



## Mémoire de Master

Présenté par :

- **BOUSSEKRA Karima**

- **BOUHEDOU Younes**

*En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie*

*Spécialité : Chimie analytique*

**Thème :**

**Analyses physico-chimiques de l'aliment de poulet de chair :  
Conformité aux normes.**

**Soutenu le : 27/10/2020**

**Devant le jury composé de :**

Nom & Prénom	Département d'affiliation	Qualité
MEDDOURI Melaaz	Chimie	Présidente
ZAMOUCHE Abdelmalek	Génie des Procédés	Examineur
BOUNOURI Yassine	Chimie	Encadreur
DENDOUNE Drifa	SNC PREVOLAB	Invitée

**2019-2020**

## *Remerciements*

*Avant toute chose, au terme de cette étude nous remercions le Bon Dieu de nous avoir donné la capacité et le courage d'aller jusqu'au bout de notre travail.*

*Nous tenons à exprimer notre gratitude à notre promoteur Monsieur. **BOUNOURI.Y** d'avoir accepté de diriger ce travail, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à mener à bien ce travail.*

*Il nous est aussi agréable de remercier Madame **MEDDOURI. M** présidente du jury et Monsieur **ZAMOUCHE. A** membre du jury qui nous en fait l'honneur d'examiner notre travail.*

*Nos remerciements s'adressent également aux directrices du laboratoire d'analyse des produits agroalimentaires « **SNC PREVOLAB** », « Mme **KHERFELLAH. S** » et « Mlle **DENDOUNE.D** », pour nous avoir accueillis au sein de leurs laboratoire et pour leurs efforts fournis pour mettre à notre disposition le matériel nécessaire pour notre étude. Ainsi qu'à toute l'équipe du laboratoire : « **Noria, Nassima et Lydia** », pour leurs aides, et leurs conseils.*

*A notre chef de département, Monsieur **HENNACHE** et à l'ensemble des enseignants du Département de Chimie pour leurs enseignements de qualité tout au long de notre cursus ; trouvez ici nos sincères remerciements et gratitude.*

*Pour finir, nous adressons nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, au bon déroulement de ce travail.*

# Dédicace

## *Je dédie ce modeste travail*

*À Mes très chers Parents : Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être.*

*C'est à travers vos encouragements que j'ai opté pour cette noble profession, et c'est à travers vos critiques que je me suis réalisée.*

*J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avez fondés en moi.*

*Je vous rends hommage par ce modeste travail en guise de ma reconnaissance éternelle et de mon infini amour. Ce travail est le fruit de vos efforts.*

*Vous résumez si bien le mot parent qu'il serait superflu d'y ajouter quelque chose.*

*Que Dieu tout puissant vous garde et vous procure santé, bonheur et longue vie.*

*À Mon Frère Walid, Ma Sœur Louisa son Mari Sid Ali, Mes Nièces Ibtihal et Ikram : Je ne peux exprimer à travers ses lignes tous mes sentiments d'amour et de tendresse envers vous, puisse l'amour et la fraternité nous unissent à jamais, je vous souhaite la réussite dans votre vie avec tout le bonheur qu'il faut pour vous combler.*

*À La Mémoire de Mes Grands Parents paternels : Le destin ne nous a pas laissé le temps pour jouir ce bonheur ensemble et pour vous exprimer tous mes respects. Puisse Dieu le tout puissant vous accorde sa clémence, et miséricorde et vous accueille dans son vaste paradis.*

*À Mes Grands Parents maternels : Aucune dédicace ne saurait exprimer tout ce que je ressens pour vous. Je vous remercie pour tout le soutien exemplaire et l'amour exceptionnel que vous me portez depuis mon enfance.*

*À Mes Oncles, Tantes, Cousins, Cousines et toute ma famille : Qui sont la source de ma fierté à qui je dois tout mon bonheur et ma réussite.*

*À Tous Mes Ami(e)s : Sara, Nadia, Nassima, Tassadit, Radia, Zahra, Sara, Sabrina, ... etc.*

*Qui font partie de ces personnes rares par leurs gentillesse, leurs tendresses et leurs grands cœurs.*

*Qu'ils trouvent ici, le témoignage de tout mon amour et toute ma reconnaissance pour leur grand soutien.*

*Je vous souhaite une vie pleine de réussite, de santé et de bonheur.*

*À Mon Binôme Younes Qui a partagé avec moi les moments difficiles de ce travail et à sa famille*

*À Toute Ma Promotion 2019/2020 de Master 2 Chimie Analytique.*

*Auquel je souhaite plus de réussite.*

*À tous ceux ou celles qui me sont chers et que j'ai omis involontairement de citer.*

*Karima*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail*

*À Ma très chère mère Razika : La femme qui a tellement sacrifié pour moi, et qui mérite toute ma reconnaissance que Dieu la protège. Ta prière et ta bénédiction m'a été d'un grand secours pour mener à bien mes études.*

*À Mon cher Père Elhassen : Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. J'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.*

*À Mes Sœurs Malia, Zakia, Hayat, À Mes Frères Azzedine et Lounis et À mon beau-frère Omari Djillali et son fils Razine : Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle. Que Dieu le tout puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.*

*À la Mémoire de Mon Grand-Père Mouloud et Ma Grand-Mère Takelith et Mon Cher Cousin Jugurtha : Qu'Allah les accueille dans son vaste paradis.*

*À Mon Oncle Yazid, Sa Femme Nadia et Ses Enfants Rafik, Amina, Aissam et Mouloud.*

*À ma tante Karima : Pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral, je vous souhaite une vie pleine de réussite, de santé et de bonheur.*

*À tous mes ami(e)s, particulièrement Hamou, Djebbar, Athmane, Karim, Hamza, Yani, Abderezzak, Taher, Lyes, Faycel, Salah, Cherif, Yacine, Salim, Mounir, Nadjim, Belaid, Djamel, Zaidi, Idir, Lamine, Ithri, Ferhat, Massi, Taous, Imene, Donya, Linda, Basma, Aicha, et Sibya : Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des frères et des sœurs sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

*À tous mes camarades de la promotion 2019/2020*

*À Ma Binôme Karima et sa famille*

*Et à toutes les personnes qui aiment Younes.*

**Younes**

## SOMMAIRE

Liste d'abréviations, de sigles et de symboles

Liste des figures

Liste des tableaux

**INTRODUCTION**.....1

### CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. 1. Poulet de Chair .....	3
I. 1. 1. Les souches produites en Algérie.....	3
I. 1. 2. Etapes de production .....	5
I. 1. 2. 1. Alimentation en phase de démarrage.....	5
I. 1. 2. 2. Alimentation en phase de croissance.....	6
I. 1. 2. 3. Alimentation en phase de finition .....	7
I. 2. Composition et formes de l'aliment du Poulet de Chair.....	8
I. 2. 1. Objectif et principe de l'alimentation.....	8
I. 2. 2. Composition de l'aliment.....	8
I. 2. 2. 1. Matières premières.....	8
I. 2. 2. 2. Formes de l'aliment .....	11
I. 2. 2. 2. 1. Aliment granulé.....	11
I. 2. 2. 2. 2. Aliment farineux.....	12
I. 2. 2. 2. 3. Aliment céréales entières.....	12
I. 2. 2. 3. Formulation d'un aliment artificiel.....	12
I. 2. 2. 4. Les procédures de fabrication de l'aliment .....	12
I. 3. Besoins et normes nutritionnels du Poulet de Chair.....	15
I. 3. 1. Les normes .....	15
I. 3. 1. 1 Définition d'une norme .....	15
I. 3. 1. 2. Conformité aux normes .....	15
I. 3. 1. 3. Organisation Internationale de Normalisation (ISO).....	15
I. 3. 1. 4. Institut Algérien de normalisation (IANOR).....	16
I. 3. 2. Besoins nutritionnels de poulet de chair.....	16
I. 3. 2. 1. Différents types de besoins.....	16
I. 3. 2. 1. 1. Besoins en eau.....	16
I. 3. 2. 1. 2. Besoins en énergie.....	17
I. 3. 2. 1. 3. Besoins en protéines.....	17

I. 3. 2. 1. 4. Besoins en vitamines .....	17
I. 3. 2. 1. 5. Oligo-éléments.....	18
I. 3. 2. 1. 6. Minéraux .....	19
I. 4. Contrôle de l'aliment du Poulet de Chair.....	19

## **CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES EXPERIMENTALES**

II.1. But d'étude.....	20
II.2. Présentation de laboratoire « SNC PREVOLAB ».....	20
II. 3. Les différentes analyses du contrôle physico-chimique.....	22
II. 3. 1. La teneur en eau (H) et la matière sèche (MS).....	22
II. 3. 2. Les cendres.....	22
II. 3. 3. Les minéraux.....	22
II.3.3.1. Calcium.....	23
II. 3. 3. 2. Sodium.....	25
II. 3. 3. 3. Phosphore.....	25
II. 3. 4. Teneur en Protéine.....	27
I. 3. 5. La matière grasse.....	29
II. 3. 6. Cellulose.....	30
II. 3. 7. Amidon.....	31

## **CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION**

III.1. Teneur en humidité (H) et la matière sèche (MS).....	35
III. 2. Les cendres.....	37
III. 3. Les minéraux.....	38
III. 3. 1. Calcium.....	39
III. 3. 2. Sodium .....	41
III. 3. 3. Phosphore.....	42
III. 4. Teneur en Protéine.....	44
III. 5. La matière grasse.....	46
III. 6. Cellulose .....	47
III. 7. Amidon.....	48
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>50</b>

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

### **Annexes**

## LISTE DES SYMBOLES ET SIGLES

**g** : gramme

**Kg** : kilogramme

**CNIFA** : Conseil National Interprofessionnel de la Filière Aviculture

**FAO**: Food and Agriculture Organization

**Kcal**: kilo calories

**EM** : Energie Métabolisable

**KCAL EM/Kg** : Kilocalories Energie Métabolisables par kilo gramme

**j** : jour

**mg/ml** : milligramme par millilitre

**g/j/Kg** : Gramme par jour par Kilogramme

**IC** : Indice de consommation

**UI/kg** : Unités internationales par kilo gramme

**ppm** : partie par million

**MS** : Matière sèche

**MP** : Matière Première

**°C** : Degré Celsius

**CV** : Cellule de vidange

**CP** : Cellule de presse

**ISO** : Organisation International de Normalisation

**IANOR** : Institut Algérien de Normalisation

**EPIC** : Etablissement Public à Caractère Industriel et commercial

**INAPI** : Institut Algérien de Normalisation et de la propriété Industriel

**CEI** : Commission électrotechnique International

**NF** : Norme Française

**ITAB** : Institut technique d'agriculture biologique

**SNC** : Société au Nom Commun

**ONAB** : Office National des Aliments de Bétail

**NF V03-707** : Norme Française, Méthode d'essai (V), Classe de Produit (03), Numéro de La Norme (707)

**NF V 03-720** : Norme Française, Méthode d'essai (V), Classe de Produit (03), Numéro de La Norme (720)

**ISO 6490-1-1985** : Norme iso pour la détermination de la teneur en calcium

**ISO 6598 : 1985** : Norme iso pour le dosage du phosphore. Méthode gravimétrique au phosphomolybdate de quinoléine

**NA 652** : Norme Algérienne Numéro (652)

**ISO 6492-1999** : Norme iso pour la détermination de la teneur en matière grasse

**NF V03-606** : Norme Française, Méthode (V), Classe de Produit (03), Numéro de La Norme (606)

**h** : Heure

**EDTA** : Acide Ethylène Diamine Tétra-Acétique

**PH** : Potentiel d'Hydrogène

**m** : La Masse

**g/l** : gramme par litre

**ml** : millilitre

**mg** : milligramme

**SM** : Solution mère

**N** : Normalité

**Min** : Minimum

**Max** : Maximum

**nm** : nanomètre

**1<sup>er</sup>** : Première

**2<sup>ème</sup>** : Deuxième

**δ**: Delta

**H** : Teneur en eau (Humidité, %) en masse de l'échantillon

**MS** : Matière Sèche

**MO** : Matière Organique

**V** : Le volume

**min** : minute

**M** : Masse molaire

**PD** : Phase de Démarrage de développement

**PC** : Phase de Croissance de développement

**PF** : Phase de Finition de développement

**PP** : Vitamine B<sub>3</sub>, nicotinamide

**%** : Pourcentage

**F** : Facteur de Protéines

## Liste des figures

<b>Figure I. 1 :</b> Coq Hubbard .....	3
<b>Figure I. 2 :</b> Coq Arbor Acres.....	4
<b>Figure I. 3 :</b> Coq Hybro .....	4
<b>Figure I. 4 :</b> Coq Cobb500 .....	5
<b>Figure I. 5 :</b> Diagramme de fabrication d'aliment de poulet de chair .....	14
<b>Figure II. 1 :</b> Schéma de l'organisme d'accueil SNC PREVOLAB. ....	21
<b>Figure II. 2 :</b> Incinération des échantillons .....	23
<b>Figure II. 3 :</b> Filtration du $\text{Ca}^{2+}$ .....	24
<b>Figure II. 4 :</b> Titration du sodium.....	25
<b>Figure II. 5 :</b> Les deux solutions après 30 min à l'obscurité.....	26
<b>Figure II. 6 :</b> minéralisation de la prise d'essai.....	28
<b>Figure II. 7 :</b> Distillation de la protéine.....	28
<b>Figure II. 8 :</b> Titration de protéine.....	29
<b>Figure II. 9 :</b> montage de Soxhlet.....	30
<b>Figure II. 10 :</b> Chauffage à reflux.....	32
<b>Figure II. 11 :</b> Réactif de Fehling.....	33
<b>Figure II. 12 :</b> Filtration et lavage du précipité.....	33
<b>Figure II. 13 :</b> Titration de l'Amidon.....	34
<b>Figure III. 1 :</b> La teneur en humidité d'aliment de poulet de chair. ....	35
<b>Figure III. 2 :</b> Teneurs moyennes en MS dans les deux échantillons analysés. ....	37
<b>Figure III. 3 :</b> Teneur en cendre dans les aliments analysés. ....	38
<b>Figure III. 4 :</b> Teneur en calcium dans les deux échantillons analysés. ....	40
<b>Figure III. 5 :</b> Teneur en sodium dans les deux échantillons analysés. ....	41
<b>Figure III. 6 :</b> Teneur en phosphore. ....	43
<b>Figure III. 7 :</b> Teneur en protéine dans les deux échantillons analysés. ....	45
<b>Figure III. 8 :</b> Teneur en matière grasse. ....	46
<b>Figure III. 9 :</b> Teneur en cellulose dans l'échantillon 1.....	47
<b>Figure III. 10 :</b> Teneur en amidon dans les aliments analysés.....	49

## Liste des tableaux

<b>Tableau I. 1 :</b> Apports recommandés pour poussin en démarrage (0-21 jours).....	6
<b>Tableau I. 2 :</b> Apports recommandés pour poussin en croissance (22-42 jours).....	7
<b>Tableau I. 3 :</b> Apports recommandés pour poulet en finition (43-56jours) .....	8
<b>Tableau I. 4 :</b> La composition chimique de maïs en % MS .....	9
<b>Tableau I. 5 :</b> La composition chimique de blé en % MS .....	10
<b>Tableau I. 6 :</b> principaux nutriment dans le tourteau de soja en % MS .....	11
<b>Tableau I. 7 :</b> Consommation d'eau et d'aliment en fonction de l'âge.....	16
<b>Tableau I. 8 :</b> Apports recommandés en vitamines dans l'aliment du poulet de chair.....	18
<b>Tableau I. 9 :</b> Apports recommandés en oligo-éléments chez le poulet.....	18
<b>Tableau III. 1 :</b> Résultats de la teneur en eau pour les deux échantillons. ....	35
<b>Tableau III. 2 :</b> Résultats de la Teneurs moyennes en MS dans les aliments analysés. ....	36
<b>Tableau III. 3 :</b> résultats de la teneur en cendre d'aliment de poulet de chair. ....	38
<b>Tableau III. 4 :</b> Résultats de dosage de calcium. ....	39
<b>Tableau III. 5 :</b> Résultats de dosage de sodium. ....	41
<b>Tableau III. 6 :</b> Résultats de dosage de phosphore. ....	42
<b>Tableau III. 7 :</b> Résultats de la teneur en protéine. ....	44
<b>Tableau III. 8 :</b> Résultats de la teneur en matière grasse. ....	46
<b>Tableau III. 9 :</b> la cellulose d'aliment de poulet de chair.....	47
<b>Tableau III. 10</b> résultats de l'amidon d'aliment de poulet de chair.....	48

## INTRODUCTION

La volaille occupe une place importante dans l'alimentation humaine. Il s'agit d'un produit relativement bon marché et de bonne qualité sur le plan diététique, riche en protéines et pauvre en graisses ce qui a justifié son développement très rapide sur l'ensemble du globe [1].

