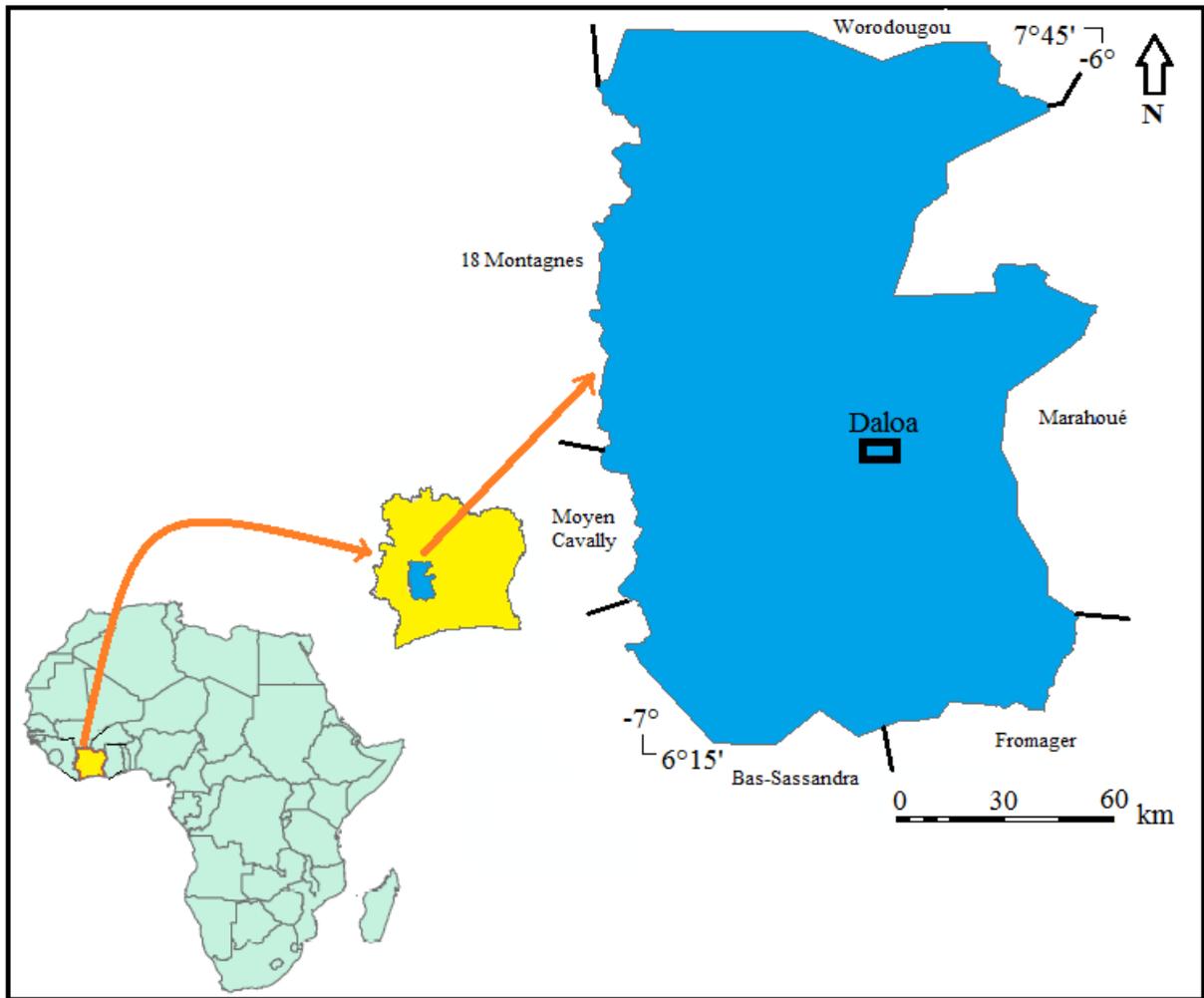


Figure 1: Zone d'étude (Daloa)

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

I. MATERIEL

1. Matériel biologique

Le matériel biologique est constitué de la farine de chenille *Imbrasia oyemensis* (figure 2a et 2b), de la farine de poisson *Thunnus albacares* (figure 3), des poussins de chair de souche cobb500 (figure 4a et 4b).

2. Matériel technique

-balance mécanique

Une balance mécanique de 50 g de précision a été utilisée pour les différentes mesures de masses.

- Etuve

Une étuve a servi à réduire le taux d'humidité des farines jusqu'à 5%.



Figure 2a : Chenille (*Imbrasia oyemensis*)



Figure 2b : Farine de chenille
(*Imbrasia oyemensis*)



Figure 3 : Farine de poisson
(*Thunnus albacares*)



Figure 4a : Poussins de chair en début d'essai



Figure 4b : Poulet de chair en fin d'essai

II. METHODES

1. Caractérisation chimiques de la farine de chenille et de poisson

1.1. Teneur en humidité

Cinq (5) g d'échantillon (PE) ont été pesés dans un creuset en porcelaine dont le poids à vide est connu. L'ensemble creuset vide + échantillon pesé (P_1) est mis à l'étuve à 105 °C pendant 24 h. Après refroidissement au dessiccateur, le creuset est pesé à poids constant (P_2). Ainsi le taux d'humidité est exprimé par :

$$\text{Taux d'humidité} = \frac{P_1 - P_2}{PE} \times 100 \text{ avec } P_1 - P_2 = \text{Poids d'eau; PE = Poids de l'échantillon.}$$

Ensuite, le taux de matières sèches est calculé selon la formule suivante :

$$MS = 100 - TH \text{ Avec MS : taux de matières sèches ; TH : taux d'humidité}$$

1.2. Méthodes de dosage des protéines

Contrairement aux sucres et aux lipides, les protéines contiennent de l'azote. Cette propriété sera exploitée dans la méthode de détermination de la teneur en protéines dans les aliments.

La méthode Kjeldahl est la méthode de référence pour la détermination des protéines dans les aliments. Il existe deux versions de la méthode qui utilisent le même principe: la méthode macro-Kjeldahl et la méthode micro-Kjeldahl. Elles diffèrent seulement par l'appareillage utilisé et les quantités d'échantillon; la masse d'échantillon analysée par la méthode macro-Kjeldahl est environ 5 fois plus élevée que celle analysée par la méthode micro-Kjeldahl. (Anonyme, 1977)

Principe de la méthode

La détermination des protéines par la méthode Kjeldahl s'effectue en trois étapes:

Étape 1: Digestion ou minéralisation de l'échantillon

Pendant l'étape de la digestion, l'azote protéique est transformé en azote ammoniacal par oxydation de la matière organique dans l'acide sulfurique concentré à 350 °C, en présence d'un catalyseur et d'un sel:

- l'acide sulfurique concentré a pour but d'oxyder la matière organique et de transformer l'azote protéique en ammoniac NH₃. Il sert également à piéger l'ammoniac gazeux sous la forme de sulfate d'ammonium, par action de la base avec l'acide:
- l'addition du sel K₂SO₄ a pour but d'élever le point d'ébullition de la solution pour accélérer la réaction de minéralisation de la matière organique.
- le catalyseur utilisé peut être Hg (HgO), Cu (CuSO₄).

Étape 2: Distillation de l'ammoniac

Avant de distiller l'ammoniac à la vapeur d'eau, on doit libérer l'ammoniac sous la forme du sel (NH₄)₂SO₄ par l'addition d'une solution concentrée de NaOH en excès:

L'ammoniac est ensuite distillé par la vapeur d'eau et piégée dans une solution d'acide borique. L'ammoniac réagit avec l'acide borique pour former des sels borates d'ammonium.

Étape 3: Titrage de l'ammoniac

L'ammoniac sous la forme de borates d'ammonium est titré directement à l'aide d'une solution standardisée d'acide, tel Hcl ou H₂SO₄, et d'un indicateur:

On fait un blanc en mettant tous les réactifs sauf l'échantillon, pour soustraire l'ammoniac contenu dans les réactifs de l'ammoniac contenu dans l'échantillon.

Calcul du taux de protéines dans l'échantillon

Le pourcentage de protéines dans l'échantillon est obtenu en multipliant le pourcentage d'azote par un facteur F dépendant du type d'aliment analysé.

$$\% \text{ protéines} = \% \text{ N} \times \text{F} = \frac{(VE - VB) \times N_{hcl} \times 14,01 \times F}{M(\text{echantillon})}$$

Avec VB : volume de la base NaOH, VE : volume de l'acide hcl à l'équilibre ; N : Normalité de l'acide Hcl, F : facteur ; M masse de l'échantillon.