Au cours des dix dernières années, le cheptel mondial avicole a augmenté de 36%, alors que les effectifs des autres espèces ont progressé beaucoup plus modérément. La consommation de la viande blanche a connu la même évolution que celle de la production industrielle de poulet de chair.

Selon les données de la FAO, la production mondiale de viande en 2018 est estimée à 336,4 millions de tonnes, avec 1,2% de plus qu'en 2017. La production de viande de volaille a enregistré une croissance de 1,3%, derrière la viande bovine qui a enregistré la plus forte croissance, soit 2,1%.

Selon la même organisation (FAO), la consommation mondiale de viande et multiplication par 5 en 60 ans, elle est passée de 67 millions de tonnes en 1957 à 323 millions de tonnes en 2017. Pour la viande volailles, elle est estimée à plus de 13 kg/habitant/an, avec une croissance de 2 à 3 % par an sur les dix dernières années.

Jusqu'au début des années 1960, l'aviculture en Algérie était essentiellement villageoise et traditionnelle, ces dernières années, elle a atteint un stade de développement qui lui confère désormais, une place de choix dans l'économie nationale et dans l'économie agricole. La production annuelle de poulet en Algérie est estimée entre 350 000 à 400 000 tonnes, avec une consommation moyenne inférieure à 15 kg/habitant/an selon les chiffres du CNIFA. Au cours des vingt dernières années, la consommation de poulet de chair en Algérie a enregistré une augmentation permanente, estimée à 10 % chaque année, contre 2 à 3% au niveau mondial selon le CNIFA [2].

L'alimentation joue un rôle déterminant dans la réussite et la rentabilité économique des productions avicoles. Lors de la formulation d'un aliment efficient, son coût et sa qualité nutritionnelle qui permet de couvrir tous les besoins nutritionnels essentiels des volailles doivent être considérés [3].

De ce fait, l'aliment est le facteur le plus important et le plus coûteux de tout élevage. Il est généralement prévu 3 types d'aliments : aliment démarrage, aliment croissance et aliment finition. Ils sont composés en fonction des besoins nutritionnels du stade de développement du poulet. L'aliment doit être donné en quantité suffisante et doit contenir un bon équilibre d'ingrédients [4-6].

Il doit être nutritif, sain et commerciale, il doit être également conforme aux normes et aux indices bactériologiques fixés par des instituts de normalisation nationale et internationale.

Dans le présent travail, nous nous sommes intéressées à l'analyse physico-chimique de deux échantillons d'aliment de poulet de chair fabriqué par deux unités différentes et destiné pour l'alimentation du poulet de chair au cours des trois phases de développement. Les différentes analyses ont été réalisées au niveau de laboratoire agroalimentaire « SNC PREVOLAB ». La conformité de ces aliments a été vérifiée par comparaison aux normes Algériennes et aux normes ISO.

Ce travail est subdivisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique, qui portera sur des généralités sur le poulet de chair, l'alimentation de poulet de chair et les instituts de normalisation nationale et internationale.
- Le deuxième chapitre présente le matériel et les différentes méthodes d'analyse mis en œuvre pour la réalisation de ce travail.
- Le troisième chapitre est consacré à la présentation des différents résultats expérimentaux obtenus et leur discussion.

Enfin, une conclusion générale permettra de récapituler les principaux résultats obtenus au cours de ce travail.

## CHAPITRE I

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

**I. 1. Poulet de Chair**

Le poulet est considéré généralement comme l'un des oiseaux les plus anciennement domestiqués. Il occupe une place économique et sociale particulière, sa production assure actuellement plus de 86% des produits carnés d'origine volaille [7].

Dans les élevages de poulet de chair, plusieurs souches existent, avec des performances de productions souvent différentes [8].

**I. 1. 1. Les souches produites en Algérie**

**a. La souche Hubbard :** Il s'agit d'un poulet à performances honorables, à plumage blanc et pattes blanches, à moindre consommation, il atteint 1,8 à 2 kg en 8 semaines avec un taux de conversion approximatif de 2, elle est résistante et produit une chair de bonne qualité.



**Figure I. 1 :** Coq Hubbard

**b. La souche Arbor Acres**

La souche Arbor acres qui est d'origine d'Amérique, se caractérise par son apparence grande et lourde et par sa grosse patte courte supportant son poids. Son plumage est blanc, ses oreillons rouges et sa crête rouge simple et aplatie. La crête est plus développée chez le mâle que chez la femelle. La souche Arbor acres a présenté deux types :

- Arbor Acres Plus (Emplumement rapide) : Des poussins chair non autosexables à l'aile.
- Arbor Acres Plus S (Emplumement lent) : Des poussins chair autosexables à l'aile.

La souche Arbor acres est destinée pour la production de chair. Elle est réputée pour sa croissance rapide. En effet, à 70<sup>ème</sup> jour d'âge, le poids d'un mâle atteint 5,381 Kg et celui d'une femelle 4,363

Kg. Pour cette souche la consommation alimentaire diffère suivant le sexe de l'animal, le mâle consomme beaucoup plus d'aliments que la femelle [9].



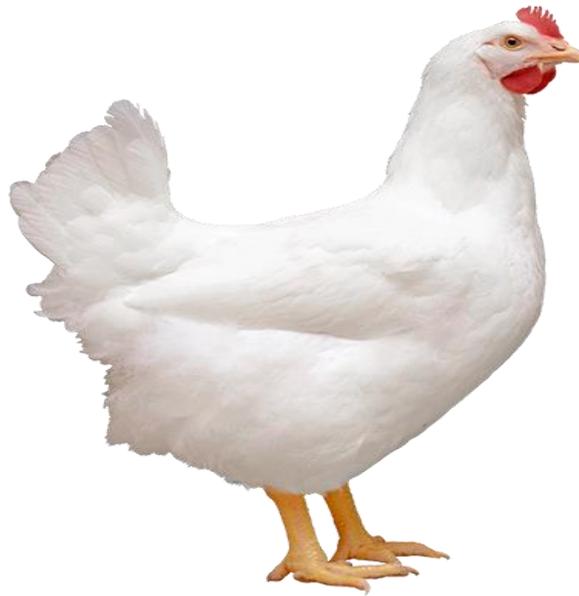
**Figure I. 2 :** Coq Arbor Acres

**C. La souche Hybro :** C'est la race utilisée généralement par les grands éleveurs en raison de sa croissance rapide et de sa production importante de viande. Cette souche se comporte également bien sous les tropiques et résiste à l'ascite (accumulation de liquide dans l'abdomen).



**Figure I. 3 :** Coq Hybro

**D. La souche Cobb-500 :** La Cobb500 est une souche produite par Cobb-Vantress (société américaine), c'est l'une des souches de poulet de chair les plus efficaces au monde, elle présente la conversion alimentaire la plus basse, le meilleur taux de croissance et une capacité à bien se nourrir avec une nutrition de faible densité et moins coûteuse. Ces caractéristiques combinées confèrent à cette souche l'avantage concurrentiel du coût le plus bas par kilogramme de poids vif produit.



**Figure I. 4 : Coq Cobb500**

**I. 1. 2. Etapes de production :** Le poulet de chair reçoit une alimentation spécifique en fonction de ses différents stades de vie. Il est généralement prévu trois étapes pour la production du poulet de chair : Démarrage, croissance et finition. L'aliment est composé en fonction des besoins nutritionnels du stade de développement du poulet. La provende est toujours conditionnée en sacs de 50 kg. La consommation moyenne de 100 poulets de chair au bout de 45 jours est :

- 50 kg (soit 1 sac) d'aliment de démarrage.
- 100 kg (soit 2 sacs) d'aliment de croissance.
- 250 kg (soit 5 sacs d'aliments de finition).

La transition d'un type d'aliment à l'autre doit se faire progressivement. Par exemple pour passer de l'aliment de démarrage à l'aliment de croissance, on donne :

- le 1er jour : 2/3 d'aliment démarrage et 1/3 de croissance ;
- le 2ème jour : 1/2 d'aliment démarrage et 1/2 de croissance ;
- le 3ème jour : 1/3 d'aliment démarrage et 2/3 de croissance ;
- le 4ème jour : de l'aliment croissance uniquement.

Il s'agit du même scénario quand on passe de l'aliment de croissance à l'aliment de finition [10].

#### **I. 1. 2. 1. Alimentation en phase de démarrage**

La sélection génétique et la maîtrise de l'alimentation et des conditions sanitaires ont contribué à accélérer la vitesse de croissance des poulets de chair. La première semaine de vie des poussins représente aujourd'hui presque 20% de la durée de vie d'un poulet de chair, c'est-à-dire d'un poulet à croissance rapide actuellement abattu vers 39-40 jours à un poids vif de 2kg environ. Durant cette période, le poids des poussins augmente considérablement [11].

Le poulet présente une croissance plus rapide et un meilleur indice de consommation lorsqu'il reçoit pendant la phase de démarrage un aliment présenté en miettes et ensuite en granulés. Cette

amélioration de performances sous l'effet de la granulation s'atténue cependant à mesure que la teneur énergétique des aliments s'élève ; elle n'est guère perceptible au-delà de 3200 Kcal EM/kg [12].

Le poids vif du poussin double au cours des cinq premiers jours de la vie. La vitesse de croissance des poussins exprimée proportionnellement au poids vif (g/j/100g de poids vif) atteint son maximum entre 3 et 5 jours d'âge [13]. Leur consommation journalière augmente linéairement avec l'âge. A l'âge de deux jours, le poussin consomme quotidiennement environ 10g d'aliment contre 35g cinq jours plus tard [14].

Il faut un apport d'azote maximum pendant les premiers jours de vie des poussins, car une carence en azote se traduit par un arrêt de croissance et une perte d'appétit. Les niveaux protéiques dans la ration sont adaptés en fonction de l'âge du poulet de chair, les besoins protéiques correspondent à l'apport nécessaire en acides aminés indispensables, d'où la notion de besoins protéique remplacée de plus en plus par la notion de besoins en acides aminés [15]. Le tableau I. 1 l'apports recommandé pour poussin en démarrage.

**Tableau I. 1** : Apports recommandés pour poussin en démarrage (0-21 jours) [16].

	Unités	Valeurs
Energie métabolisable (E.M)	Kcal/kg	2850 - 2900
Protéines brutes	%	21,5 – 22,5
Lysine	%	1,20/103
Méthionine	%	0,54/0,48
Méthionine + cystine	%	0,95/0,84
Thréonine	%	0,82/0,70
Tryptophane	%	0,24/0,22
<b>Minéraux</b>		
Calcium	%	1,00 – 1,05
Phosphore total	%	0,67
Phosphore disponible	%	0,42 – 0,48
Sodium	%	0,16 – 0,18
Chlore	%	0,15 – 0,20

### I. 1. 2. 2. Alimentation en phase de croissance

Durant cette période d'élevage, l'aliment démarrage sera remplacé par une ration moins riche en protéine [17]. La hiérarchie des besoins en acides aminés durant la période de croissance s'établit ainsi [18] :

- ✓ La croissance des plumes
- ✓ La croissance pondérale
- ✓ Le rendement en filet.
- ✓ L'engraissement.

Le besoin protéique des poulets de chair est décomposé en entretien, croissance corporelle et croissance des plumes, ces dernières pouvant représenter jusqu'à 20% des besoins en protéines totales nécessaires au poulet [18]. Le tableau I. 2 représente l'apports recommandés pour des poussins en croissance.

**Tableau I. 2 :** Apports recommandés pour poussin en croissance (22-42 jours) [16].

	Unités	Valeurs
Energie métabolisable (E.M)	Kcal/kg	2950 - 3000
Protéines brutes	%	18,5 – 19,5
Lysine	%	1,10 / 0,94
Méthionine	%	0,50 / 0,44
Méthionine + cystine	%	0,85 / 0,74
Thréonine	%	0,76 / 0,64
Tryptophane	%	0,22 / 0,20
<b>Minéraux</b>		
Calcium	%	0,90 – 1,00
Phosphore total	%	0,66
Phosphore disponible	%	0,41 – 0,42
Sodium	%	0,16 – 0,18
Chlore	%	0,15 – 0,20

### I. 1. 2. 3. Alimentation en phase de finition

Durant cette période, l'aliment de croissance sera remplacé par un aliment finition moins concentré en protéine et plus riche en énergie tout en respectant l'équilibre énergétique/protéique. Il est à noter que toute déficience nutritionnelle en un ou plusieurs acides aminés durant les deux premières phases d'élevages se traduit par une diminution du rendement en filet à la fin de cette période [19]. Le tableau I. 3 représente l'apport recommandé pour des poulets en finition.

**Tableau I. 3** : Apports recommandés pour poulet en finition (43-56jours) [16].

	Unités	Valeurs
Energie métabolisable (E.M)	Kcal/kg	3000 - 3050
Protéines brutes	%	17 – 18
Lysine	%	1,00 / 0,85
Méthionine	%	0,45 / 0,39
Méthionine + cystine	%	0,80 / 0,68
Thréonine	%	0,77 / 0,65
Tryptophane	%	0,20 / 0,17
<b>Minéraux</b>		
Calcium	%	0,80 – 1,00
Phosphore total	%	0,60
Phosphore disponible	%	0,38 – 0,35
Sodium	%	0,16 – 0,18
Chlore	%	0,15 – 0,20

## I. 2. Composition et formes de l'aliment du Poulet de Chair

**I. 2. 1. Objectif et principe de l'alimentation** : L'aliment représente la part la plus importante du coût de production des poulets de chair. Pour obtenir une bonne performance, il est nécessaire de formuler des rations équilibrées (énergie, protéines, acides aminés vitamines et acides gras essentiels). Le plan d'alimentation va dépendre des objectifs de production. Il peut augmenter au maximum la rentabilité des oiseaux vivants ou bien obtenir une bonne performance sur la carcasse [9].

### I. 2. 2. Composition de l'aliment

#### I. 2. 2. 1. Matières premières

Les matières premières qui composent l'aliment de poulet sont des matières d'origine végétale qui comprend : les céréales, les sous-produits des céréales, le maïs et les sous-produits du maïs, les tourteaux des graines oléagineuses. L'aliment est composé aussi des additifs : Vitamines, minéraux, antioxydant, anticoccidien et autre produits médicamenteux incorporés selon le cas [20].

Les aliments destinés aux volailles sont majoritairement constitués de céréales : en moyenne de 34 % de blé, 27 % de maïs, 27 % de tourteau de soja et 12 % d'autres matières premières et dans une moindre mesure l'orge [21].

**A: Sources d'énergie**

**Maïs :** Le maïs est la matière première la plus importante en zone chaude comme sous les autres climats et la principale source d'énergie en alimentation des volailles. Sa valeur énergétique est la plus élevée parmi les céréales. Par rapport aux besoins nutritifs, il est relativement carencé en protéines et en acides aminés tels que la lysine et le tryptophane. Il possède par contre un excès de leucine [22]. Son utilisation n'est limitée que par la nécessité de maintenir l'équilibre entre l'énergie et la protéine [22]. Sa composition chimique est présentée dans le [tableau I. 4](#).

**Tableau I. 4 :** La composition chimique de maïs en % MS [16].

Matière sèche	86,42
Protéines brutes	9,57
Cellulose brute	2,46
Cendres brutes	1,23
Matière grasse	4,38
Phosphore	0,3
Potassium	0,37
Magnésium	0,12
Calcium	0,05
Amidon	73,38

**Le sorgho :** Le sorgho est une plante herbacée appartenant à la famille des Poaceae. Il représente la cinquième culture céréalière mondiale elle est principalement cultivée en Afrique, aux États-Unis, au Mexique et en Chine. De manière générale, quatre utilisations du sorgho sont identifiées. Le sorgho à grain est utilisé dans l'alimentation humaine et animale. Le sorgho fourrager et le sorgho herbeux servent de fourrage pour le bétail. Le sorgho sucré sert à la production de sucre, de sirop et d'alcool [23].

La composition chimique des sorghos est voisine de celle des maïs, ils sont plus riches en cellulose et moins riches en matières grasses. Les sorghos sont un peu moins pauvres en protéines que le maïs, mais ils possèdent les mêmes déséquilibres que ce dernier [22]. Le principal problème des sorghos réside dans la variabilité de leur teneur en tannins, qui entraîne l'augmentation de l'amertume de l'aliment, provoquant chez la volaille une diminution de la digestibilité des nutriments de l'aliment, en particulier des protéines [24]. L'utilisation du sorgho comme principale source d'énergie ne donne des résultats satisfaisants que si les variétés disponibles sont pauvres en tannins. Selon les variétés, les taux minimaux d'utilisation se situent entre 20 et 70 % [25].

**Le son de blé :** Le son de blé est constitué de particules fines de pellicules de grains de blé, séparées au moment de la production de la farine panifiable. Il est plus riche en protéines que le blé entier, riche en phosphore, en vitamine du complexe B et en manganèse. Sa teneur en cellulose limite ses possibilités d'incorporation dans les aliments pour la volaille à 10 % pour les animaux en croissance et à 15 % maximum chez les adultes [24]. La composition chimique de blé est présentée dans le tableau I. 5.

**Tableau I. 5 :** La composition chimique de blé en % MS [26].

Matière sèche	89,4
Protéines brutes	11,6
Cellulose brute	2,8
Matière grasse	1,9
Cendres brutes	1,6
Phosphore	0,35
Potassium	0,41
Magnésium	0,12
Amidon	59,4

**Le son de riz :** Il est essentiellement constitué du péricarpe du grain de riz. Sa composition est très variable en fonction de l'atelier de décortiquerie. C'est une matière première équilibrée en protéines, riche en minéraux (phosphore et en vitamines BI, pp et E), source d'énergie métabolisable. Son taux d'incorporation dans l'aliment dépend de la différence entre le prix de la céréale et le prix du mélange son de riz-huile [27].

**Huiles végétales et graisses animales :** Elles constituent une source d'énergie pratiquement pure et elles sont utilisées dans les régimes hautement énergétiques. La valeur énergétique des matières grasses et les huiles varie selon leurs sources (maïs, soja, colza, palme, olive,...etc.). Ainsi la qualité qui est un facteur majeur qui peut affecter les performances animales [28].

### **B : Les sources de protéines**

**Le tourteau de soja :** Sa teneur est élevée en protéines de bonne qualité. Il est riche en acides aminés essentiels, notamment en lysine, et il doit être supplémenté en méthionine. Le tourteau de soja doit subir avant son utilisation en alimentation des animaux un traitement thermique destiné à détruire certains facteurs antinutritionnels (facteurs anti-triptyque). Il est fréquemment utilisé à des taux

d'incorporation élevés, de l'ordre de 30 % pour la volaille en croissance [25]. La composition chimique de tourteau de soja est présentée dans le [tableau I. 6](#).

**Tableau I. 6** : principaux nutriments dans le tourteau de soja en % MS [16].

Matière sèche	88,09
Protéines brutes	51,52
Cellulose brute	6,25
Matière grasse	1,98
Cendres brutes	7,13
Phosphore	0,73
Potassium	2,4
Magnésium	0,33
Calcium	0,34
Sodium	0,02
Amidon	5,27

**Tourteaux d'arachide** : Ils ont des teneurs en matières azotées relativement élevées : 45 à 50 %. Celles-ci sont suffisamment pourvues en méthionine et en lysine. Sa teneur en protéines est bonne, mais sa teneur en lysine est plus faible que celle du soja. Cette faiblesse doit être compensée par un apport de lysine de synthèse dans la formule [25].

**Tourteaux de coton** : Une fois débarrassée de sa fibre, la graine de coton est pressée ce qui donne le tourteau. Il faut veiller à un bon nettoyage de la graine avant pression pour bien éliminer les fibres non digestibles par les volailles. Excellentes sources de protéine, ils ont des teneurs en acides aminés soufrés (méthionine et cystine) légèrement supérieures à celle du soja, mais leur teneur en lysine est plus faible [24]. Ils peuvent contenir le gossypol qui est une toxine qui nuit à son utilisation en alimentation des volailles (ralentissement de la croissance). En pratique, avec le tourteau de coton il est déconseillé de dépasser le taux d'incorporation de 10 % dans les aliments destinés aux volailles [22].

### I. 2. 2. 2. Formes de l'aliment

Les aliments commercialisés pour l'alimentation des volailles peuvent se présenter sous forme d'aliment granulé, d'aliment farineux ou d'aliment en graines entières.

**I. 2. 2. 2. 1. Aliment granulé** : Les volailles consomment les particules suffisamment grosses pour être aisées efficacement par le bec. Ces préférences correspondent à une optimisation énergétique du comportement alimentaire, elles sélectionnent leurs prises alimentaires en fonction de la taille relative

des particules, ce qui conduit à un déséquilibre alimentaire. La granulation par son action de compactage, permet d'améliorer l'efficacité de la prise alimentaire indiquent que la consommation est réduite de 22% avec un aliment farineux comparé à un aliment granulé [29].

#### **I. 2. 2. 2. Aliment farineux**

L'aliment présenté sous forme de farine durant toute la conduite d'élevage, révèle une dégradation de l'Indice de Consommation (IC) et une sous consommation alimentaire, même si la teneur énergétique est élevée [29].

L'introduction de 50% de granulés dans le régime farine, fait augmenter la consommation et l'efficacité alimentaire, réduit la taille du gésier et le temps passé à manger, au-delà l'augmentation de la dureté des particules tend plutôt à diminuer l'ingéré sans améliorer la productivité [30].

#### **I. 2. 2. 3. Aliment céréales entières**

L'utilisation de céréales entières distribuées avec un aliment complémentaire dans l'alimentation du poulet de chair présente un intérêt dans l'élevage. Le poulet digère aussi bien les céréales entières que broyées, il est capable de s'adapter rapidement à un régime comportant une céréale entière en modifiant son comportement alimentaire [31]

#### **I. 2. 2. 3. Formulation d'un aliment artificiel**

Les méthodes de formulation de l'aliment sont effectuées sur la base des besoins alimentaires des volailles et de la composition chimique de la matière première préalablement déterminée [32].

Les méthodes principales appliquées dans la formulation de l'aliment sont : la méthode par tâtonnement simple, la méthode de carré de Pearson et les méthodes algébriques simples.

Ces différentes méthodes de formulation passent par plusieurs étapes qui sont les suivantes :

- Etape 1** : Identification de l'espèce et son besoin nutritionnel,
- Etape 2** : détermination des matières premières qui décrit les caractéristiques nutritionnelles (la digestibilité, composition chimique, la présence de facteurs antinutritionnels) et leur coût et leur disponibilité,
- **Etape 3** : analyse des matières premières et leurs valeurs nutritionnelles ciblées,
- **Etape 4** : Combiner les matières premières identifiées d'une façon pour trouver une formule qui contient les valeurs ciblées des nutriments. La composition finale devra être équilibrée.
- Etape 5** : Ajuster l'aliment par des additifs

#### **I. 2. 2. 4. Les procédures de fabrication de l'aliment [22]**

La fabrication de l'aliment pour le poulet de chair passe par les différentes étapes suivantes :

**A. Nettoyage** : Après la récupération de la matière première des silos de stockage, elle est nettoyée par une double action émotteur - aspirateur. L'émotteur permet d'écarter les débris métalliques à l'aide d'un aimant, alors que l'aspirateur élimine les particules fines telles que la poussière.

**B. Dosage et prémélange :** Assure l'apport de différents ingrédients de la formule dans des proportions bien définies. Une fois les matières premières sont associées, elles sont dirigées vers une grande trémie pour un premier mélange grossier, appelé pré- mélange.

**C. Broyage :** Réduction de la matière première en particules plus fines, il permet d'avoir un mélange plus homogène et plus stable, et une mise en forme plus régulière.

**D. Mélange :** Au cours de cette étape le prémélange broyé part vers une mélangeuse qui reçoit des apports de liquides, tels que l'huile, la choline, et les apports d'additifs tels que le prémix et macro-minéraux (carbonate de calcium, phosphate bi calcique) dosés à l'aide d'une benne peseuse afin d'obtenir un mélange homogène. Cette étape occupe une place essentielle dans la ligne de fabrication et requiert une attention importante, car l'homogénéité du produit doit être parfaite.

**E. Distribution :** Le mélange ainsi préparé passe vers une trémie sous mélangeuse puis il sera transporté par un transporteur et élévateur vers un distributeur. Selon le type de produit fini désiré (Granulé ou Farine), le mélange est envoyé :

- ✓ Soit directement dans des cellules de vidange (CV) qui sont au nombre de 8 afin d'être expédié sous la présentation farine.
- ✓ Soit stocké dans des cellules de presse (CP) qui sont en nombre de 6 pour les envoyer vers les presses 1 et 2.

Dans le cas d'un aliment granulé, le produit passe par les étapes supplémentaires suivantes :

**F. Malaxage et Pressage :** Cette étape concerne l'aliment granulé, avant l'étape de pressage le mélange passe d'abord par un malaxeur qui a pour activité de malaxer le mélange avec la mélasse, puis dirigé vers une presse dans laquelle est injectée de la vapeur pour obtenir une pâte à 85°C. Cette pâte est ensuite poussée vers un anneau d'acier perforé où elle prend la forme de spaghettis qui seront découpés par la suite en morceaux de quelques millimètres donnant ainsi des granulés.

**G. Refroidissement :** Le refroidissement consiste à refroidir et à sécher les granulés afin d'éliminer l'excès d'eau et aussi d'assurer leur consistance.

**H. Émiettage :** Il s'effectue à l'aide d'un émietteur qui sert à casser les granulés en particules de taille variante selon la nature de produit voulu.

**I. Tamisage :** Après l'étape d'émiettage, vient l'étape de tamisage qui s'effectue à l'aide du tamiseur à l'intérieur duquel s'installent trois grilles de dimension décroissante. Au cours du tamisage les grands granulés retournent au émietteur pour être cassés de nouveau alors que les fines passent vers la presse en suivant les étapes de granulation. En fin le produit est distribué. [La figure I. 5](#) représente le diagramme de fabrication d'aliment pour poulet de chair.

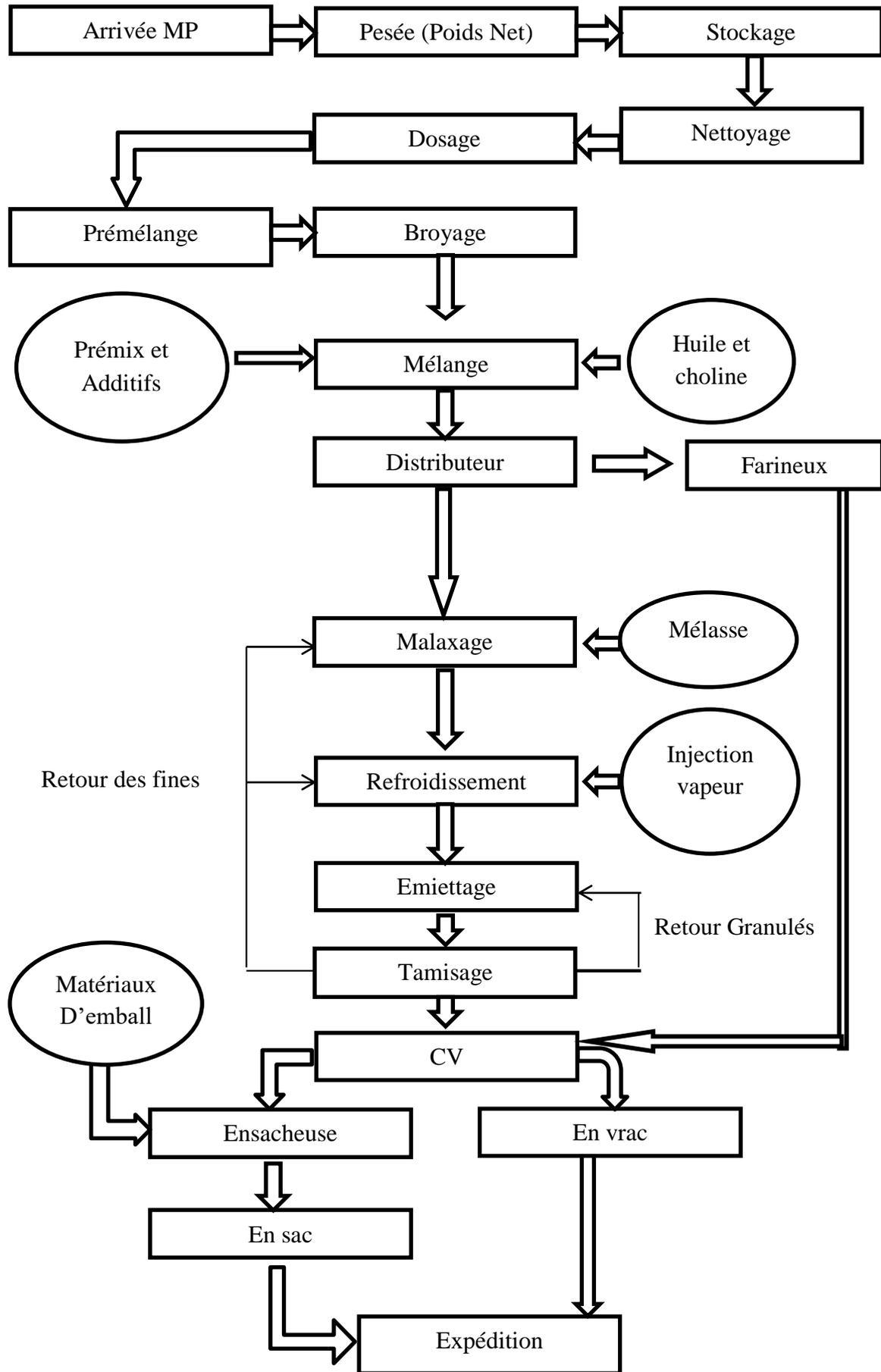


Figure I. 5 : Diagramme de fabrication d'aliment de poulet de chair [32].

### **I. 3. Besoins et normes nutritionnels du Poulet de Chair**

#### **I. 3. 1. Les normes**

**I. 3. 1. 1 Définition d'une norme :** Une norme est un document de référence approuvé par un institut de normalisation reconnu, au niveau national, régional et/ou international, répondant à un objectif défini en termes d'intérêt général [33].

Il désigne un ensemble de spécifications décrivant un objet, un être ou une manière d'opérer. Il en résulte un principe servant de règle et de référence technique, elle n'est pas obligatoire, son adhésion est un acte volontaire, certaines sont rendues obligatoires par un texte réglementaire ou décret de loi [33].

En Algérie, la normalisation est définie par la loi N° 16 - 04 juin 2016 modifiant et complétant la loi N° 04 - 04 juin 2004 relative à la normalisation « comme une activité propre à établir, face à des problèmes réels ou potentiels, des dispositions destinées à un usage commun et répété, visant à l'obtention du degré optimal d'ordre dans un contexte donné ». L'article N° 2 de la même loi précise que la norme est un document approuvé par l'organisme de normalisation reconnu, qui fournit, pour des usages communs et répétés, des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques, pour des produits ou des procédés et des méthodes de production donnés, dont le respect n'est pas obligatoire. Il peut aussi traiter en partie ou en totalité de terminologie, de symboles, de prescriptions en matière d'emballage, de marquage ou d'étiquetage, pour un produit, un procédé ou une méthode de production donnés [34].

#### **I. 3. 1. 2. Conformité aux normes**

La conformité aux normes peut faire l'objet d'une déclaration du fournisseur sous sa seule responsabilité. Il s'engage par-là sur la qualité de sa production, de ses prestations ou de son organisation. Le fournisseur ou le client peut aussi demander que cette conformité soit attestée par un tiers (laboratoire, organisme d'inspection, organisme de certification...), qui se charge de vérifier que le produit, le service ou le système concerné répond aux exigences de la norme [35].

#### **I. 3. 1. 3. Organisation Internationale de Normalisation (ISO)**

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est le premier producteur de Normes internationales d'application volontaire dans le monde, créée en 1946. C'est une organisation non gouvernementale, indépendante, elle est officiellement en activité le 23 février 1947. L'élaboration de norme est assurée par les membres d'ISO dans 161 pays et par 780 comités et sous-comités techniques. L'organisation ISO réunit des experts qui mettent en commun leurs connaissances pour élaborer des normes internationales d'application volontaire, fondée sur le consensus, pertinente pour le marché, soutenant l'innovation et apportant des solutions aux enjeux mondiaux.