Pour les aliments dont on ne connaît pas la protéine principale ou qui sont préparés avec des ingrédients contenant plusieurs types de protéines, on utilise le facteur général de 6,25.

La valeur du taux d'azote obtenue par la méthode Kjeldahl n'est pas une valeur exacte du contenu d'azote protéique dans l'échantillon, car l'azote des acides aminés libres, des acides nucléiques, des sucres aminés sont inclus.

La valeur du pourcentage de protéines n'est pas non plus une valeur exacte, car le facteur utilisé tient compte uniquement de la principale protéine contenue dans l'aliment.

Lorsqu'on rapporte les résultats, on doit indiquer que les valeurs sont obtenues par la méthode Kjeldahl, en mentionnant le facteur utilisé. Les facteurs affectant la précision et l'exactitude des résultats sont : l'erreur sur le volume de HCl pour titrer le blanc, la concentration inexacte de la solution titrante de HCl, la perte d'ammoniac pendant la distillation, le temps de digestion trop court pour minéraliser tout l'échantillon. Le Volume trop petit de HCl requis pour titrer les échantillons.

1.3. Teneur en matières grasses

La matière grasse est extraite par l'hexane à reflux à 65 °C pendant 8 h en utilisant la méthode de Soxhlet (**AFNOR, 1977**). Trois (3) g de l'échantillon sont introduits dans une cartouche de Kugamawa. L'appareil est réglé à la température fixe de 60 °C. Cent (100) ml d'hexane versés dans le filtre et doivent entièrement être écoulés. Le ballon préalablement taré est séché à l'étuve jusqu'à évaporation complète de l'hexane puis pesé à poids constant. La teneur en matière grasse se détermine comme suit :

$$\text{Taux de matière grasse} = \frac{\text{Poids de l'huile extrait} \times 100}{\text{Poids de l'échantillon}}$$

1.4. Teneur en cendres

Les cendres sont déterminées après incinération (**Anonyme, 1977**). Soit P_0 le poids du creuset vide. Cinq (5) g d'échantillon + creuset sont pesés donnant un poids P_1 . L'ensemble est ensuite placé dans un four à moufle de 550 à 600 °C pendant 24 h.

Après refroidissement au dessiccateur, on pèse à nouveau le creuset contenant l'échantillon :

$$\% \text{ de cendres} = \frac{(P_1 - P_2) \times 100}{PE} \quad \text{avec : } P_0 = \text{Poids du creuset vide ; } P_1 = \text{Poids d'échantillon creuset avant l'incinération ; } P_2 = \text{Poids d'échantillon + creuset après l'incinération et } PE = P_1 - P_0 = \text{Poids de l'échantillon.}$$

1.5. Méthodes de détermination de la teneur en glucides

Les teneurs en glucide des rations ont été déterminées selon la formule suivante :

$G = 100 - (P + MG + C)$ avec G = quantité de glucides ; P = quantité de protéines ; MG = quantité de matières grasses ; C : cendres

1.6. Calcul de l'énergie métabolisable

Après formulation des régimes alimentaires des poulets de chair, un échantillon de 100 g de chaque régime a été analysé. L'énergie métabolisable des régimes a été estimée grâce à la formule ci-dessous :

$EM = (4XG) + (4XP) + (9XMG)$ avec G = quantité de glucides ; P = quantité de protéines ; MG = quantité de matières grasses ; EM = énergie métabolisable en kcal

2. Formulations des rations

Quatre (4) rations expérimentales de type démarrage- croissance pour poulets de chair ont été formulées. Il s'agit des rations R0, R33, R66 et R100. La ration R0 est constituée de 50 kg d'aliment IVOGRAIN, de 0 kg farine de chenille et de 2kg farine de poisson. La ration R33 est constituée de 50 kg d'aliment IVOGRAIN, de 0,66 kg farine de chenille et de 1,34 kg farine de poisson. La ration R66 est constituée de 50 kg d'aliment IVOGRAIN, de 1,34 kg farine de chenille et de 0,66kg farine de poisson. La ration R100 est constituée de 50 kg d'aliment IVOGRAIN, de 2 kg farine de chenille et de 0 kg farine de poisson.

3. Traitements sanitaires

Les traitements ont commencé par l'administration de hipragumboro CH/80 dès la mise en lot des poussins le premier jour de l'expérimentation. Ce vaccin lutte contre la maladie du gumboro dû à un bimavirus. Du 5eme jour au 8eme jour les poulets ont été traité avec veta-coxs qui est un produit pour traiter la coccidiose et avec amin'total qui est une complexe vitamine, acides aminés et oligo -elements utilisé pour une vitaminothérapie. Au 14eme jour le vaccin hipragumboro CH/80 a été renouvelé. Au 16eme jour le vaccin la sota a été administré au poulet pour lutter contre le pseudo peste aviaire ou maladie de Newcastlé due à un paramyxovirus. Du 16eme jour au 18eme jour, Tyldox, une combinaison d'antibiotiques à large spectre et à effet additifs a été administrée aux poulets pour traiter les maladies à germes sensibles. Du 20eme jour au 23eme jour, Coli-terravet, un produit pour prévenir le stress chez les poulets a été administré. Au 24eme jour le vaccin, la sota a été renouvelé. Du 29eme jour au 30eme jour, Superhipracox , un médicament pour traiter la coccidiose a été administrée .

4. Evaluations des performances zootechniques des poulets ayant consommé les rations formulées

Quatre(4) lots de 25 poussins de chair expérimentaux ont été nourrit aux différentes rations afin de faire une évaluation des performances zootechniques des poulets de chair (consommation individuelle alimentaire, I.C, Gain de poids, G.M.Q, taux de mortalité; Rendements carcasse, organe et gras abdominal des viandes de poulet de chair).

Au démarrage, les poussins sont pesés individuellement afin d'avoir une idée sur leur poids moyen. Les poussins sont ensuite répartis de manière aléatoire en quatre lots selon les rations avec une densité de 10 sujets/m² jusqu'à l'abattage des poulets. A partir de ce moment, chaque groupe de poussins est nourri avec de l'aliment expérimental jusqu'à la vente. Les quantités d'aliment servies et les refus sont pesés pour en déduire la consommation. Les pesées ont par la suite été hebdomadaires et individuelles à l'aide d'une balance mécanique de précision 50g à partir de la 2^{ème} semaine. Ces pesés ont permis l'estimation de l'évolution pondérale.

4.1. Poids moyens des poulets de chair

Le poids vif moyen est le rapport de la somme des poids des individus d'un même lot par leur effectif.

4.2. Gains moyens quotidiens des poulets pendant la période d'essai (GMQ)

Les mesures hebdomadaires des poids répertoriés, ont permis de calculer le gain moyen quotidien en faisant le rapport du gain pondéral pendant une période sur la durée correspondante.

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

4.3. Consommations alimentaires individuelles des poulets de chair (CAI)

La consommation alimentaire individuelle permet d'évaluer les quantités d'aliments consommés par animal sur une période de temps déterminée. Elle se calcule à partir de la quantité d'aliment distribuée et celle refusée.

$$CAI = \frac{\text{Quantité d'aliments distribuée}(g) \text{ par jour} - \text{Quantité d'aliments refusée}(g) \text{ par jour}}{\text{Nombre de sujets}}$$

4.4. Indice de consommation des poulets de chair pendant la période d'essai (IC)

C'est le rapport entre la quantité moyenne d'aliment consommée sur une période donnée et le gain de poids moyen correspondant à cette période.

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

4.5. Rendements organes (RO)

Il consiste à faire le rapport entre le poids de l'organe (foie, cœur, gésier) et le poids vif du sujet à l'abattage. Il est exprimé en pourcentage.

$$\text{Rendement organe} = \frac{\text{Masse organe} \times 100}{\text{Masse du poulet vif}}$$

4.6. Rendement carcasse des poulets de chair (RC)

Le rendement carcasse (%) est calculé en faisant le rapport du poids carcasse sur le poids vif du sujet à l'abattage exprimé en pourcentage.

Après 35 jours d'expérimentation, 12 poulets de chair ont été abattus, plumés et pesés. Ensuite les têtes, pattes et viscères des poulets ont été enlevés afin d'obtenir les carcasses qui ont été pesées. Ainsi, les rendements carcasse ont été calculés selon la formule ci-dessous :

$$\text{Rendement carcasse} = \frac{\text{Masse de carcasse} \times 100}{\text{Masse du poulet plumé}}$$

4.7. Taux de gras abdominal des poulets de chair

Pour déterminer le taux de gras abdominal, la graisse abdominale des poulets a été extraite et pesée. Le taux de gras abdominal a été calculé selon la formule suivante :

$$\text{Taux de gras abdominal} = \frac{\text{Masse de la graisse abdominale} \times 100}{\text{Masse du poulet plumé}}$$

5. Taux de mortalité (TM)

Le taux de mortalité (%) correspond au rapport du nombre total de mortalités sur l'effectif initial des sujets exposés.

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

6. Evaluations sensorielles des viandes de poulet de chair ayant consommé les rations formulées

6.1. Composition du jury d'évaluation

Le panel de dégustation était constitué de 70 personnes choisies au hasard dans la cours de l'Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa). Ces personnes sont 54 hommes et 16 femmes dont 42 étudiants, 4 enseignants, 10 vigiles et 14 ouvriers.

6.2. Préparation des échantillons

Trois (3) poulets choisis au hasard ont été abattus par lot. Les cuisses, ailes et poitrines ont été découpées. Ces morceaux sont regroupés par lot et frites pendant 20 min dans 0,5 litre d'huile à 150°C avec des quantités égales d'oignon, de piment et de sel.

6.3. Description de l'évaluation

Le goût, la couleur, la texture et l'odeur des différents morceaux des cuisses, des ailes et des poitrines ont été appréciés. La méthode employée a été des fiches à renseigner par des croix selon les quatre critères d'appréciations, le gout (doux, fade), l'odeur (de brûlé, de poisson, de chenille), la texture (ferme, souple), couleur (rouge, blanche) Ainsi, les personnes qui ont

reçu les échantillons de viande cuite, ont-ils marqué, par une croix leur appréciation du goût, couleur, texture et odeur des différents morceaux.

7. Analyse statistique des données

Les analyses des résultats obtenus et la comparaison des moyennes entre les différents traitements alimentaires, ont été effectuées par le test d'analyse de variance (ANOVA) au seuil de 5 % à l'aide du logiciel (Statistica 7.1), complété par le test de Turkey lorsque le test d'ANOVA a montré une différence significative.

TROISIEME PARTIE: RESULTATS ET DISCUSSION

I. RESULTATS

1. Caractérisation chimique des farines de chenille (*Imbrasia oyemensis*) et de poisson (*thunnus albacares*)

La farine de chenille a la même teneur en humidité et en matière grasse que la farine de poisson mais plus riche en protéine que celle de poisson. En revanche elle est plus pauvre en cendres que celle de poisson (**Tableau II**).

2. Caractérisation physicochimique des rations.

2.1. Ration de démarrage

Le taux d'humidité est identique dans les rations R0 à R100. Le taux de cendre diminue à mesure que le taux de chenille augmente dans les rations. La teneur en glucide est presque constante de la R0 à R100. La valeur énergétique de la ration R100 est plus élevée que celle des autres rations qui sont sensiblement identiques. Le taux de protéine augmente progressivement de R0 à R100 (**Tableau III**).

2.2. Ration de croissance

Le taux d'humidité est constant dans les rations. Le taux de cendre et de matière grasse diminue avec l'augmentation du taux de chenille dans les rations. Quant à la teneur en protéine, elle est faible dans la ration R0 (7,07%) par rapport aux autres rations ou elle a une teneur constante. La teneur en glucides est faible dans la ration R33 (62,65%) et est plus élevés dans les autres rations. La valeur énergétique diminue lorsque la quantité de chenille augmente (**Tableau IV**).

3. Evaluations des performances zootechniques des poulets ayant consommé les rations formulées

3.1. Croissance en poids vifs pendant la période de l'essai (PV)

Une augmentation pondérale est constatée dans tous les traitements en fonction du temps. Pendant tout l'essai, les poids des oiseaux ne diffèrent pas significativement ($p > 0,05$). A la fin de l'expérience le poids des oiseaux du traitement R0 est de 2241,60 g. Quant aux traitements R33, R66 et R100, les poids sont respectivement de 1785,30 g, de 1908,60 g et de 1803,20 g. Les oiseaux ayant reçu la farine de chenille en complément (R100) ont les plus faibles poids alors que les poids les plus élevés ont été enregistré chez les animaux qui ont consommé l'aliment complémentaire de farine de poisson (R0) En effet il n'existe pas de

Tableau II: caractérisation chimique des farines

Composition chimique (% MS)					
	matière sèche	Humidité	Cendre	matière grasse	Protéines
Fp	95, 3± 0,32a	4,70 ± 0,11b	7,73 ± 0,09a	20,78 ± 0,24c	18,56 ± 0,14 a
Fc	94,43± 0,33a	5,56 ± 0,33b	2,17 ± 1,41b	19,43 ± 0,27c	33,57 ± 0,23 b

a, b, c, moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents (p <0,05)

Fc : farine de poisson

Fp : farine de chenille

Tableau III: Ration de démarrage

Composition chimique (% MS)							
	Matière sèche	Humidité	Cendre	matière grasse	Protéines	Glucides	VE
R0	93,88± 0,01 a	6,12 ± 0,01a	7,50 ± 0,11a	7,91 ± 0,09a	11,39 ± 0,30a	67,08 ± 0,39a	385,07 ± 0,42 a
R33	93,25± 0,33a	6,75 ± 0,33a	7,12 ± 0,08a	7,33 ± 0,10a	12,25 ± 0,14b	66,54 ± 0,66a	381,17 ± 1,18a
R66	93,98± 0,03a	6,02 ± 0,03a	6,42 ± 0,04b	7,24 ± 0,31a	12,67 ± 0,07b	67,65 ± 0,36a	386,17 ± 1,69a
R100	93,94± 0,02a	6,06 ± 0,02a	6,17 ± 0,04b	8,84 ± 0,14b	13,74 ± 0,07c	65,17 ± 0,14b	395,17 ± 0,62b

a, b, c : moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même colonne sont significativement différents (p <0,05)

Tableau IV: Ration de croissance

Composition chimique (% MS)							
	matière sèche	Humidité	Cendre	matière grasse	Protéines	Glucides	VE
R0	93,5± 0,01 a	6,50 ± 0,01a	6,18 ± 0,08a	13,10 ± 0,11a	7,07 ± 0,24a	67,17 ± 0,07a	414,82 ± 0,25a
R33	93,62± 0,01 a	6,40 ± 0,02a	6,28 ± 0,04a	11,88 ± 0,21b	12,79 ± 0,27b	62,65 ± 0,51b	408,71 ± 0,84b
R66	93,66± 0,02 a	6,37 ± 0,03a	5,39 ± 0,13b	9,11 ± 0,25c	13,03 ± 0,07b	66,09 ± 0,06 c	398,51 ± 0,40c
R100	93,77 ± 0,03 a	6,28 ± 0,04a	4,75 ± 0,00c	7,70 ± 0,11d	13,39 ± 0,07b	67,89 ± 0,16d	394,41 ± 0,05d

Les valeurs moyennes de la même colonne indexée de la même lettre ne sont pas statistiquement différents selon le test de Turkey au seuil 5%.

différence significative entre les poids des animaux des rations R0, R33, R66, R100, qui ont été soumis respectivement aux traitements 0%, 33%, 66%, 100% de complément de la farine de chenille. Pendant tout l'essai, le mode alimentaire n'a pas significativement influencé le poids des animaux (**Figure 5**).