Les normes ISO sur les denrées alimentaires sont un gage de confiance envers les produits et les boissons que nous consommons, elle est ouverte aux instituts nationaux de normalisation les plus représentatifs de la normalisation dans leur pays (un membre par pays) [35].

### I. 3. 1. 4. Institut Algérien de normalisation (IANOR)

L'IANOR est l'organisme de normalisation en Algérie. C'est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), créé en 1998, dans le cadre de la restructuration de l'INAPI (Institut Algérien de Normalisation et de la Propriété Industrielle). L'IANOR est comité membre de l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO/CEI). Il est sous la tutelle du Ministère de l'Industrie et des Mines. Il offre aux opérateurs économiques algériens des normes Algérienne et étrangères (ISO, NF....) , la gestion et le fonctionnement de l'institut sont assurés par un directeur général assisté d'un conseil d'administration (Décret n°98-69 du JORA n°11, 1998) [36].

### I. 3. 2. Besoins nutritionnels de poulet de chair

L'alimentation doit 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 [37].

#### I. 3. 2. 1. Différents types de besoins

**I. 3. 2. 1. 1. Besoins en eau :** L'eau est l'élément le plus important dans l'alimentation des poulets de chair [38]. Elle conditionne la consommation alimentaire et c'est un facteur limitant principal de toute production. La consommation d'eau augmente avec l'âge. Un manque ou une mauvaise qualité d'eau peut provoquer une baisse de croissance, voire même des mortalités brutales [39].

En général, les poulets de chair consomment environ deux fois plus d'eau que d'aliments, comme le montre le [tableau I. 7](#).

**Tableau I. 7 :** Consommation d'eau et d'aliment en fonction de l'âge [37].

Age (jours)	Poids moyen (g)	Aliment ingéré/jour (g)	Eau ingérée/jour (g)	Rapport eau/aliment
7	180	22	40	1,8
14	380	42	74	1,8
21	700	75	137	1,8
28	1080	95	163	1,8
35	1500	115	210	1,8
42	1900	135	235	1,8
49	2250	155	275	1,8

**I. 3. 2. 1. 2. Besoins en énergie**

L'énergie sert à couvrir les besoins énergétiques d'entretien que sont le métabolisme de base, la thermogénèse adaptative, l'extra chaleur et l'activité physique d'une part, et les besoins énergétiques de croissance d'autre part. Le développement corporel du poulet est d'autant plus rapide que la consommation quotidienne d'énergie métabolisable est élevée. Le premier besoin de l'animal concerne des dépenses énergétiques après l'eau. Le besoin énergétique est le plus sensible aux conditions du milieu et c'est celui qui influence le plus la consommation alimentaire. Les constituants énergétiques sont ceux dont la privation affecte le plus rapidement la santé de l'animal et sa survie [31]. 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 [40].

**I. 3. 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...) [22]. Un acide aminé 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. Il y'a trois acides aminés essentiels : lysine, la méthionine et la thréonine. La quantité de ces éléments nutritifs de bonne qualité est souvent exprimée par rapport à une valeur énergétique [41].

**I. 3. 2. 1. 4. Besoins en vitamines**

Les vitamines sont répartis en deux catégories : les vitamines liposolubles incluent les vitamines A, D3, E et K, et les vitamines hydrosolubles incluent les vitamines C et les vitamines du groupe B ( B12, Biotine, Choline, Folacine, Niacine, Acide pantothénique, Pyridoxine, Riboflavine, et Thiamine ). Ce sont des éléments organiques agissant également à des doses minimales et indispensables au métabolisme, à la protection de l'organisme et à une bonne production [42 - 43].

Actuellement, les aliments commerciaux composés sont complétés par des mélanges de vitamines dont les compositions sont prévues pour pallier à toutes les carences. Il est alors possible d'ajouter des vitamines dans l'eau de boisson pour prévenir les risques de carences [39].

Le [tableau I. 8](#) représente l'apport recommandé en vitamines dans l'aliment du poulet de chair.

**Tableau I. 8 :** Apports recommandés en vitamines dans l'aliment du poulet de chair [29].

Vitamines		0 à 4 semaines	5 à 8 semaines
A	UI/kg	12000	10000
D3	UI/kg	2000	1500
E	ppm	30	20
K3	ppm	2,5	2
Thiamine (B1)	ppm	2	2
Riboflavine (B2)	ppm	6	4
AC. Pantothénique	ppm	15	10
Pyridoxine (B6)	ppm	3	2.5
B12	ppm	0.02	0,01
PP	ppm	30	20
Acide folique	ppm	1	20
Biotine	ppm	0,1	0,05
Choline	ppm	600	500

### I. 3. 2. 1. 5. Oligo-éléments

Il s'agit du fer, du cuivre, du zinc, du manganèse, du sélénium, de l'iode, du fluor, du cobalt et du magnésium. Ces substances interviennent en quantités minimes dans l'aliment, mais elles jouent un rôle important. Ils sont indispensables ou déroulements de nombreuses réactions biochimiques du métabolisme [44]. Le [tableau I. 9](#) regroupe les apports recommandés en oligo-éléments chez le poulet de chair.

**Tableau I. 9 :** Apports recommandés en oligo-éléments chez le poulet [45].

Apports (g/100kg d'aliment)	Démarrage	Croissance	Finition
Zinc	4	4	2
Cuivre	0,3	0,3	0,2
Fer	4	4	2
Manganèse	7	7	6
Iode	0,1	0,1	0,1
Cobalt	0,02	0,02	0,02
Sélénium	0,02	0,02	0,02

**I. 3. 2. 1. 6. Minéraux**

Les deux minéraux principaux dans l'aliment de poulet de chair sont le calcium et le phosphore. Ils participent à la constitution du squelette. Chez le poulet de chair à croissance rapide, une bonne minéralisation du squelette est importante pour éviter les problèmes de boiteries ou de déformations articulaires [22]. Les besoins de la volaille en phosphore et en calcium dépendent de la qualité de la vitamine D et vice versa. Dans une moindre mesure, l'apport en manganèse peut également affecter l'assimilation du calcium et du phosphore [46]. Le pourcentage des éléments minéraux dans l'aliment est d'environ 4 à 5 % pour les poulets de chair. 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. Une carence en sel réduit l'assimilation des protéines, car le sodium est un cotransporteur des acides aminés au niveau de la bordure en plateau cilié des cellules intestinales, mais un excès entraîne une grande consommation d'eau et est à l'origine de diarrhée. La concentration en sel recommandée est de 0,5 % de la portion [46 - 47].

**I. 4. Contrôle de l'aliment du Poulet de Chair**

L'institut National de la Santé Animale, par le biais de son Laboratoire Central et ses Régionaux est chargé de procéder aux analyses des aliments de volailles. Ces analyses peuvent porter sur les aspects physico-chimiques, microbiologiques et toxicologiques.

- **Analyses physico-chimiques** : Il s'agit de rechercher les composants physiques et chimiques garantis ou prescrits dans les matières premières ou dans l'aliment composé complet. Généralement, nous nous limiterons aux analyses physicochimiques considérées comme les analyses de base soient [48 - 49] :
  - la teneur en eau
  - la teneur en solides totaux
  - la teneur en protéines
  - la teneur en lipides
  - la teneur en glucides
  - la teneur en cendres
  - le taux de minéralisation
- **Examens microbiologiques** : Cette analyse consiste à rechercher l'existence de germes pathogènes pour les animaux pouvant altérer la qualité des produits animaux ou d'origine animale.
- **Examens toxicologiques** : Il s'agit de rechercher les substances toxiques pouvant nuire à la santé des volailles ou à la qualité de leur production.

**CHAPITRE II****MATERIELS ET METHODES EXPERIMENTALES**

Le travail a été réalisé dans un laboratoire de contrôle de qualité des aliments agroalimentaire, avant de passer à l'analyse de l'échantillon, le produit est d'abord broyé de façon à avoir une poudre homogène pour la précision des résultats des analyses.

**II.1. But d'étude**

La présente étude a pour objectif de déterminer et comparer par rapport aux normes la qualité physico-chimique d'aliment de poulet de chair en différentes phases de croissance au sein de laboratoire de contrôle de qualité agroalimentaire « SNC PREVOLAB ».

**II.2. Présentation de laboratoire « SNC PREVOLAB »**

Le laboratoire « PREVOLAB » est une société au nom commun (SNC) spécialisée dans le contrôle alimentaire, il se situe à la commune d'El- Kseur Wilaya de Bejaia, c'est un établissement privé qui occupe une superficie de 150 m<sup>2</sup>, opérationnel depuis juillet 2009 par M<sup>lle</sup> DENDOUNE et M<sup>me</sup> KHERFELLAH. Ce laboratoire est divisé en deux sections : section Microbiologie et section Physico-chimie. Il dispose d'un personnel qualifié formé :

- D'un responsable de section physicochimique (Ingénieur d'état en génie chimique).
- D'un responsable de section microbiologique et gérant administratif (DES en microbiologie)
- Deux analystes section microbiologie
- Une analyste section physicochimique.

Cet organisme se présente comme suit :

**➤ Salle de réception**

C'est la première pièce du laboratoire, elle contient tout ce qui concerne l'administration du laboratoire, elle est équipée d'un bureau, d'une petite bibliothèque de documentation, d'un microordinateur et une imprimante. C'est à ce niveau que se fait la réception et l'enregistrement des échantillons avant toute analyse.

**➤ Salle d'analyses physico-chimiques**

C'est la salle où on effectue les différentes analyses physico-chimiques, elle contient tout le matériel nécessaire pour ces analyses, elle est équipée de toute la verrerie utilisable dans un laboratoire, et des palliasses de travail qui comportent des terroirs d'arrangement de matériel et des produits chimiques.

Cette salle d'analyse est équipée du matériel suivant :

- ✓ Centrifugeuse
- ✓ Dessiccateur

- ✓ Four a moufle
- ✓ Réfrigérateur
- ✓ Spectrophotomètre
- ✓ Balance électrique
- ✓ pH-mètre
- ✓ Une haute chimique

➤ **Salle de lavage, séchage et d'incubation**

C'est la troisième salle du laboratoire, elle est divisée en deux parties :

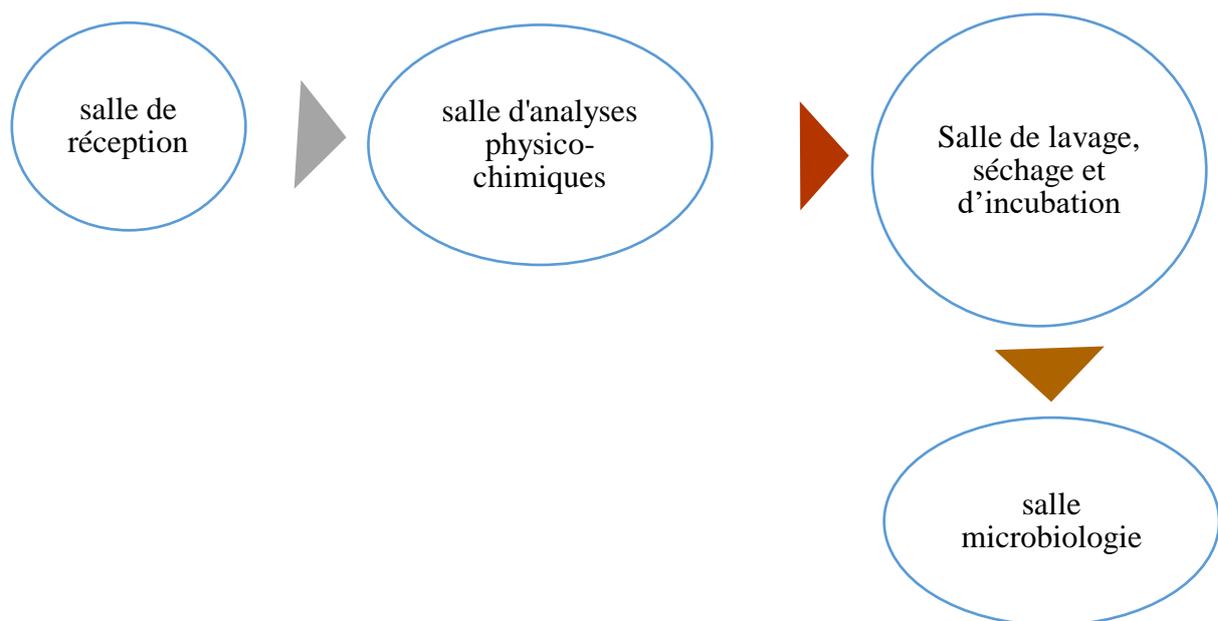
La première partie est équipée d'un lavabo, d'une paillasse sur laquelle est déposé l'autoclave, d'un micro-onde et d'un bain marin.

La deuxième partie est équipée de deux étuves de séchage, de deux étuves bactériologiques et d'un petit bureau.

➤ **Salle d'analyses microbiologiques**

Cette salle est bien isolée, à l'abri des courants d'air.

Elle est menée d'une paillasse équipée de deux becs Bunsen, d'un microscope, d'une balance électrique, des boites pétries en verre ...etc. La figure 1 représente un schéma du laboratoire PREVOLAB.



**Figure II. 1** : Schéma de l'organisme d'accueil SNC PREVOLAB.

**II. 3. Les différentes analyses du contrôle physico-chimique****II. 3. 1. La teneur en eau (H) et la matière sèche (MS)**

- ✓ La teneur en eau (ou Humidité) : est définie conventionnellement comme étant le poids perdu d'une matière après séchage de l'eau. Elle englobe toutes les substances qui s'évaporent par chauffage en entraînant une perte de poids de l'échantillon. La perte de poids est mesurée par une balance et interprétée comme le taux d'humidité [50].
- ✓ La matière sèche : représente la quantité de matières contenues dans un support, mesurées après évaporation et séchage à une température spécifiée, autrement dit, elle représente ce que l'on obtient lorsqu'on retire l'eau d'un produit.

**Principe :** La détermination de la teneur en eau et de matières volatiles se fait par dessiccation à 103 °C dans une étuve à la pression atmosphérique jusqu'à l'obtention d'une masse pratiquement constante.

**Mode opératoire :** La détermination de la teneur en eau (H) et de la matière sèche (MS) dans nos échantillons a été effectuée selon la NF V03-707. Deux essais ont été effectués :

Au début, deux capsules ont été séchées et pesées à vide, puis 5 g de l'échantillon ont été pesés dans chacune de ces capsules. Les capsules avec les 5 g d'échantillon ont été ensuite introduites dans l'étuve à une température de 103°C pendant 2H.

Après ce temps, les deux capsules ont été retirées de l'étuve et placées dans un dessiccateur. Une fois refroidies elles sont à nouveau pesées [50].

**II. 3. 2. Les cendres :** Les cendres représentent les substances issues de l'incinération de la matière sèche d'une prise d'essai. Leur composition principale est la silice et l'aluminium. Leur quantité dépend de la matière première de base utilisée pour former le produit [51].

**Principe :** Le principe de la détermination du % en cendres est basé sur l'incinération d'une quantité de l'échantillon dans un four à moufle à une température élevée (> 500°C) jusqu'à combustion complète de la matière organique et obtention d'une masse constante.

**Mode opératoire**

- ✓ Dans un creuset à incinération séché, refroidie et pesé, on place 1g de l'échantillon. L'ensemble est ensuite placé pendant 2h dans un four à moufle préalablement chauffé à 550°C.
- ✓ Après deux heures de chauffage, on sort le creuset du four et on le refroidit sur une plaque froide thermoélectrique puis dans un dessiccateur. Une fois refroidie, on pèse à nouveau le creuset avec son contenu.

**II. 3. 3. Les minéraux :** Les sels minéraux qui entrent dans la composition des tissus des animaux ou de végétaux, sont soit en solution (dans le milieu cellulaire ou dans les liquides circulants), soit à l'état solide ou en combinaison avec les composés organiques. Un chargement s'établit souvent entre ces différentes catégories. Parmi les minéraux dont l'organisme humaine a le plus besoin, on peut distinguer les macroéléments (Ca, Mg, P) et les oligoéléments (Fe, I, Se,...) qui sont toxiques à des fortes doses [52].