3.2. Gain moyen quotidien des poulets de chair (GMQ)

Le **tableau V** présente l'évolution du gain moyen quotidien (GMQ) en fonction du temps et des traitements. Sur toute la durée de l'expérimentation, aucune différence significative ($p < 0,05$) n'est notée entre les GMQ des oiseaux des différents traitements. Pendant le démarrage, le GMQ des oiseaux du traitement R0 (42,98g) est supérieur respectivement aux GMQ des traitements R100 (40,26 g), R66 (39,26 g) et R33 (34,59 g). Pendant la croissance, le GMQ des oiseaux du traitement R0 (56,48%) est supérieur respectivement aux GMQ des traitements R66 (56,14 g), R33 (52,33 g) et R100 (47,34 g). Aucune différence significative n'est constatée entre les GMQ des poulets soumis aux différents traitements ($p > 0,05$). Le plus faible GMQ a été enregistré au niveau du traitement R33. Sur l'ensemble de l'essai, les GMQ des oiseaux des traitements sont, R0 (52,38 g), R33 (41,69 g) et R66 (45,99 g) et R100 (43,09 g). Les oiseaux du traitement R0 ont donc affiché le meilleur GMQ (52,38 g), suivi du traitement R66 (45,99 g) et enfin le traitement R100 (43,09 g).

3.3. Indice de consommation (IC)

Pendant tout l'essai les IC des oiseaux ne diffèrent pas significativement. Pendant tout l'essai les poids des oiseaux ne diffèrent pas significativement. Les indices de consommation (IC) sont plus élevés au démarrage (2,17 à 2,32) et plus faibles en période de croissance (1,35 à 2,09). Les indices de consommation varient entre 1,88 et 2,19 pendant toute la période d'essai. Les faibles valeurs sont enregistrées pour les rations R66 au démarrage (2,17), R33 en croissance (1,35) et R66 (1,88) durant l'essai. En revanche les valeurs les plus élevées sont notées pour les rations R0 démarrage, R100 en croissance et R100 pour toute la période de l'essai (**Tableau VI**).

3.4. Consommations alimentaires individuelles (CAI)

Les évolutions de la consommation alimentaire des poulets de chair sont présentées dans le **tableau VII**.

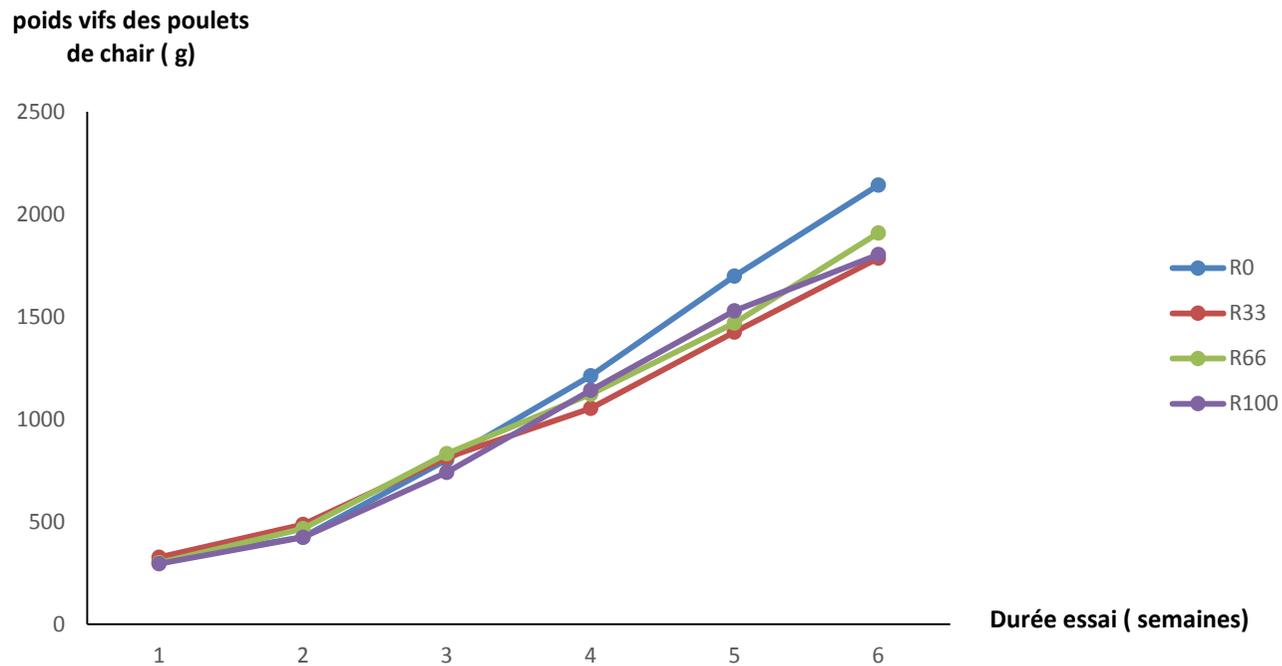


Figure 5 : Evolution des poids vifs des poulets durant la période expérimentale

Tableau V: gain moyen quotidien(GMQ)

GMQ (g/jour)		Traitements			
		R0	R33	R66	R100
Démarrage	Semaine 3-5	42,98 ± 18,69a	34,59 ± 9,68a	39,21 ± 11,73a	40,26 ± 16,19a
croissance	Semaine 6-7	56,48 ± 3,17b	52,33 ± 0,82b	56,14 ± 6,79b	57,34 ± 8,14b
Essai	semaine 3-7	42,38 ± 18,60c	41,69 ± 11,49c	45,99 ± 13,03c	43,09 ± 13,99c

a, b, c: moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même ligne sont significativement différents (p < 0,05).

Tableau VI: Indice de consommation

I C		Traitements			
		R0	R33	R66	R100
Démarrage	Semaine 3-5	2,32 ± 1,00a	2,29 ± 0,49a	2,17 ± 0,49 a	2,25 ± 0,67a
Croissance	Semaine 6-7	1,45 ± 0,06b	1,35 ± 0,02b	1,45 ± 0,17b	2,09 ± 0,35b
Essai	semaine 3-7	1,97 ± 0,88c	1,91 ± 0,60c	1,88 ± 0,53c	2,19 ± 0,57c

a, b, c : moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même ligne sont significativement différents (p <0,05).

Tableau VII: consommation alimentaire individuelle

CAI (g/sujet/j)		Traitements			
		R0	R33	R66	R100
Démarrage	Semaine 3-5	81,16 ± 14,34a	74,48 ± 5,83a	80,36 ± 18,13a	79,92 ± 15,50a
Croissance	Semaine 6-7	86,00 ± 0,57b	70,59 ± 0,00b	80,00 ± 0,00b	86,00 ± 0,00b
Essai	semaine 3-7	87,10 ± 13,28c	72,92 ± 4,90c	80,22 ± 14,05c	86,35 ± 14,36c

a b et c, d : moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même ligne sont significativement différents (p <0,05)

Au démarrage la consommation R0 (81,16 g/sujet/j) est supérieure à celle des autres R33 (74,48 g/sujet/j, R66 (80,36 g/sujet/j), R100 (79,92 g/sujet/j). Pendant la croissance les consommations R0 et R100 (86,00g/sujet/j) sont identiques et supérieures à celles de R33 (70,59g/sujet/j) et R66 (80,00 g/sujet/j). Pendant tout l'essai les consommations alimentaires des animaux des traitements R33 (72,92g/sujet/j) et R66 (80,22 g/sujet/j) sont restées inférieures à celles des autres traitements R0 (87,10g/sujet/j) et R100 (86,35 g/sujet/j) les consommations alimentaires individuelles les plus élevés sont notés pour R0 au démarrage, en croissance et durant tout l'essai. En revanche les consommations alimentaires individuelles les plus faibles sont enregistrées pour la ration R33. Pendant tout l'essai, aucune différence significative n'est enregistrée entre les différents traitements ($p>0,05$).

3.5. Rendements carcasse et gras abdominal

Les rendements de carcasse ont varié de 78,79 % à 92,62%. La plus grande valeur a enregistré pour R33 (92,62%) et la plus petite pour R66 (78,79 %). Les rendements du gras abdominal ont varié entre 1,44% et 2,11% avec la plus grande valeur pour R66 (2,11%) et la plus faible R0 (1,44%). Toutefois il n'y a pas de différence significative entre les carcasses et les gras abdominaux des différents traitements (**Tableau VIII**).

3.6. Rendements autres organes

Les rendements du cœur ont varié de 0,3 à 0,4. La plus grande valeur a été enregistrée pour R0, R33 et R66 (0,4) et la plus petite pour R100 (0,3). Les rendements du foie se situaient entre 2% et 3% avec la plus grande valeur pour R33 (3%) et la plus faible R0 (2%). Les rendements du gésier variaient entre 1,9 et 2,6% (R100). Les rations R33 et R66 ayant présenté respectivement 2,5 et 2,1% (**Tableau IX**).