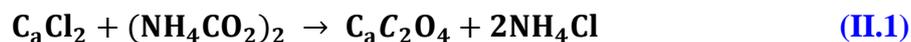


Figure II. 2 : Incinération des échantillons

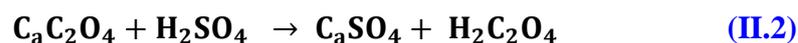
### II.3.3.1. Calcium

**Principe :** Pour le dosage du calcium, le principe est le suivant :

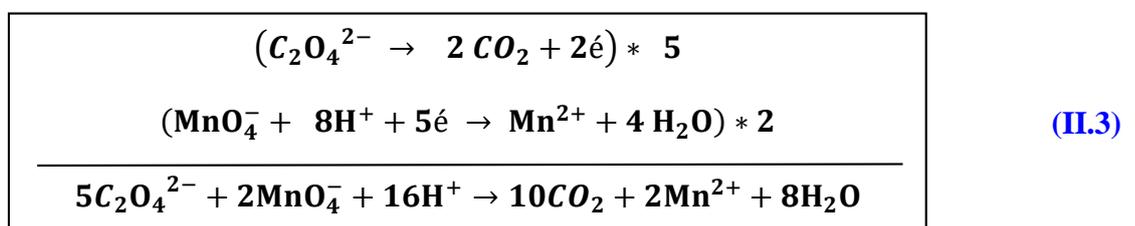
Incinération d'une quantité de l'échantillon suivie d'un traitement des cendres à l'acide chlorhydrique. Le calcium se précipite sous forme d'oxalate de calcium à un pH > 4 selon la réaction :



La dissolution du précipité d'oxalate de calcium dans l'acide sulfurique se fait selon la réaction :



L'acide oxalique formé est titré à l'aide d'une solution de permanganate de potassium selon la réaction d'oxydoréduction suivante :



**Mode opératoire :** La détermination du taux de calcium dans les échantillons a été effectuée selon la norme ISO 6490-1-1985.

Au début, 1g de l'échantillon a été pesé dans un creuset à incinération sèche de masse  $m_0$ . L'ensemble est ensuite placé pendant 4h dans un four à moufle préalablement chauffé à 550°C.

Après incinération et refroidissement, s'il y a des particules noires qui apparaissent on ajoute quelques gouttes d'acide nitrique et on sèche l'échantillon dans l'étuve. Ensuite on réalise les étapes suivantes :

- ✓ On ajoute 8ml de HCl (30 %) et 12ml d'eau distillée
- ✓ Ebullition de l'ensemble pendant 30 min
- ✓ L'ensemble est ajusté à 50 ml avec l'eau distillée et nommé solution mère (SM)
- ✓ On prélève 10ml de la solution mère dans un erlenmeyer
- ✓ On ajoute 1ml d'acide citrique (300 g/l) et 5ml de chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) 50 g/l
- ✓ L'ensemble est ajusté à 100 ml avec l'eau distillée et porté à l'ébullition
- ✓ 10 gouttes de vert de bromocrésol ( $\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{Br}_4\text{O}_5\text{S}$ ) à 0.4g/l et 30ml de solution d'oxalate d'ammonium ( $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) saturé sont ensuite ajoutés. S'il y a apparition d'un précipité, quelques gouttes de HCl pur sont ajoutées pour le dissoudre.
- ✓ L'ensemble est ensuite neutralisé avec l'ammoniaque ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) pure jusqu'à avoir un pH qui correspond au pH virage du vert de bromocrésol ( $3.8 < \text{pH} < 5.4$ )
- ✓ On place l'erlenmeyer dans un bain d'eau bouillant pendant 30 min, puis on le retire et on le laisse reposé pendant 1h. La solution est ensuite filtrée avec un papier filtre.



**Figure II. 3 :** Filtration du  $\text{Ca}^{2+}$

- ✓ Le filtrat est récupéré dans un erlenmeyer, et 80ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 20% chaude ont été ajoutées. En fin, le mélange est titré avec une solution de  $\text{KMnO}_4$  (0.1N) (titrage chaud) jusqu'à changement de couleur vers le bleu.

### II. 3. 3. 2. Sodium

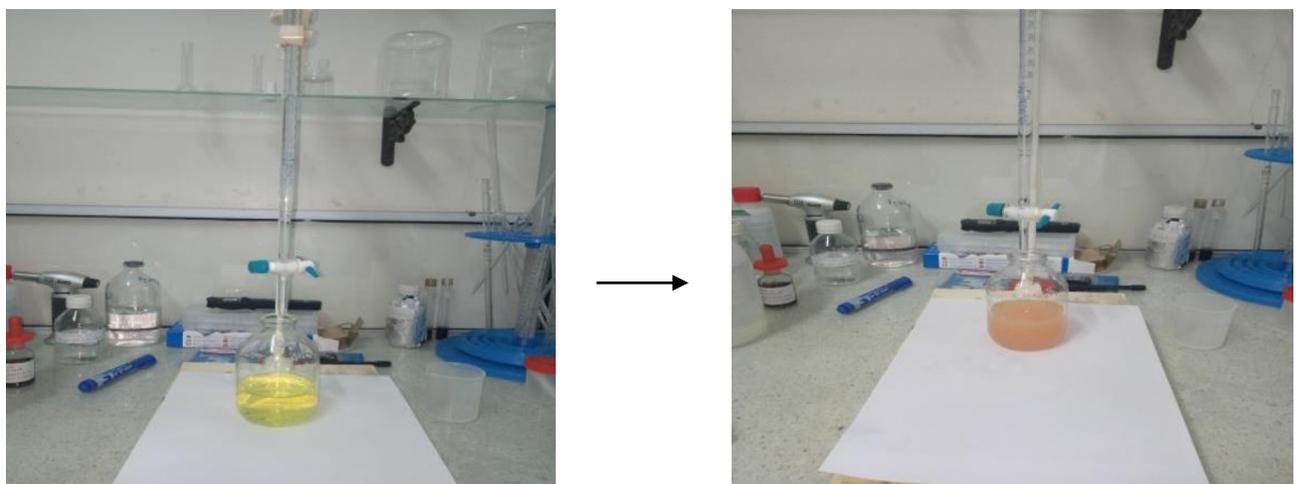
**Principe :** Le principe est basé sur l'incinération d'une quantité de l'échantillon et la mise en solution des cendres récupérées, une part de cette solution est dosée par du  $\text{AgNO}_3$  jusqu'à coloration en rouge brique. La réaction de précipitation mise en jeu est :



**Mode opératoire :** Le mode opératoire suivie pour la détermination du taux de sodium dans les échantillons est le suivant :

Au début, 1g de l'échantillon a été pesé dans un creuset à incinération sèche de masse  $m_0$ . L'ensemble est ensuite placé pendant 2h dans un four à moufle préalablement chauffé à  $550^\circ\text{C}$ . Les cendres après refroidissement sont ensuite :

- ✓ Mouiller avec 4 à 6 ml d'eau distillée
- ✓ 2 ml de HCl pur ont été ajoutés
- ✓ Le produit est ensuite évaporé à sec, suivi d'une addition de 1ml de HCl pur et de 1ml d'eau distillée.
- ✓ 20ml d'eau distillée ont été ensuite ajoutés au produit et l'ensemble est neutralisé avec NaOH en présence de la phénolphtaléine jusqu'au  $\text{pH} = 8.3$ .
- ✓ Le mélange est ensuite ajusté à 100ml avec de l'eau distillée
- ✓ 5ml du mélange ont été prélevées et ajustées à 100ml avec l'eau distillée
- ✓ Le produit est ensuite titré avec  $\text{AgNO}_3$  (0.02N) en présence de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) jusqu'à changement de couleur de jaune vers rouge brique et formation d'un précipité.



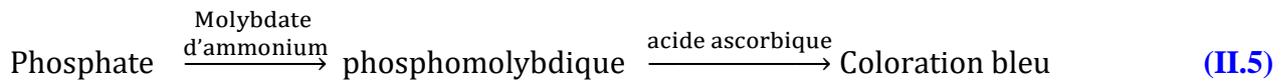
**Figure II. 4 :** Titrage du sodium

### II. 3. 3. 3. Phosphore

**Principe :** Le principe de dosage du phosphate se fait soit par l'incinération d'une quantité de l'échantillon en présence de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) suivie d'un chauffage en présence d'acide

(cas des aliments solides organiques), soit par oxydation par voie humide avec un mélange d'acide sulfurique et nitrique (cas des composants minéraux liquides). Une quantité suffisante de la solution acide et mélangée avec le réactif de molybdovanadate et l'absorbance de la solution obtenue est mesurée à une longueur d'onde de 700 nm.

Selon la réaction :



**Figure II. 5 :** Les deux solutions après 30 min à l'obscurité

**Mode opératoire :** Le taux de phosphore dans les échantillons a été déterminé selon le mode opératoire de la norme ISO 6598 :1985.

Au début, 0.5g de l'échantillon ont été pesés dans un creuset à incinération sèche, auxquelles ont été ajoutés 0.2g de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ). L'ensemble est ensuite placé pendant 4h dans un four à moufle préalablement chauffé à  $550^\circ\text{C}$ . Après refroidissement, 4 à 10 ml d'eau distillée et 2ml de HCl (6N) ont été ajoutés suivie d'une évaporation à sec.

- ✓ Ensuite 2ml d'acide nitrique pur ont été ajoutés, on maintient l'ébullition pendant 5min, puis 100 ml l'eau distillée chaude ont été ajoutées et le mélange est filtré dans une fiole de 100ml. Le liquide récupéré représente la solution (1).

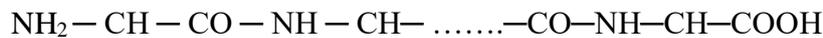
On prélève 5ml de la solution (1) et on ajuste à 20ml avec l'eau distillée (solution 2). On parallèle un blanc (20ml d'eau distillée) est préparé (solution 3).

- ✓ Dans chaque solution (solution 2 et 3) on ajoute 1ml de la solution d'acide ascorbique (20g/l) et 4ml de réactif de phosphore et on garde les deux solutions à l'obscurité pendant 30min. Les deux solutions sont ensuite analysées par un spectrophotomètre UV visible à une longueur d'onde de 700nm, et la concentration est déterminée en utilisant une courbe d'étalonnage (annexe 2).

### II. 3. 4. Teneur en Protéine

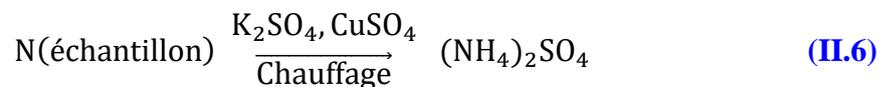
Une protéine se définit simplement comme un polymère (macromolécule), en Biochimie, le composé qui résulte l'enchaînement d'un nombre déterminé d'acides aminés (chaines polypeptidiques), ils sont liés par des liaisons peptidiques. La liaison peptidique c'est l'union du groupement acide (COOH) d'un acide aminé et le groupement amine (NH<sub>2</sub>) de l'autre avec élimination d'une molécule d'eau [53].

Les protéines sont présentes dans toutes les cellules vivantes, ou elles jouent des rôles très variés au sein d'une cellule et au sein d'un organisme. La formule générale d'une protéine est [54] :

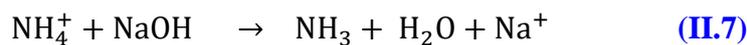


**Principe :** La teneur en protéine a été déterminée selon la méthode de kjeldahl qui est basée sur trois étapes principales :

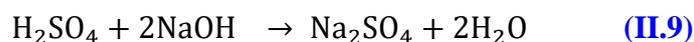
- ✓ Minéralisation de la matière organique par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur, selon la réaction suivante :



- ✓ Neutralisation de produits de la réaction et distillation de l'ammoniac libéré, selon la réaction suivante :



- ✓ Titrage :



**Mode opératoire :** Le mode opératoire suivie est celui de la norme Algérienne 652 (NA 652), il est détaillé comme suit :

#### Minéralisation (digestion)

- ✓ Au début, 1g d'échantillon est pesé dans un bécher puis versé dans un ballon sec de masse (m<sub>1</sub>)
- ✓ Ensuite, 15g de sulfate de potassium (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 1.2g de sulfate de cuivre (CuSO<sub>4</sub>) et 25ml d'acide sulfurique pur (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ont été ajoutés dans le ballon.
- ✓ L'ensemble est chauffé à l'ébullition dans un chauffe ballon dans la hotte jusqu'à changement de la couleur de noire en vert clair, l'ébullition est maintenue pendant 2h.
- ✓ Après 2h, l'ensemble est laissé refroidir.

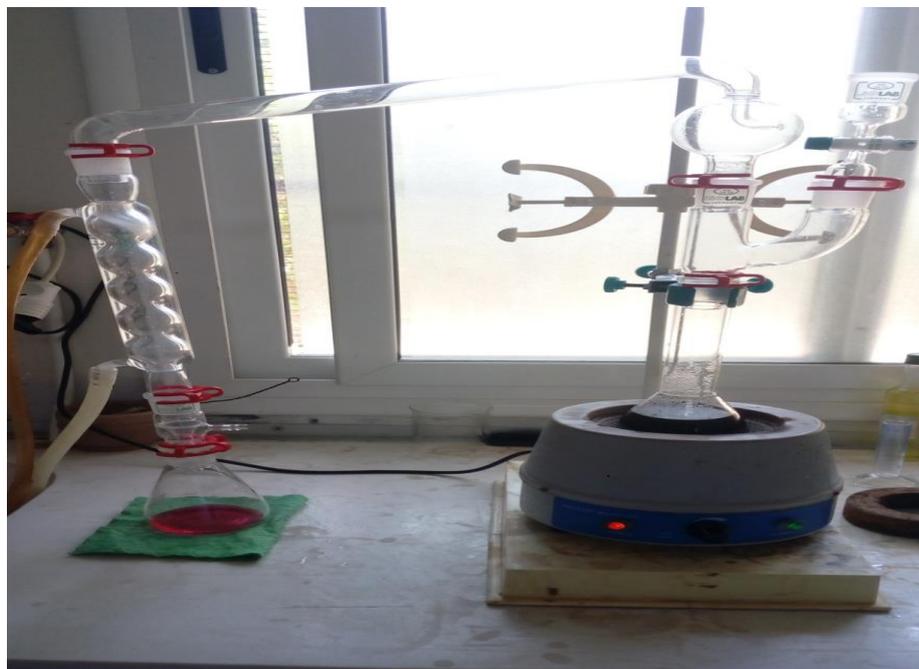


**Figure II. 6 :** minéralisation de la prise d'essai

### Neutralisation et distillation

Après refroidissement :

- ✓ 100ml d'eau distillée ont été ajoutés au ballon
- ✓ Ensuite, quelques grains de zinc et 4 billes en verre.
- ✓ Dans un erlenmeyer qui servira pour la récupération du distillat, on prépare 25ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (0.25N) auxquelles on ajoute quelques gouttes de l'indicateur coloré rouge de méthyle.
- ✓ Le ballon est ensuite placé dans un chauffe ballon et la distillation est lancée. 100ml de NaOH (40%) ont été ajoutés doucement au mélange qui se trouve dans le ballon.
- ✓ Le distillat est récupéré dans l'erlenmeyer qui contient la solution de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (0.25N).
- ✓ Après 1heur d'ébullition (récupéré  $\approx 70\text{ml}$  de distillat) on passe au titrage.



**Figure II. 7 :** Distillation de la protéine

**Titration :** Le distillat est ensuite titré avec une solution de NaOH (1N) jusqu'à changement de couleur du rouge au jaune.

- ✓ Le blanc : faire un blanc avec 25ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.25N) + quelques gouttes de rouge de méthyle (coloration rouge) et le titrer avec NaOH à 1N jusqu'au virage de couleur (c'est juste pour la comparaison)



**Figure II. 8 :** Titration de protéine

### I. 3. 5. La matière grasse

La matière grasse désigne un groupe chimiquement hétérogène de substances qui ont la propriété commune d'insolubilité dans l'eau (substance hydrophobe), mais sont solubles dans les solvants faiblement ou non polaires tels que le chloroforme et les hydrocarbures (éther de pétrole, hexane...) [55].