4. Taux de mortalité (TM)

Aucun mort n'a été enregistré dans les lots R0 et R100. En revanche, le taux de mortalité le plus élevé a été noté pour le lot R66 (40%) suivi de R33 (32%). (**Tableau X**)

Tableau VIII: Rendements carcasse et gras abdominal

Rendement partie du poulet (%)	R0	R33	R66	R100
Rd carcasse	80,02 ± 3,18a	92,62 ± 5,51b	78,79 ± 9,20a	89,13 ± 7,63b
Rd gras abdominal	1,44 ± 0,10b	1,86 ± 0,18b	2,11 ± 0,43b	2,00 ± 0,68b

a et b: moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même ligne sont significativement différents (p <0,05).

Tableau IX: Rendements autres organes

Rendement autres organes (%)	R0	R33	R66	R100
Cœur	0,43 ± 0,08a	0,45 ± 0,08a	0,45 ± 0,09a	0,39 ± 0,05a
Foie	2,09 ± 0,21b	3,09 ± 0,19c	2,38 ± 0,27b	2,42 ± 0,37b
Gésier	1,93 ± 0,16d	2,55 ± 0,12d	2,18 ± 0,79d	2,60 ± 0,28d

a, b, c; d: moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même ligne sont significativement différents (p <0,05).

Tableau X : Mortalité des poulets de chair pendant la période d'essai

Rations		R0	R33	R66	R100	Total
effectif initial		25	25	25	25	100
Mortalités						
Démarrage	semaine 3	0	0	0	0	0
	semaine 4	0	1	0	0	1
	semaine 5	0	3	2	0	5
	semaine 6	0	4	8	0	12
Croissance	semaine 7	0	0	0	0	0
	Total	0	8	10	0	18
	taux de mortalité (%)	0	32	40	0	18

5. Evaluations sensorielles des poulets de chair ayant consommés les rations formulées

Les viandes des poulets de tous les traitements (R0 à R100) ont été reconnues comme viandes blanches en général par le jury. (Figure 6).

Les traitements R0 et R100 ont sensiblement la même saveur douce et juteuse contrairement à R33 et R66 qui semblent moins apprécié par le jury (figure 7).

L'odeur caractéristique des chenilles a été de plus en plus relevée dans les viandes lorsque la quantité de chenille augmentait dans les rations (de R0 à R100). (Figure 8a et 8b).

Les viandes ont été de plus en plus fermes lorsque la quantité de farine de chenille augmentait dans les rations (de R0 à R100) (figure 9).

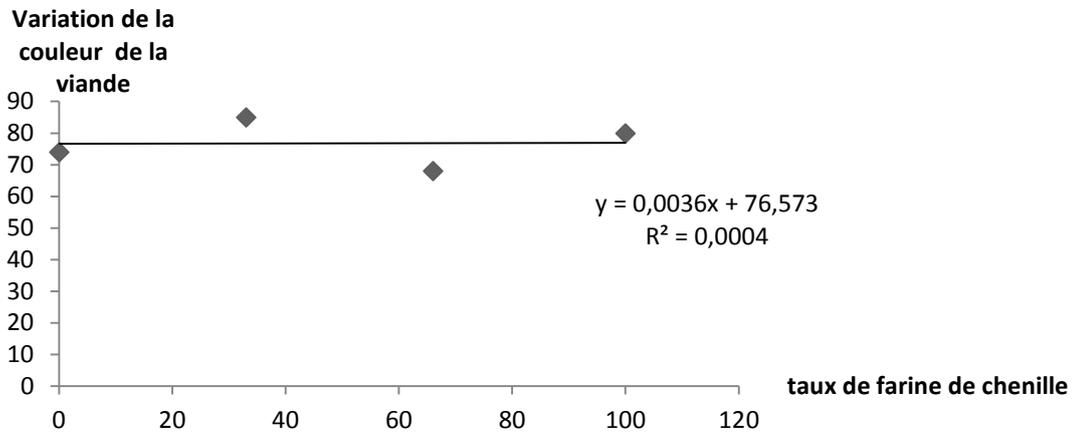


Figure 6 Effet du taux de farine de chenille sur la couleur de viande de poulet

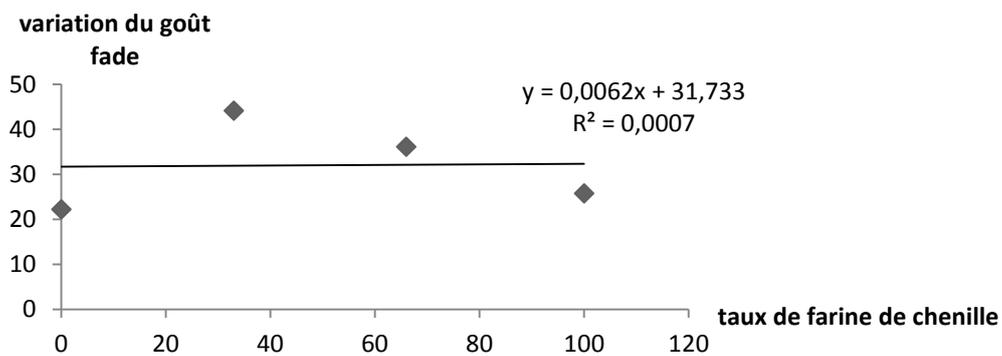


Figure 7 Effet du taux de farine de chenille sur le goût fade de la viande de poulet

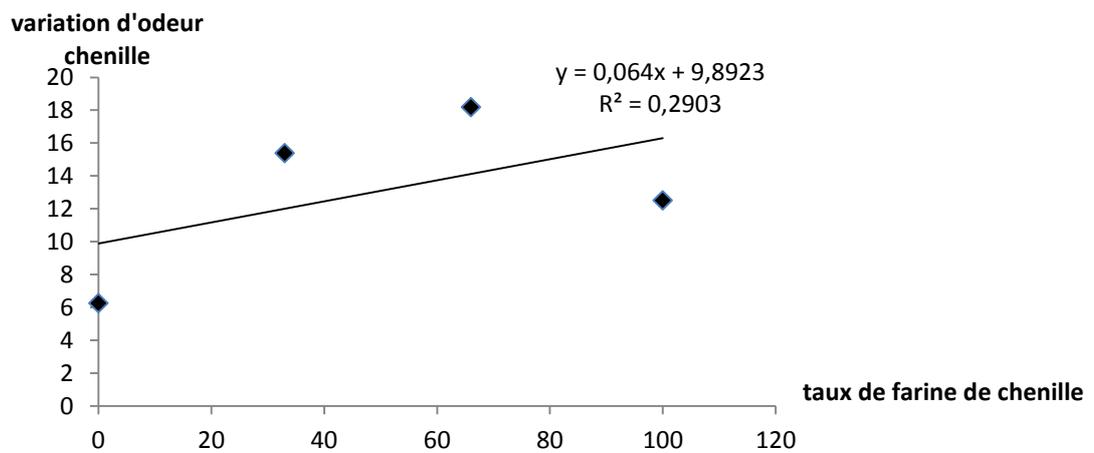


Figure 8a Effet du taux de farine de chenille sur l'odeur chenille de la viande de poulet

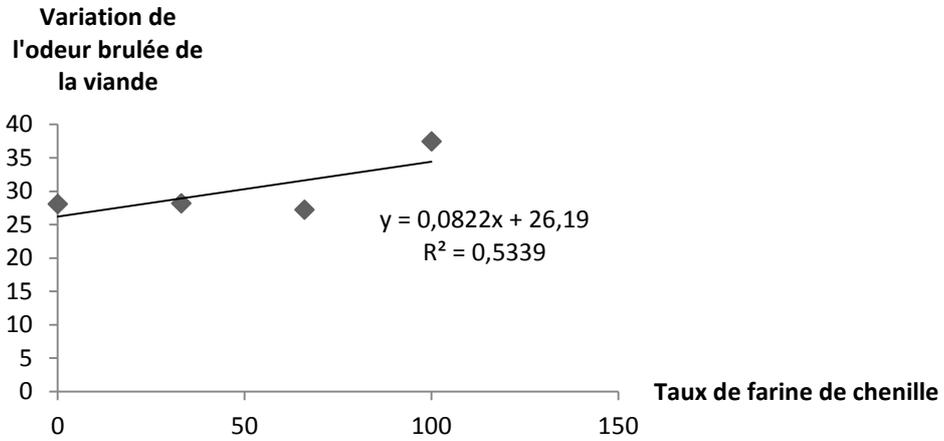


Figure 8b Effet du taux de farine de chenille sur l'odeur brulé de la viande de poulet

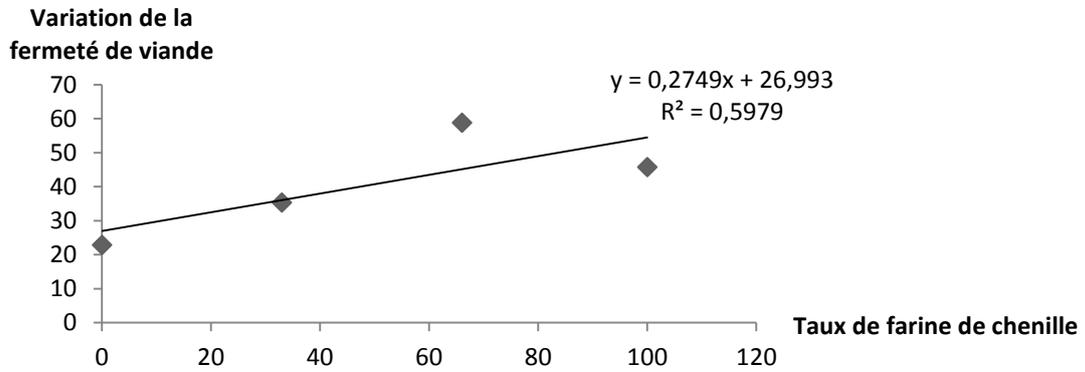


Figure 9 : Effet du taux de farine de chenille sur la fermeté de la viande de poulet

II. DISCUSSION

1. Caractéristiques physicochimiques des farines de chenille et de poisson et des rations ayant servis à nourrir les poulets de chair.

La farine de chenille constitue une importante source de protéine (33%) pour l'alimentation humaine et animale. Sa teneur en protéine est inférieure à celle d'asticot (59,65%) et farine de coproduit de volaille (61,54%) selon les travaux de **Ouedraogo et al. (2015)**. Cette différence pourrait être due au mode de traitement thermique subi par la chenille par les paysannes qui dénaturaient la chenille. Les taux de protéine obtenus par la présente étude sont inférieure à ceux de plusieurs auteurs (**Diomandé et al., 2008; Ouedraogo et al., 2015**). Ces auteurs ont travaillé respectivement sur des farines d'escargot (*A.fulica*) comparées à celle de poisson dans l'alimentation de poulet de chair en Côte d'Ivoire et sur les farines d'asticots et coproduit de volailles dans l'alimentation de poulet au Burkina Faso. Les différentes techniques de transformation de ces farines et la nature pourraient être les raisons de ces différences entre les teneurs en farine de poisson. La farine de chenille présente une faible teneur en cendres ce qui implique que son incorporation dans les rations alimentaires de poulet doit s'accompagner de leur complémentation en minéraux. Sa teneur en matière grasse (19%) est sensiblement identique à celle de poisson (20%) dans cette étude. Cette teneur en matière grasse est supérieure à celle de poisson (10%) et escargot (4%) obtenue par **Diomandé et al. (2008)**. Ce résultat indique que la farine de chenille peut être utilisée pour l'engraissement des poulets (finition).

Les farines animales locales peuvent être utilisées en alimentation des poulets de chair en remplacement du concentré azoté importé. Ainsi la farine de chenille (*Imbrasia oyemensis*) a été utilisée en remplacement de la farine de poisson dans les rations de poulet de chair.

Les résultats indiquent que l'augmentation progressive de farine de chenille dans les rations n'a pas modifié significativement la M.S, M.G et les glucides des rations du démarrage.

En revanche, les taux de cendres ont diminué tandis que les taux de protéines et la V.E a augmenté. Ces variations des composants chimiques sont liées à la composition chimique des farines de chenille. **Akpossan et al. (2009)** ont obtenu des teneurs en protéines supérieur (57% vs 33%) à celle de la présente étude pour les mêmes chenilles. Cette différence pourrait être liée au mode de séchage, broyage et conservation des chenilles.

En période de croissance, les résultats montrent que les taux de matières sèches et glucides sont constants lorsque la quantité de farine de chenille augmente dans les rations des poulets. Par contre, les teneurs en cendres, en matières grasses et la valeur énergétique ont diminué avec le taux d'incorporation de plus en plus croissant. Seule la valeur en protéines a augmenté avec les taux croissants de farine de chenille dans les rations.

2. Performances zootechniques des poulets de chair

Les poids vifs des poulets ont augmenté durant l'essai de 300 g à 2241 g pou R0 et à 1785 g, 1908 g et 1803 g respectivement pour R33, R66 et R100. Cependant l'analyse statistique n'a montré aucune différence significative entre les traitements ($p > 0.05$).

Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par **Ouedraogo et al. (2015)**, ces auteurs ayant utilisé les farines d'asticot et de coproduit de volaille dans l'alimentation de poulet au Burkina Faso (227,52 à 958,5 g). Cette différence peut s'expliquer par la composition de la ration alimentaires lors de ces essais.

Les GMQ ont varié entre 41,6 et 52,3 g/jour. Ces valeurs sont supérieures à celles obtenues par **Dongmo et al. (2000)** au cours de leurs essais de farine de sang, de poisson, de poisson et sang combinés dans la nutrition de poulet de chair au Cameroun (GMQ variant entre 19 et 27 g/jour). Ces résultats s'expliquent par les compositions chimiques différentes des farines de chenille, de poisson et de sang. La farine de chenille présenterait les meilleures valeurs pour les volailles.

Au cours de cet essai, les IC ont varié entre 1,8 et 2,1. Ces indices sont inférieurs à ceux obtenus par **Dongmo et al., 2000 ; Diomandé et al., 2008 et Ouedraogo et al., 2015** qui ont obtenus respectivement 2,5 à 2,4 ; 2,3 à 2,4 et 2,3 à 2,7 pour des essais de farines animales dans les rations de poulet de chair. Les farines de chenille favoriseraient de meilleures conversions alimentaires au niveau des poulets de chair car plus l'IC est faible, meilleur est l'aliment.

Les CAI variaient entre 72,9 et 87,1 g/sujet/j. Ces valeurs sont plus élevées que celles de **Dongmo et al. (2000)** 51,8 à 68,3 g/sujet/j et plus faible que celles de **Ouedraogo et al. (2015)**. Ces résultats indiquent que les aliments supplémentés par les farines de chenille ont été plus apprécié et donc plus consommés par les poulets de chair.

L'incorporation de la farine de chenille n'a eu aucun effet néfaste sur le rendement carcasse des sujets par rapport aux témoins (R0). Les rendements carcasses (78-92%) obtenus à l'issue de la présente étude sont similaires à ceux (64-94%) obtenus par **Diomandé et al. (2008)** et ces auteurs ont travaillé sur l'incorporation de la farine d'escargot (*A.fulica*) en Côte d'Ivoire. Quant aux rendements en gras abdominal des différents traitements, l'analyse statistique montre aucune différence significative ($p > 0,05$) entre ceux-ci, les taux de gras abdominal obtenus dans la présente étude sont inférieurs à ceux de **Diomandé et al. (2008)**. On peut dire alors que la farine de chenille favorise peu la formation de tissu adipeux chez les sujets.

La similarité obtenue pour les poids du cœur et du gésier des sujets des traitements R33, R66 et R100 par rapport au témoin R0 explique que la farine de chenille n'a eu d'effets néfastes marqués sur le fonctionnement de ces organes.

En revanche, l'analyse statistique des données a montré une différence significative ($p < 0,05$) entre les poids du foie R33 et les autres. L'augmentation du poids du foie dans le traitement R33 peut être liée à la nécessité de cet organe d'augmenter son efficacité. En effet le foie est un centre important de détoxification de l'organisme.