**Principe :** Plusieurs méthodes ont été proposées pour l'extraction de la matière grasse. La méthode de Soxhlet et celle de l'extraction à froid sont les plus utilisées (Bemba et Remacle, 1992). Dans le cadre de ce travail, l'extraction directe a été faite directement par la méthode Soxhlet. Le principe de cette technique est de placer la matière végétale dans une cartouche, qui sera remplie de solvant chaud condensé dans le réfrigérant. Quand le liquide atteint le niveau de débordement, un siphon aspire la solution de la cartouche et la décharge de nouveau dans le ballon à distiller, portant les corps dissous extraits dans le liquide en bloc. Dans le ballon, le corps dissous (soluté) est séparé du solvant par distillation. Le soluté reste dans le flacon et le solvant frais passe de nouveau dans le lit de solide. L'opération est répétée jusqu'à ce que l'extraction complète soit réalisée.

**Mode opératoire :** La teneur en matière grasse a été déterminée selon la norme ISO 6492-1999.

- ✓ Dans un erlenmeyer on pèse 1g d'échantillon ( $m_0$ ) auquel on ajoute 20ml de HCl (4N), puis on chauffe l'ensemble jusqu'à ébullition pendant 1h.
- ✓ Après refroidissement le mélange est filtré puis lavé avec de l'eau distillée chaude. Le filtre contenant le résidu est ensuite séché dans une étuve à 100°C pendant 1h.
- ✓ Le filtre séché est placé dans la cartouche cellulosique cette dernière est ensuite bouchée avec du coton et placée dans le siphon de Soxhlet.
- ✓ 200ml d'hexane pur ont été placés dans un ballon sec de masse ( $m_1$ ). Le ballon est ensuite accroché à l'extracteur de Soxhlet puis placé dans un chauffe ballon.
- ✓ Après la 1<sup>ère</sup> monte de l'hexane calculer 16 à 20 montes sur le siphonnage (aller-retour) environ 2h.
- ✓ L'hexane pur a été récupéré après le dernier siphonnage par distillation, et la matière grasse reste dans le ballon.
- ✓ Le ballon est ensuite séché dans l'étuve à 100°C pendant 30min. Après refroidissement dans le dessiccateur on pèse à nouveau le ballon ( $m_2$ ).



**Figure II. 9 :** montage de Soxhlet

### II. 3. 6. Cellulose

D'après le chimiste français Anselme Payen (1838), la cellulose est une molécule qui forme le squelette rigide d'une grande variété d'espèces et spécialement les végétaux (bois, coton, lin, chanvre,...) et constitue le composant majeur des parois végétales (plantes,.....). La cellulose peut être dégradée en glucose tout comme l'amidon, son importance est faible dans l'alimentation des

poulets de chair, afin d'éviter une accélération du transit favorable à une mauvaise utilisation de la ration [56].

**Principe :** L'échantillon est éventuellement décarbonaté, dégraissé et traité successivement par des solutions bouillantes d'acide sulfurique et d'hydroxyde de sodium de concentrations déterminées. Le résidu est séparé par filtration, lavé, séché, pesé puis calciné à 500 °C. La perte de poids résultant de la calcination correspond à la cellulose brute présente dans l'échantillon.

**Mode opératoire :** La portion en cellulose de l'échantillon a été déterminée en deux étapes :

### 1<sup>ère</sup> étape :

1g d'échantillon préalablement broyé et homogène a été pesé, puis 50ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.3N) ont été ajoutés et l'ensemble a été chauffé à douce ébullition pendant 30min.

Après 30min d'ébullition, l'échantillon a subi une attaque basique par l'ajout de 25ml de NaOH (1.5N) et chauffé à nouveau pendant 25min. Ensuite, une pincée d'EDTA (≈ 0.5g) a été ajoutée, et l'ensemble est laissé au feu pendant 5min.

Le mélange est ensuite filtré à chaude sur un papier filtre et lavé avec 25ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.3N), suivie d'un lavage avec 3 portions de 50ml d'eau distillée. Le mélange a été lavé à nouveau par 25ml d'éthanol pur et 25ml d'acétone pur.

Le produit est ensuite pesé dans un creuset et placé pendant 2h dans une étuve à 130 °C. Après refroidissement le produit a été pesé à nouveau et placé dans un dessiccateur.

### 2<sup>ème</sup> étape :

Après la réalisation des différentes parties de la première étape, le produit a été placé dans un four et incinéré à 550 °C pendant 2h. A la fin de l'incinération, le produit a été refroidi à nouveau dans le dessiccateur puis pesé.

## II. 3. 7. Amidon

L'amidon est un polysaccharide, composé de chaînes de molécules de D-glucose, constituant essentiel des réserves énergétiques des plantes et aussi composante primordiale de l'alimentation humaine.

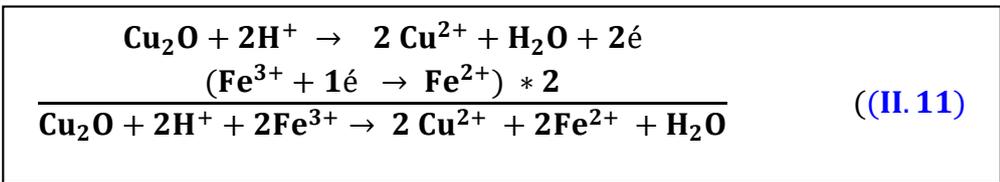
L'amidon se trouve dans les graines de céréales (maïs, blé), légumineuses (pois), les racines, les tubercules, rhizomes (pomme de terre, patate douce, manioc), et dans les fruits (banane).

**Principe :** On dose l'amidon sur le résidu insoluble dans l'alcool, préalablement broyé finement et homogénéisé. Les acides dilués à l'ébullition hydrolysent l'amidon en dextrine puis finalement en glucose selon la réaction d'hydrolyse à chaud suivante :

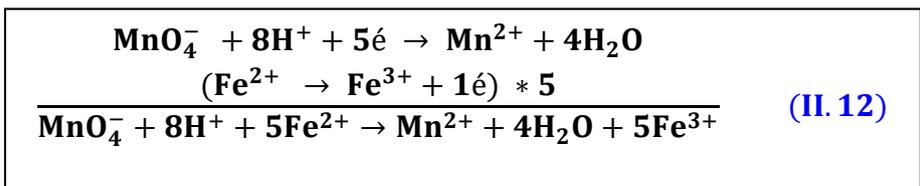


Ce dernier est ensuite dosé par la méthode de Bertrand qui est basée sur la réduction de la liqueur de Fehling par le dosage des glucides dans les aliments. Il s'agit de la méthode officielle d'analyse qui est plus précise que la méthode de Fehling. Elle utilise le caractère réducteur des sucres. L'oxyde  $\text{Cu}_2\text{O}$  formé est recueilli, on le fait agir sur de sulfate de fer et d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ ) en excès qui est partiellement réduit en sulfate ferreux ( $\text{FeSO}_4$ ) que l'on dose par le permanganate de potassium. C'est un dosage en deux étapes, selon les deux réactions d'oxydoréduction suivantes :

**1<sup>ère</sup> étape :**



**2<sup>ème</sup> étape :**



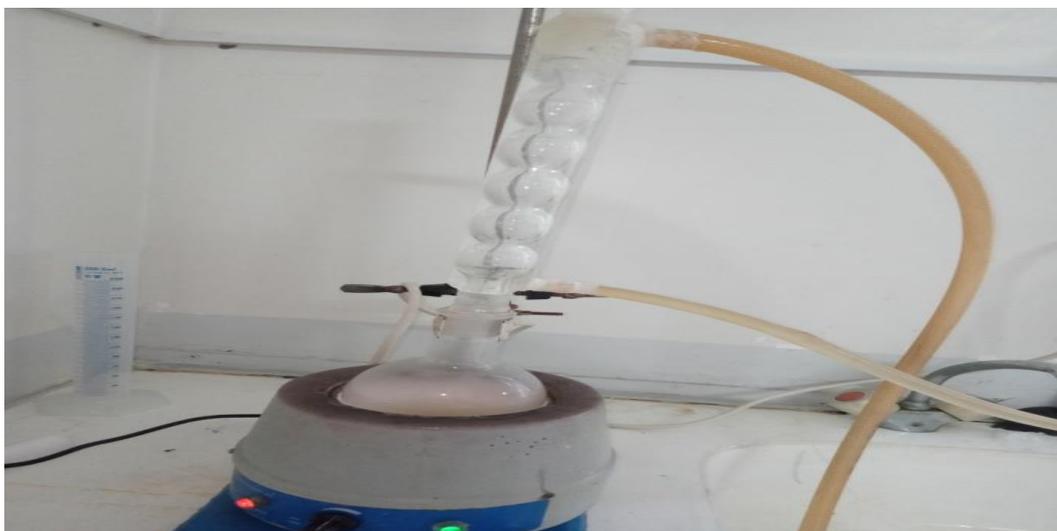
**Mode opératoire :** La teneur en amidon a été déterminée selon la norme française NF V03-606.

**1<sup>ère</sup> étape**

Dans un ballon propre et sec on place 20g d'échantillon et 0.2g de  $\text{CaCO}_3$ , puis on ajoute 100ml d'éthanol pur. Le mélange est chauffé à reflux pendant 30min (lavage du réfrigèrent avec l'éthanol). Après 30 min, on filtre le mélange, on récupère l'éthanol dans un flacon et le filtrat (résidu) dans une capsule. La capsule est ensuite séchée à  $50^\circ\text{C}$  pendant 5h.

**2<sup>ème</sup> étape**

Dans un ballon propre et sec on place 1g d'échantillon séché auparavant à  $50^\circ\text{C}$  et 30ml de HCl (5%), l'ensemble est chauffé à reflux pendant 1h ([Figure II. 10](#)).



**Figure II. 10 :** Chauffage à reflux

Après une heure de chauffage à reflux, le mélange est filtré puis lavé avec de l'eau distillée. La phase aqueuse est ensuite récupérée et neutralisée avec NaOH (10%) en présence de phénolphtaléine jusqu'à ( $6 < \text{pH} < 7$ ). La solution aqueuse est ensuite ajustée avec l'eau distillée jusqu'à 100ml. 10ml de cette solution ont été prélevées et mélangées avec 10ml de Fehling A et 10ml de Fehling B (Figure II. 11).



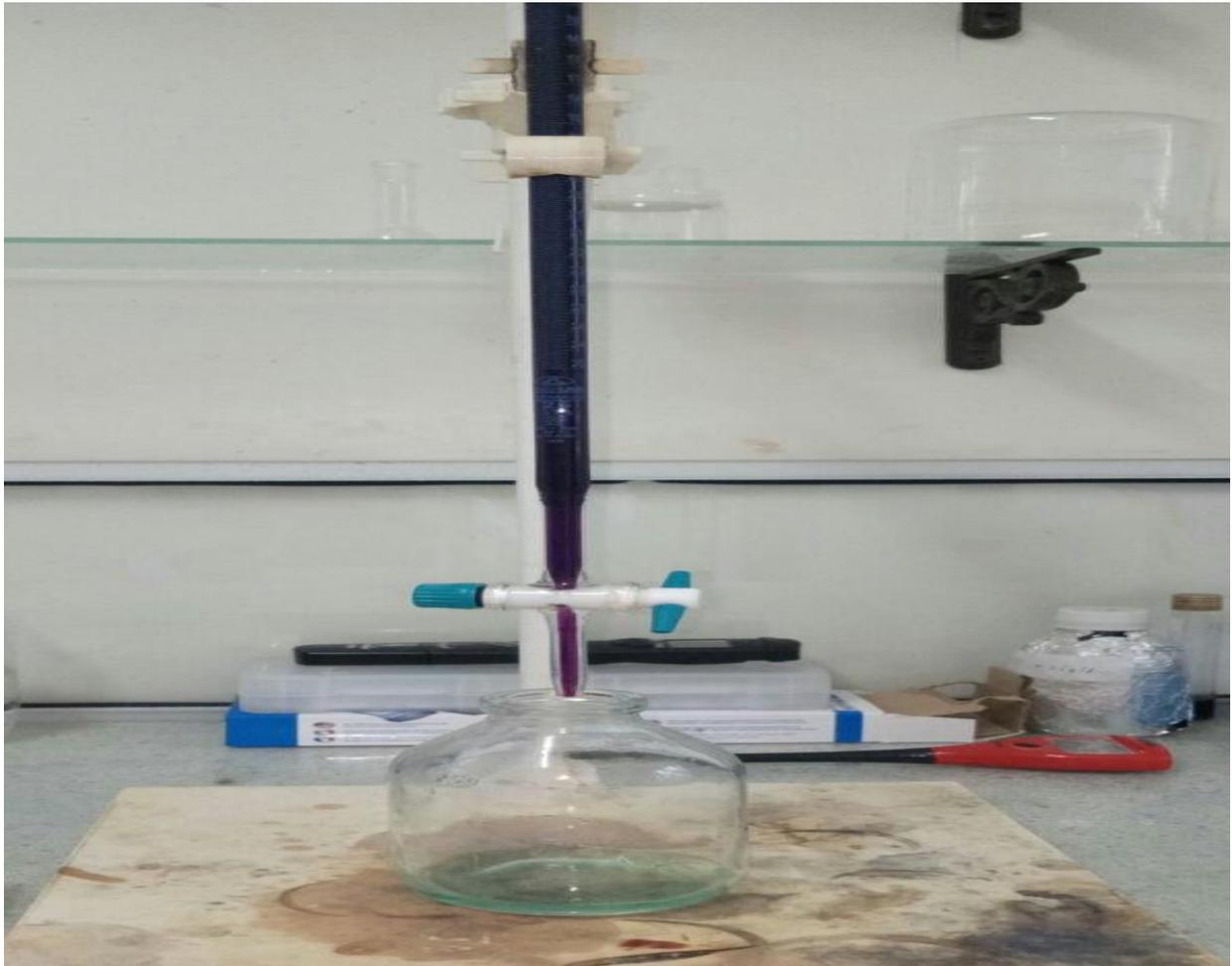
**Figure II. 11 :** Réactif de Fehling

Trois boules de verre ont été ajoutées au mélange précédent et l'ensemble est chauffé pendant 3min, puis filtré et lavé avec l'eau distillée chaude. Le filtre a été lavé par 10ml de la solution ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ).



**Figure II. 12 :** Filtration et lavage du précipité

Le filtrat récupéré après lavage du filtre avec la solution ferrique ( $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ ) a été titré avec la solution  $\text{KMnO}_4$  (0.02N).



**Figure II. 13 :** Titrage de l'Amidon

## CHAPITRE III

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans ce chapitre on présente les résultats obtenus pour les différentes analyses effectuées. Les résultats sont présentés sous forme de tableau et de graphe, suivis d'une interprétation.

## III.1. Teneur en humidité (H) et la matière sèche (MS)

## a. Teneur en humidité

## ✓ Expression de résultats

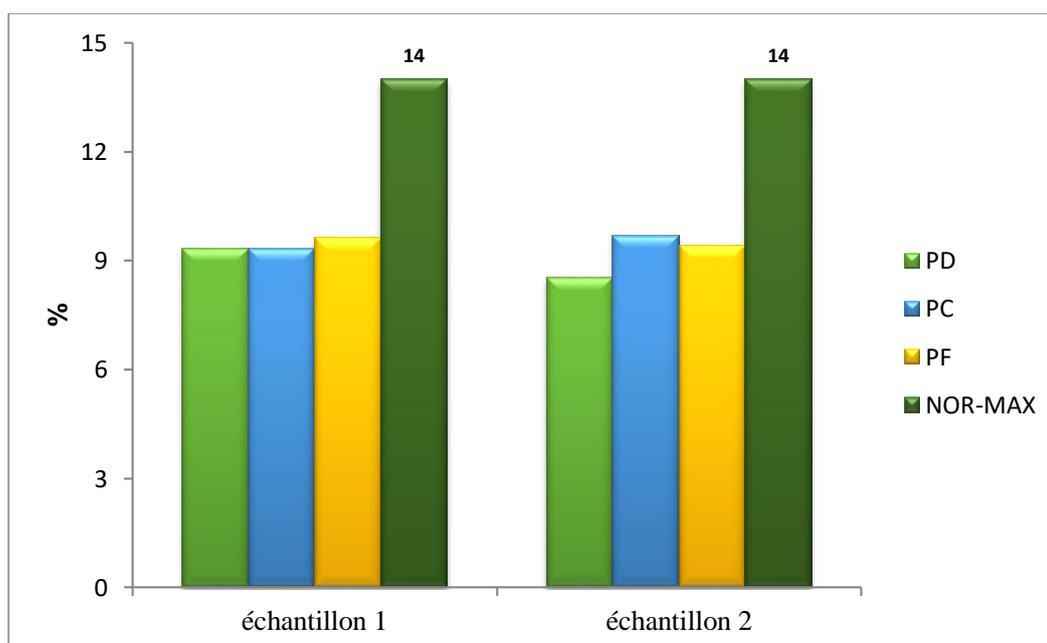
La teneur en humidité d'aliment de poulet de chair a été déterminée selon la formule suivante :

$$H\% = 100 - MS\% \quad (\text{III. 1})$$

Les résultats expérimentaux obtenus pour la teneur en eau pour les deux échantillons analysés sont récapitulés dans le [tableau III. 1](#) et représentés graphiquement sur la [figure III. 1](#).

**Tableau III. 1** : Résultats de la teneur en eau pour les deux échantillons.

Différentes phases de croissances	Echantillon 1	Echantillon 2	Normes
Phase démarrage	9,34 %	8,53 %	< 14 %
Phase croissance	9,34 %	9,7 %	< 14 %
Phase finition	9,63 %	9,42 %	< 14 %



**Figure III. 1** : La teneur en humidité d'aliment de poulet de chair.

En observant la figure ci-dessus nous remarquons que les deux échantillons de l'aliment de poulet de chair pour les trois phases de croissances sont dans les normes (inférieur à 14%).

On remarque également que la teneur en humidité de l'échantillon 1 pour les trois phases de développement est presque constante, par contre, pour le deuxième échantillon nous avons trouvé des valeurs très proches pour les trois phases de développement avec une légère différence en pourcentage pour la phase de démarrage qui est inférieure par rapport à celles des phases de croissance et de finition.

### b. La matière sèche

#### ✓ Expression de résultats

Le % en matière sèche dans les deux échantillons analysés est déterminée selon la formule suivante :

$$MS \% = \frac{(m_3 - m_1)}{m_2} \times 100 \quad (\text{III. 2})$$

Avec :

$m_1$  : masse de la capsule vide

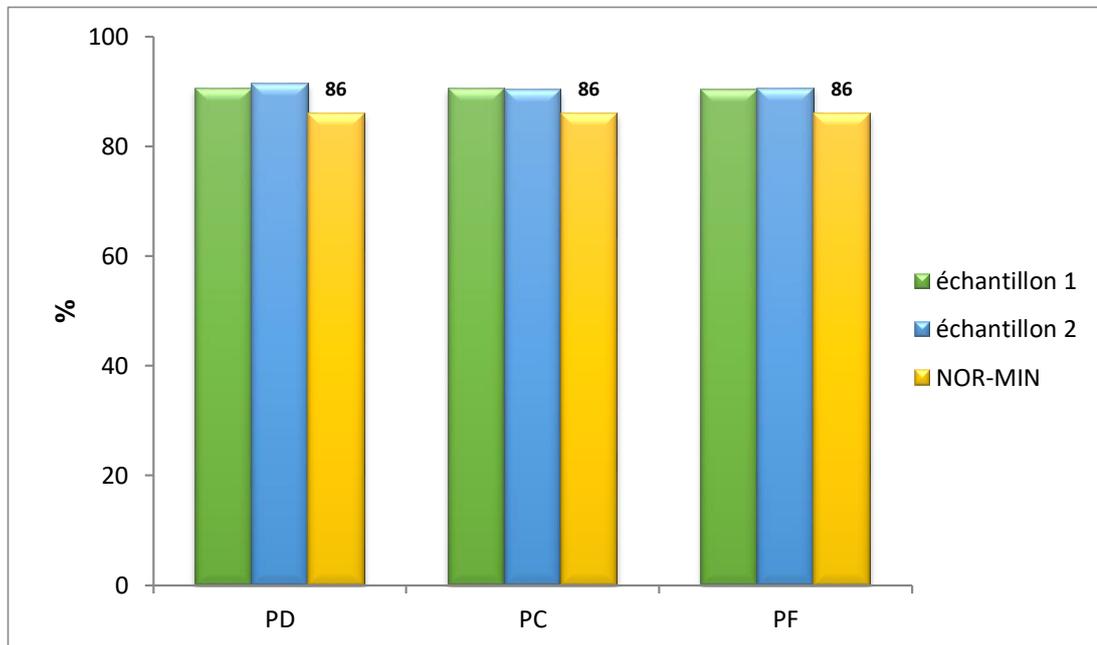
$m_2$  : masse l'échantillon avant séchage

$m_3$  : masse de la capsule + l'échantillon après séchage

Le [tableau III. 2](#) représente les résultats de la matière sèche obtenue pour les deux échantillons analysés et pour les trois phases de développement. Ces résultats sont représentés graphiquement sur la [figure III. 2](#).

**Tableau III. 2 :** Résultats de la teneur moyenne en MS dans les aliments analysés.

	Echantillon 1	Echantillon 2	Normes
Phase démarrage	90,66 %	91,47 %	> 86 %
Phase croissance	90,66 %	90,30 %	> 86 %
Phase finition	90,37 %	90,58 %	>86 %



**Figure III. 2 :** Teneurs moyennes en MS dans les deux échantillons analysés.

La [figure III. 2](#) montre que les teneurs en matières sèches des deux aliments analysés et pour les différentes phases de développement respectent les normes admises pour les aliments destinés à la consommation des poules de chair (> 86%). On remarque également que les teneurs en matières sèches sont très proches les unes des autres pour les deux l'échantillon.

Les aliments analysés peuvent être classés parmi les aliments très secs. Cet état de siccité est très favorable à la conservation de ces produits, parce que, dans les produits déshydratés ou fortement séchés, l'activité de l'eau atteint des valeurs suffisamment basses pour interdire le développement d'une forte proportion de micro-organismes [\[57\]](#).

### III. 2. Les cendres

#### ✓ Expression de résultat

Le taux des cendres dans les échantillons analysés est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{Cendres \%} = \frac{(m_2 - m_1)}{m_0} \times 100 \quad (\text{III. 3})$$

Avec :

$m_0$  : masse de l'échantillon avant incinération.

$m_1$  : masse du creuset vide.

$m_2$  : masse de l'échantillon + creuset après incinération.

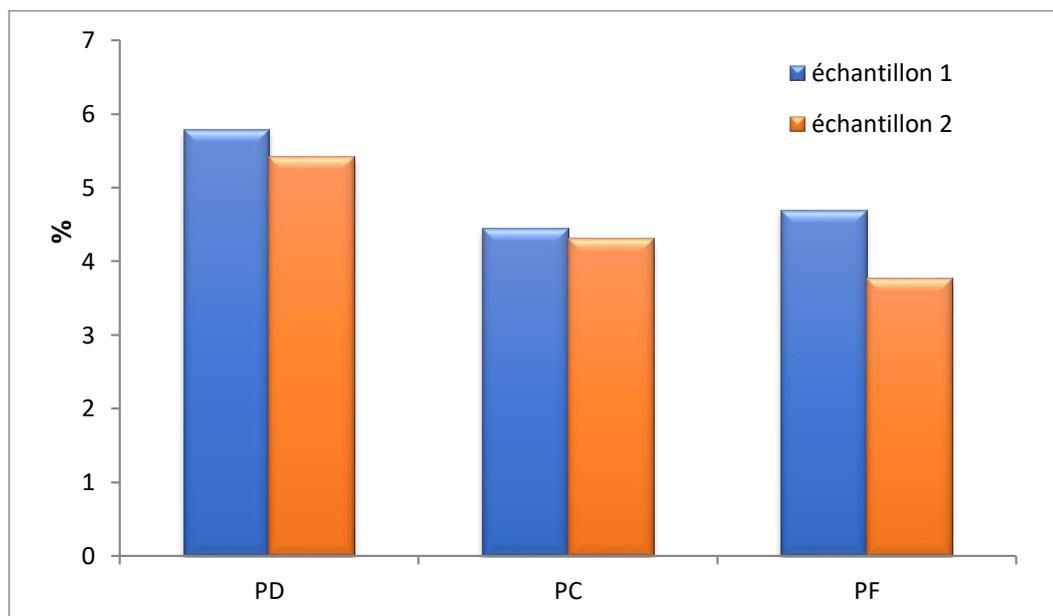
Cette analyse nous permet également de déduire la teneur en matière organique (MO) qui est calculée par la formule suivante :

$$\text{MO\%} = \text{MS\%} - \text{les cendres\%} \quad (\text{III. 4})$$

Le [tableau III. 3](#) représente les résultats de la teneur en cendre obtenue pour les deux aliments de poulet de chair analysés et pour les trois phases de développement. Ces résultats sont représentés graphiquement sur la [figure III. 3](#).

**Tableau III. 3** : Résultats de la teneur en cendre d'aliment de poulet de chair.

Phases de croissances	Echantillon 1	Echantillon 2	Normes
Phase démarrage	5,78 %	5,42 %	/
Phase croissance	4,44 %	4,30 %	/
Phase finition	4,69 %	3,758 %	/



**Figure III. 3** : Teneur en cendre dans les aliments analysés.

La comparaison des résultats d'analyse obtenus montre que les deux échantillons ont des teneurs en cendre très proche dans les phases de démarrage et croissance. Comme on remarque également que la teneur en cendre pour l'échantillon 2 est inférieure à celle de l'échantillon 1 dans la phase de finition. Les valeurs obtenues ne donnent pas une indication concrète sur la valeur des minéraux qui constituent ces aliments. Les petites différences observées sont probablement dues à la matière première utilisée pour la fabrication de ces aliments.

### III. 3. Les minéraux

La composition des aliments analysés en minéraux a été déterminée selon les modes opératoires détaillés dans la section II.3.3.

## III. 3. 1. Calcium

## ✓ Expression de résultat

Le taux de calcium dans les deux échantillons analysés est déterminé par la formule suivante :

$$[\text{Ca}^{2+}] = \frac{20,04 \times V \times N_{\text{KMnO}_4} \times 50}{m_0 \times V'} \quad (\text{g/Kg}) \quad (\text{III. 5})$$

$$[\text{Ca}^{2+}] \% = \frac{[\text{Ca}^{2+}]}{10} \quad (\text{III. 6})$$

Avec :

20,04 =  $M(\text{Ca}^{+2}) / 2 = 40,08 / 2$  en  $M_{\text{éq}}$ .

V: volume de  $\text{KMnO}_4$  titré (chute de burette) en ml.

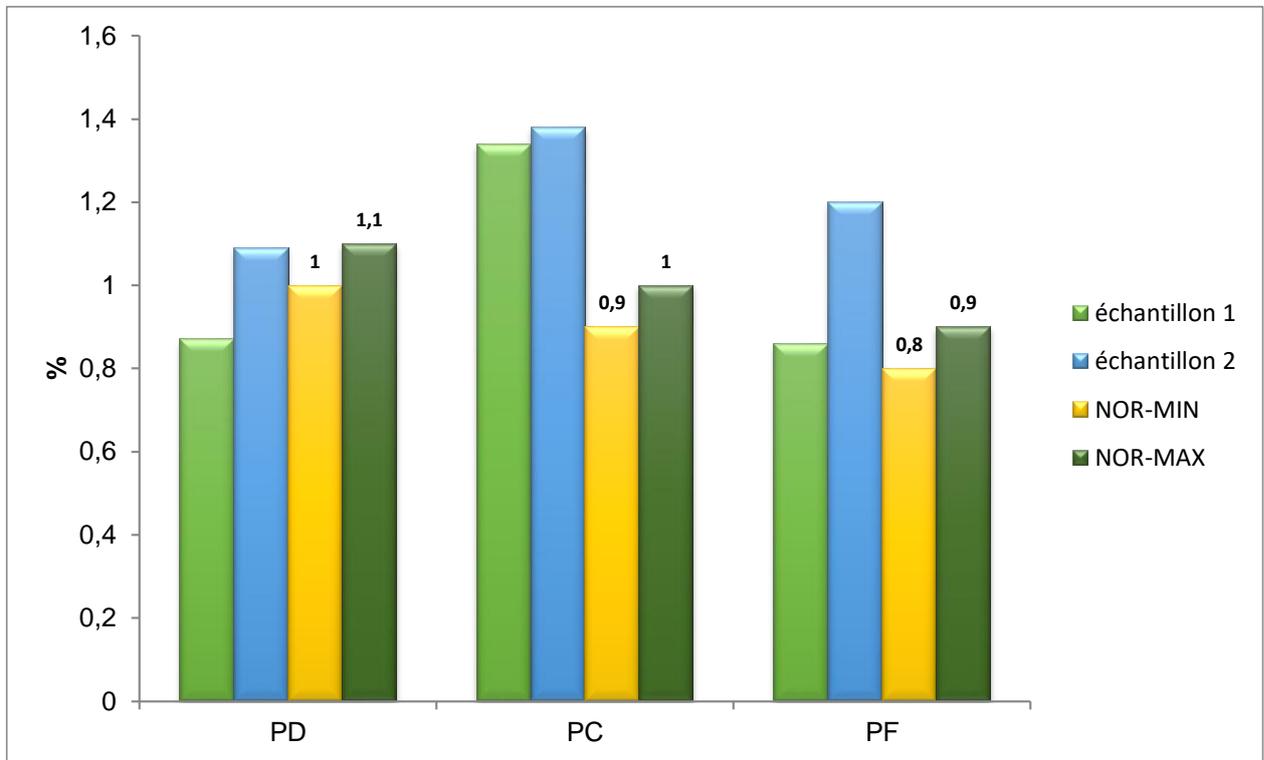
$N_{\text{KMnO}_4}$ : La normalité de  $\text{KMnO}_4 = 0,1\text{N}$ .

$m_0$ : la masse de la prise d'essai.

Le [tableau III. 4](#) représente les résultats de calcium obtenu pour les deux échantillons d'aliment de poulet de chair analysés et pour les trois différentes phases de développement. Ces résultats sont représentés graphiquement sur la [figure III. 4](#).

**Tableau III. 4** : Résultats de dosage de calcium.

Phases de croissances	Echantillon 1	Echantillon 2	Normes	
			Min	Max
Phase démarrage	0,87 %	1,09 %	1.00%	1.10%
Phase croissance	1,34 %	1,38 %	0.9%	1.00%
Phase finition	0,86 %	1,2 %	0.80%	0.90%



**Figure III. 4 :** Teneur en calcium dans les deux échantillons analysés.

Les résultats de la [figure III. 4](#) montrent qu'en phase de démarrage, le taux de calcium dans l'échantillon 2 est dans la norme, par contre dans l'échantillon 1 il est inférieur à la norme minimum (n'est pas dans l'énorme). De même, en phase de croissance, on remarque que le taux de calcium dans les deux échantillons est supérieur à la norme maximum.

En phase de finition, le taux de calcium dans le premier échantillon est dans l'énorme. Par contre dans le deuxième échantillon il est supérieur à la norme maximum (n'est pas dans l'énorme).

Le calcium qui est l'un des minéraux les plus abondants au sein de l'organisme est un élément indispensable dans la fabrication du squelette de l'animal au cours de sa croissance. Chez les volailles, généralement un déficit en calcium affecte de façon sensible la croissance chez les très jeunes poulets (poussins), par contre chez les poulets plus âgés la déficience en calcium ne ralentit pas la croissance, mais diminue la minéralisation des os [22]. Le calcium influe également dans, l'efficacité alimentaire, le développement osseux, la santé des pattes, le fonctionnement des nerfs et du système immunitaire. Il est nécessaire d'apporter le calcium en quantités adéquates [58]. Pour cela, on conclut que pour l'échantillon 1, le taux de calcium doit être augmenté en phase de croissance vu l'importance de cette phase pour la croissance des poulets.

### III. 3. 2. Sodium

#### ✓ Expression de résultat

Le taux de sodium dans l'aliment de poulet de chair est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{Na \%} = \frac{N_{\text{AgNO}_3} \times V \times M_{\text{Na}}}{5 \times m_e \times 1000} \times 100 \quad (\text{III. 7})$$

Avec :

$M_{\text{Na}}$ : La masse molaire de sodium (23g/mol).

$m_e$  : La masse de l'échantillon.