Les taux de mortalités sont notés pour les rations à farine de poisson et de chenille mélangée à 33% et 66% d'incorporation de farine de chenille. Lorsque les rations sont à 100% de farine de poisson ou de farine de chenille il n'y a pas de mortalités. Le mélange de farine de chenille à la farine de poisson influencerait la mortalité. Ces résultats sont en accord avec ceux de **Ouedraogo et al. (2015)** qui ont montré que les mortalités sont élevées pour les régimes base d'asticots. En effet, un régime trop riche en protéines animale induirait une augmentation de la calciurie qui est un facteur de risque de la lithiase calcique ou calculs rénaux.

3. Effets des farines de chenille et de poisson sur les caractéristiques organoleptiques des viandes de poulet de chair

La couleur des viandes est la résultante de quatre composantes dont les deux premières expliquent la couleur du produit frais et les deux dernières, son évolution lors de sa conservation selon plusieurs auteurs. Ces composantes sont respectivement le degré d'acidification (pH), la myoglobine d'une part et d'autre part la myoglobine réduite et l'oxygène (**Normand, 2005 ; Cartier et Moevi, 2007**). Les viandes de poulet ont été en général reconnues comme blanches

par le jury d'évaluation. Cela signifie que la farine de chenille n'a pas modifié la couleur des viandes de poulet qui sont classées parmi les viandes blanches.

La flaveur de la viande correspond aux impressions olfactives et gustatives que l'on éprouve au moment de la dégustation. Les différents composés chimiques responsables de la flaveur de la viande sont libérés principalement au moment de la cuisson selon **Lameloises et al. (1984)**. Ces mêmes auteurs ont montré que les acides aminés et les acides gras sont des précurseurs de la flaveur des viandes. Les valeurs en protéines et en acides gras des farines de chenille et celle de poisson pourraient expliquer les variations constatées au niveau de la saveur des viandes. En effet, les viandes issues des traitements R33 et R66 semblent moins appréciées que celles ayant reçu un seul type de farine animale (R0, R100). La combinaison de différentes sources protéiques aurait un effet défavorable sur la saveur des viandes de poulet. Cependant l'analyse statistique a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements.

La jutosité ou succulence caractérise la faculté d'exsudation de la viande au moment de la dégustation. Elle est le facteur essentiel qui influence le pouvoir de rétention en eau du muscle (**Lameloises et al., 1994**). Il traduit la force de liaison entre l'eau et les protéines de la fibre musculaire. La rétention d'eau dépend de la structure spatiale des protéines des fibres musculaires. L'incorporation de farine de chenille n'a pas modifié la jutosité des viandes issues des différents traitements.

La texture de la viande est représentée par sa tendreté ou par sa fermeté. La tendreté est la facilité avec laquelle une viande se laisse trancher et mastiquer, le contraire d'une viande dure ou ferme, difficiles à mastiquer. Plusieurs auteurs ont montré que la tendreté est la qualité sensorielle la plus déterminante pour le consommateur de viande (**Touraille, 1994**). L'incorporation de la farine de chenille entraîne une diminution de la tendreté de la viande et inversement entraîne une fermeté de plus en plus croissante de la viande. Ce résultat s'expliquerait par la nature, la structure et le mode de transformation des protéines de cette farine de chenille. Les collagènes sont par exemple responsables de la rigidité de certaines protéines tout comme le traitement thermique prolongé.

L'odeur de chenille a augmenté à mesure que la farine de cette chenille augmentait dans les rations. Ces résultats confirment ceux de **Touraille (1994)** qui ont montré que l'odeur des farines animales se retrouve dans la viande des animaux les ayant consommées.

L'odeur boisée croissante des rations indique que la farine de chenille a subi un traitement thermique prolongée entraînant une carbonisation des structures organiques des échantillons de farine de chenille au cours de leur transformation.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au terme de l'expérimentation, on peut retenir que la farine de chenille (*Imbrasia oyemensis*) a même teneur en matière grasse et plus riche en protéine que la farine de poisson (*Thunnus albacares*). Par contre elle a été plus pauvre en cendre que la farine de poisson.

Les performances zootechniques notamment le poids vifs, la consommation alimentaire individuelle, le gain moyen quotidien et l'indice de consommation n'ont pas été significativement modifiées ($P > 0.05$) par les taux variables de farine de chenille dans les rations alimentaires des poulets. Il en a été de même pour les rendements carcasse, gras abdominal, cœur et gésier.

La couleur et le goût de la viande n'ont pas été plus modifiés par l'incorporation de la farine de chenille dans les rations des poulets. En revanche, l'odeur et la fermenté des viandes ont augmenté légèrement avec les taux croissants de chenille dans les rations.

Ainsi la chenille (*Imbrasia oyemensis*) peut être valablement incorporée dans l'alimentation des poulets de chair comme substitut de la farine de poisson (*Thunnus albacares*) sans risque de modifier la production et les caractéristiques des viandes. Elle peut être recommandée dès lors aux aviculteurs comme ressource alternative de protéines pour la volaille dans les pays tropicaux. La détermination des acides aminés, des acides gras de la farine de chenille (*Imbrasia oyemensis*) et son utilisation chez d'autres animaux sont autant de pistes de recherche à explorer pour mieux valoriser cette chenille en nutrition animale et humaine.

Il serait intéressant de recommander sa consommation par les populations car cette chenille peut contribuer à réduire certaines maladies nutritionnelles (carence protéino-énergétique) chez les enfants à bas âge en milieu rural.

REFERENCES

- Akpossan R.A., Ahipo D.E., Kouadio J.P.E.N. & Kouame L.P., 2009.-** Nutritional and physicochemical characterization of the fat caterpillar (*Imbrasia oyemensis*) dried and sold at market Adjame (Abidjan, Ivory coast). *Journal.animal. plantes Sciences.* 3(3), 243-250.
- Angulo-chacon I., 1986.-** Ressources nutritionnelles locales dans un pays tropical. *Revue de l'alimentation animale*, 395 (1): 41-48.
- Anonyme., 1977.-** Produits agricoles et alimentaires : Dosages de l'azote en vue du calcul de la teneur en protéines brutes, des cendres brutes, des matières grasses brutes et de l'humidité. Normes français NF V18-100, 101, 104 et 109 respectivement, Octobre 1977.- Paris : AF-NOR .
- Anonyme., 1989.-** L'alimentation des animaux monogastriques : Porc, lapin, volailles.- 2ème édition. Paris, France : INRA Edition.-282p.
- Anonyme., 1993.-** *Analyse sensorielle - Lignes directrices générales pour la sélection, l'entraînement et le contrôle des sujets - Partie 1 : sujets qualifiés.* International Organization for Standardization, pp 59-86.
- Anonyme., 1995.-** Rapport annuel.-Dakar : DIREL.64p .
- Anonyme.,1985.-**guide d'élevage du poulet de chair .Lyon ISA 20P.
- 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. Médecine Vétérinaire. : Toulouse ; 87, 64P.
- Bartoshuk L.M., 2000.-** Comparing sensory experiences across individuals: recent psychophysical advances illuminate genetic variation in taste perception. *Chemical senses*, 25 (4), 447p.
- Biaou F. C., 1995.-** Contribution à l'étude des causes aggravantes de la maladie de Gumboro dans les élevages des poulets de chair de la région de Dakar.Thèse: Médecine Vétérinaire. : Dakar ; 5 ,103P.
- Bitnes J., RoDbotten M., Lea P., Ueland Y. & Martens M., 2007.-** Effect of product knowledge on profiling performance comparing various sensory laboratories. *Journal of Sensory Studies*, 22 (1), 66-80.

- Brossard C., Martin N., Salles C. & Guichard E., 2012.-** Influences respectives de la texture, de la saveur et de l'arôme vues par un dégustateur, *Texture et flaveur des aliments*, Educagri Editions, pp. 263-292.
- Brugere-picoux J.F. & Savad D., 1987.-** Environnement, stress et pathologie respiratoire chez les volailles. Note 1 : facteurs physiques. *Revue. Médecine.Vétérinaire.*, 138 (4): 339-340 .
- Bruinsma J., 2003.-** World Agricultural : Towards 2015/2030, And FAO Perspective, Rome,Italie, FAO, Earthscan. 432P
- Buldgen A., Detimmerman F., SALL B. & Compere R., 1992.-** Étude des paramètres démographiques et, zootechniques de la poule locale du bassin arachidien sénégalais. *Revue. Elevage. Médecine vétérinaire. Pays trop.*,45 (3-4) : 341-347 .
- Cartier P. & Moevi I., 2007.-** Le point sur la qualité des carcasses et des viandes de gros bovins. *Institut de l'élevage* : paris, France,72p.
- Daillant-Spinnler B., MacFie H.J.H., Beyts P.K. & Hedderley D., 1996.-** Relationships between perceived sensory properties and major preference directions of 12 varieties of apples from the southern hemisphere. *Food Quality and Preference*, 7 (2), 113-126.
- Diomandé M., Koussemon M., Allou K.V. & Kamenan A., 2008.-** Effect of snail (*Achatina fulica*) meal broiler production and meat sensorial quality, *Livestock Research for Rural Development*, 20 (12) paper 2.
- Dongmo T., Ngou Ngoupayou J.D. & Pouille Duplaix M.J., 2000.-** Utilisation de quelques farines animales locales dans l'alimentation du poulet de chair, *Tropicultura*. 18 (3), 122-125.
- Doumbia F., 2002.-** L'approvisionnement en intrants de la filière avicole moderne au Sénégal. Thèse :Médecine. Vétérinaire : Dakar ; 75P.
- Durst P. & Shono K., 2010.-** Edible forest insects: exploring new horizons and traditional practice. In 'Edible Forest Insect: Human Bite Back. Proceedings of a workshop on AsiaPacific resources and their potential for development: Bangkok, Thailand) 231 P.
- Essoh A.F., 2006.-** les importations de viandes de volaille et la filière avicole en Côte d'Ivoire de 1999 à 2003. Thèse de Doctorat de l'École Inter-états des sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar (Sénégal), 153p.

- Ferrando R., 1969.-** Alimentation du poulet de chair et de la poule pondeuse. – Paris : Vigot frères. – 197p.
- Gab-we B., 1992.-** Contribution à l'étude de l'influence de la qualité des lipides alimentaires sur les performances de croissance et l'état d'engraissement du poulet de chair. Thèse: Médecine. Vétérinaire. : Dakar;Senegal. 28P.
- Habamenshi P.E., 1994.-** Contribution à l'étude des circuits de commercialisation du poulet de chair au Sénégal : Cas de la région de Dakar. Thèse : Médecine.Vétérinaire. : Dakar ;64P.
- Harker F.R., Marsh K.B., Young H., Murray S.H., Gunson F.A. & Walker S.B., (2002).-** Sensory interpretation of instrumental measurements. 2: Sweet and acid taste of apple fruit. *Postharvest biology and technology*, 24 (3), 241-250.
- <http://mairiedalooa.php>** situation géographique de Daloa consulté le 29/10/2016
- Ibrahima H., 1991.-** Influence des facteurs climatiques sur l'état sanitaire et les performances zootechniques des poulets de chair dans la région de Dakar (Sénégal) études bibliographiques et observation sur le terrain. Thèse : Médecine.Vétérinaire. : Dakar ; 28P.
- Kebe C., 1989.-** Etude des protéines conventionnelles et non conventionnelles au Sénégal. Thèse : Médecine Vétérinaire : Dakar ; 72P.
- Labbe D., Rytz A. & Hugi A., 2004.-** Training is a critical step to obtain reliable product profiles in a real food industry context. *Food Quality and Preference*, 15 (4), 341-348.
- Lameloise P., Roussel–ciquard N. & Rosset R., 1994.-** Evolution des qualités organoleptiques des viandes : hygiène, technologie. *Info .Technologies .Services. Vétérinaires.*, 88-91, 121-125.
- Larbier M. & Leclercq B., 1991.-** Nutrition et alimentation des volailles.- Paris : INRA Edition.- 355p.
- Larbier M., & Leclercq B., 1992.-** Nutrition et alimentation des volailles.- Paris : INRA Edition.- 352p.
- Lawless H.T. & Heymann H., 1998.-** *Introduction and overview, Sensory evaluation of food: principles and practices*, Chapman & Hall, pp. 1-27.
- Lesschaeve I. & Issanchou S., 1996.-** Could selection tests detect the future performance of descriptive panellists? *Food Quality and Preference*, 7 (3-4), 177-183.

- Ligban R., Gone L.D., Saly M.B & Biemi J., 2009.-** Processus hydrogéo-chimique et origine des sources naturelles dans le degré carré de Daloa.
- Iooi S.H. & Renner R., 1974.-** Effect of feeding carbohydrate free diets on the chick's requirement for vitamin. *Jour.nutrition.*,104 (5): 394-399.
- Malaisse F. & Lognay G., 2004.-** Les chenilles comestibles d'Afrique tropicale. *In:* E. Motte-Florac & J.M.C. Thomas (eds) Les Insectes dans la tradition orale, Ethnoscience 5, Peeters, Selaf n°407, Ethnoscience 11, Paris, France, 279-304.
- Meilgaard M., Civille G.V. & Carr, B.T., 1991.-** Factors influencing sensory verdicts, Sensory evaluation techniques, CRC Press, pp. 37-42.
- Metayer J.P. ; Grosjean F. & Castaing J., 1993.-** Effet du type de maïs et du type d'amidon sur la valeur alimentaire du maïs pour le poulet de chair. 87-108.
- Mignon J. , 2002.-** L'entomophagie : une question de culture ? *Tropicultura* 20(3), 15-155.
- Murray J.M., Delahunty C.M. & Baxter I.A., 2001.-** Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food research international*, 34 (6), 461-471.
- Muyay T., 1981.-** Les insectes comme aliments de l'homme: *Série II, Vol. 69.* République démocratique du Congo, Ceeba Publications.
- Normand J., 2005 .-** Couleur de la viande de veau et de gros bovins. Interbev : paris 28p. Nutrition of chicken. – Ithace; New York. - 555p.
- Ouedraogo B., Gnanda I.B., Sanfo R., Zoundi S.I. & Bayala B., 2015.-** Etude comparative des performances réalisées avec l'incorporation de la farine de co-produits de volaille et la farine des asticots dans des rations de poulets de chair au Burkina faso, *Revue. Ivoirienne Sciences Technologiques* 25, 148-161.
- Parent R., Alogninouwa T. & Kaboret Y., 1989.-** Analyse de quelques stress fréquents en aviculture en Afrique intertropicale. Communication aux journées de l'élevage 25-26.
- Parigi-bini R., 1986.-** Bases de l'alimentation du bétail.- Padoue : Nella litographia felici spartaco.- 292p.
- Polin D. & Hussein T.H., 1982.-** The effect of Bile acid on lipid and nitrogen retention carcass composition, and dietary energy metabolizable in very young chicks. *Poultry science.*, 61(4): 1697-1707.

- Pousga S. H., Boly B. & Ogle 2005.-** Choice feeding of poultry: a review. *Livestock Research for Rural Development*, 17(4),
- Raubenheimer D. & Rothman J.M., 2013.-** Nutritional ecology of entomophagy in humans and other primates. In. Vol. 58'. pp. 141-160)
- Ricard F.H. & Touraille C., 1988.-** Selection for leanness and quality. In Leclercq B. and Whitehead C.C. (Ed), *Leanness in domestic birds : genetic, metabolic and hormonal aspect*, 377-386. Butterworths. Sevenoaks (GB).
- Ruttan V. W., 2002.-** Productivity Growth in World Agriculture, *Journal of Economic Perspectives*, 16 (4), pp. 161-184 .
- 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 : Médecine Vétérinaire : Dakar ; 23. 75P.
- Scott M.L., Resheim M.C. & Young R.J., 1976.-** Nutrition of chicken. – Ithace; New York. - 555p.
- Smith A., 1992.-** L'élevage de la volaille.- Paris : A.C.C.T ; Maisonneuve et Larose ; Wageningen : C.T.A.- 347p (Technicien d'agriculture tropicale).
- Sonaiya B. E. & EL H. F. Gueye., 1998.-** Bulletin RIDAF. (3) Thèse. Médecine. Vétérinaire. : Dakar ; 7. 71P.
- Touraille C., 1994.-** Incidence des caractéristiques musculaires sur les qualités organoleptiques des viandes. *Renc . Rech. Ruimants*, 1 , 169-176.
- Vega F. & Kaya H., 2012.-** *Insect Pathology*. Londres, Academic Press .
- Wolters C.J. & Allchurch E.M., 1994.-** Effect of training procedure on the performance of descriptive panels. *Food Quality and Preference*, 5 (3), 203-214.