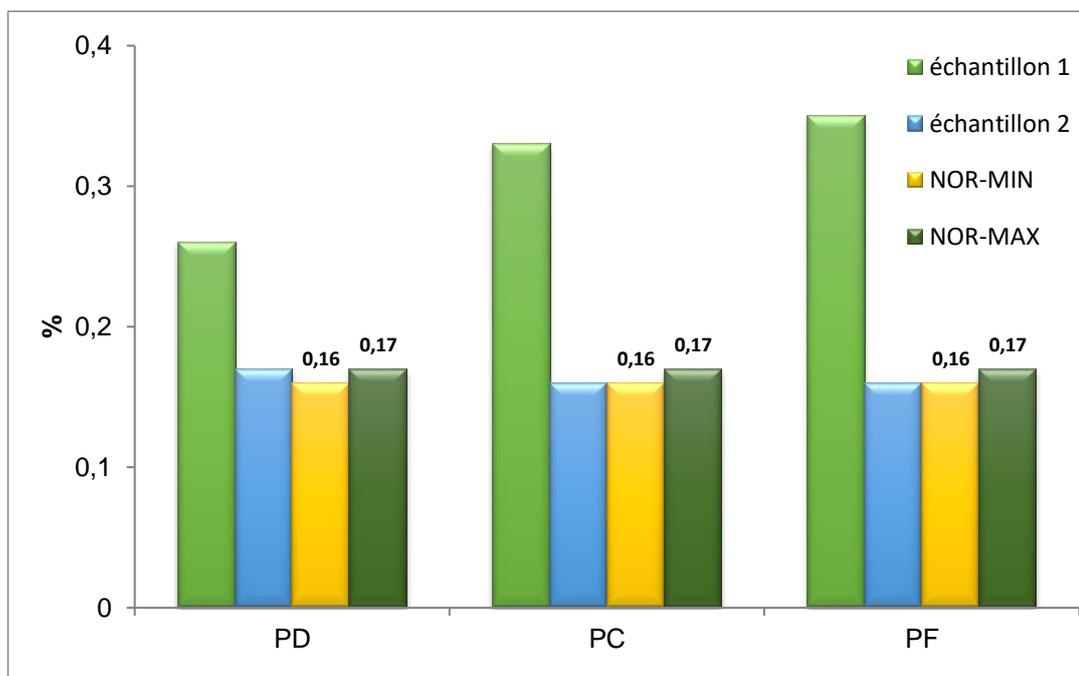
$N_{\text{AgNO}_3}$  : Normalité d'AgNO<sub>3</sub>.

$V$  : volume du titrage (volume d'AgNO<sub>3</sub>).

Le [tableau III. 5](#) regroupe les résultats obtenus après l'analyse des deux échantillons et pour les trois phases de développement. Ces résultats sont également représentés graphiquement sur la [figure III. 5](#).

**Tableau III. 5** : Résultats de dosage de sodium.

Phases de croissances	Echantillon 1	Echantillon 2	Normes	
			Min	Max
Phase démarrage	0,26 %	0,17 %	0,16%	0,17%
Phase croissance	0,33 %	0,16 %	0,16%	0,17%
Phase finition	0,35 %	0,16 %	0,16%	0,17%



**Figure III. 5** : Teneur en sodium dans les deux échantillons analysés.

D'après l'histogramme précédent, nous constatons que le premier échantillon ne répond pas à la norme pour les trois phases de croissances (tous les résultats obtenus sont supérieurs à l'énorme édité par la source ONAB), par contre le deuxième échantillon il répond à la norme pour les trois phases de croissances (PD, PC et PF). Le sodium est un minéral essentiel pour la régulation osmotique, pour cela le taux de cet élément dans le premier échantillon doit être réduit de façon à atteindre la norme, car un régime mal équilibré en sel est la cause d'hypertension chez les jeunes oiseaux ainsi que chez les adultes. Un excès de sel entraîne une grande consommation d'eau, ce qui provoque des diarrhées. Leur déficience peut également affecter la consommation de l'aliment, la croissance, et le pH sanguin [22].

### III. 3. 3. Phosphore

#### ✓ Expression de résultat

Le taux de phosphore dans les deux échantillons analysés est déterminé par la formule suivante :

$$C = \frac{\text{Absorbance}}{\text{pente}}, C \text{ (mg/20ml)} \quad (\text{III. 8})$$

On doit le trouver par rapport à 1ml :

$$\left. \begin{array}{l} C \text{ (mg)} \rightarrow 20 \text{ ml} \\ \delta \text{ (mg)} \rightarrow 1 \text{ ml} \end{array} \right\} \delta \text{ (mg/ml)}$$

Le taux de phosphore est donné par la formule suivante :

$$P \% = \frac{\delta \times 1^{\text{ère}} \text{ dilution} \times 2^{\text{ème}} \text{ dilution}}{V_e \times m_e \times 1000} \times 100 \quad (\text{III. 9})$$

Avec :

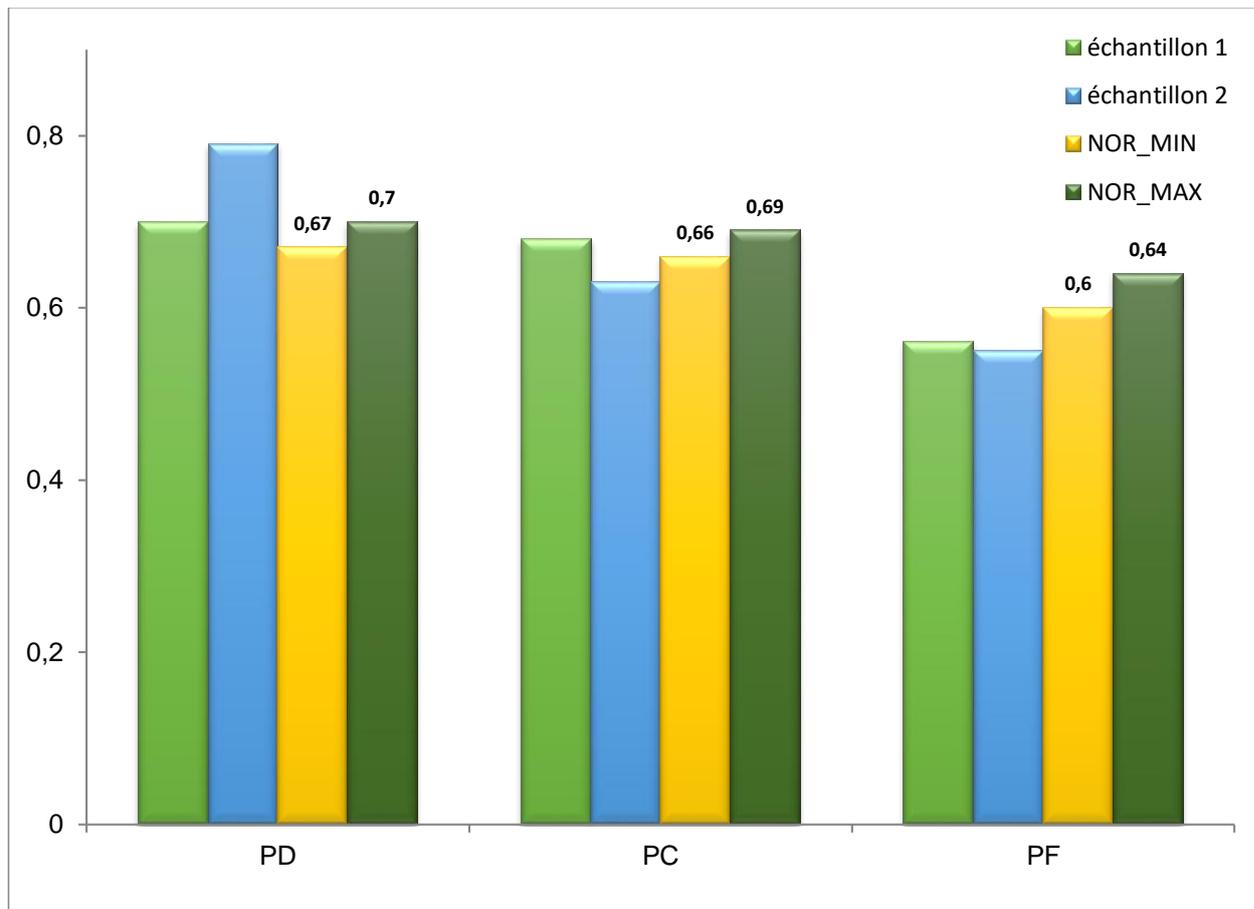
$V_e$ : Volume de la prise d'essai

$m_e$ : La masse de la prise d'essai

Le [tableau III. 6](#) représente les résultats de phosphore obtenu pour les deux échantillons analysés et pour les trois phases de développement. Ces résultats sont également représentés graphiquement sur la [figure III. 6](#).

**Tableau III. 6** : Résultats de dosage de phosphore.

Phases de croissances	Echantillon 1	Echantillon 2	Normes	
			Min	Max
Phase démarrage	0,7 %	0,79 %	0,67%	0,70%
Phase croissance	0,68 %	0,63 %	0,66%	0,69%
Phase finition	0,56 %	0,55 %	0,60%	0,64%



**Figure III. 6 :** Teneur en phosphore.

D'après les résultats de la [figure III. 6](#), il est clair que le taux de phosphore dans l'échantillon 2 n'est pas dans la norme pour les trois phases de développement (pour les phases de démarrage et croissance le taux est supérieur à la norme maximale, par contre pour la phase de finition il est inférieur à la norme minimale). Pour ce qui est de l'échantillon 1, on constate qu'il est dans la norme pour deux phases (démarrage et croissance), mais il est inférieur à la norme minimale dans le cas de la phase de finition.

L'excès du taux de phosphore dans l'aliment n'est pas trop à craindre, vu que le besoin en phosphore est couvert, les variations du rapport Ca /P n'exercent pas d'effets sur la croissance et la minéralisation, dans la mesure où le besoin en calcium est couvert lui aussi. Par contre la carence en phosphore se traduit par une perte d'appétit, un ralentissement de la croissance, des troubles locomoteurs graves et de la mortalité [\[22, 58\]](#).

Les minéraux sont nécessaires pour les fonctions métaboliques générales. Leur déficience peut affecter la consommation de l'aliment, la croissance, et le pH sanguin. Des niveaux excessifs de ces minéraux ont pour effet d'augmenter la consommation d'eau, ce qui induit une mauvaise qualité de litière.

### III. 4. Teneur en Protéine

#### ✓ Expression de résultat

La teneur en protéine dans nos échantillons a été déterminée selon la formule suivante :

$$P \% = \frac{(V_0 - V_1) \times N \times M \times F}{m} \times 100 \quad (\text{III. 10})$$

Pour la teneur en azote, elle a été déterminée selon la formule suivante :

$$N \% = \frac{(V_0 - V_1) \times N \times M \times F}{m} \times 100 \quad (\text{III. 11})$$

Avec :

$v_0$  : volume de NaOH utilisé pour le titrage du blanc en (l)

$V_1$  : volume de NaOH utilisé pour le titrage du distillat en (l)

M : masse molaire de l'azote (14g/mol)

N : concentration de NaOH (1N)

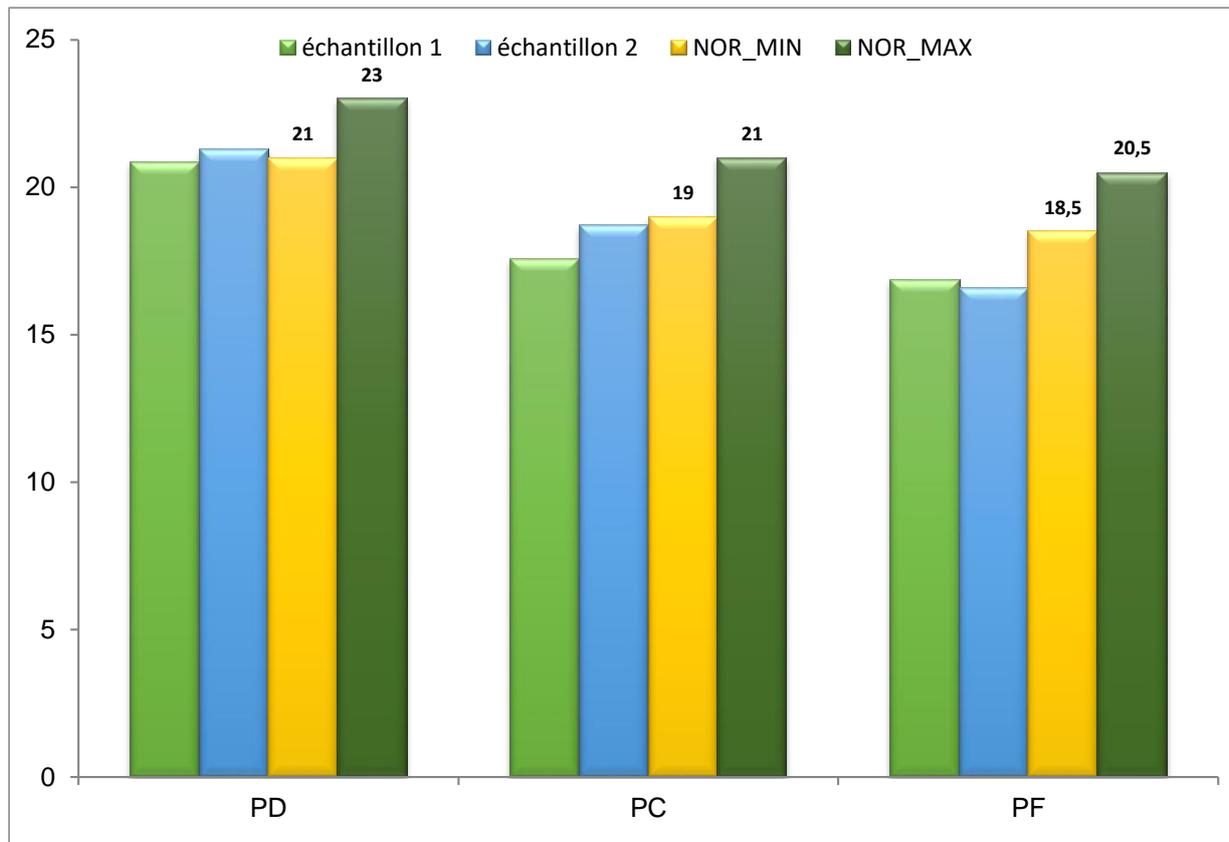
F = 6.25 : facteur de protéine

m : la masse de la prise d'essai

Le [tableau III. 7](#) regroupe les résultats de la teneur en protéine obtenue pour les deux échantillons analysés et pour les trois phases de développement. Ces résultats sont représentés graphiquement sur la [figure III. 7](#).

**Tableau III. 7** : Résultats de la teneur en protéine.

Phases de croissances	Echantillon 1	Echantillon 2	Normes	
			Min	Max
PD	20,84 %	21,28 %	21%	23%
PC	17,56 %	18,70%	19,0%	21%
PF	16,85 %	16,57 %	18,5%	20,5%



**Figure III. 7 :** Teneur en protéine dans les deux échantillons analysés.

Au regard des résultats de la [figure III. 7](#) on constate que la teneur en protéine est dans la norme uniquement pour la phase démarrage dans l'échantillon 2. Pour l'échantillon 1 la teneur en protéine est inférieure à la norme minimale pour les trois phases de développement. Même remarque concernant l'échantillon 2 pour les phases de croissance et finition, les valeurs sont également inférieures à la valeur minimale de la norme. Cela peut être dû à la matière première utilisée pour la fabrication de ces aliments [\[21\]](#).

Les besoins en protéines d'un animal se définissent comme la nécessité de recevoir un certain apport de chaque acide aminé essentiel. Le poulet de chair est sensible à la densité digestible des acides aminés et réagira favorablement, en termes de croissance, efficacité alimentaire et rendement des parties de la carcasse, à des régimes correctement équilibrés en acides aminés et conformes aux recommandations.

Une carence en protéines peut provoquer un certain nombre de risques pathologiques. Toutefois, l'excès en protéines peut induire une fatigue du foie et des reins, générer l'apparition de déchets toxiques dans l'intestin et le sang, comme il peut réduire modérément l'appétit sans altérer la croissance [\[58\]](#).

### III. 5. La matière grasse

#### ✓ Expression de résultat

La teneur en matière grasse dans les aliments de poulet de chair analysés a été déterminée selon la formule suivante :

$$\text{MG \%} = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (\text{III. 12})$$

Avec :

$m_0$ : La masse de l'échantillon en gramme.

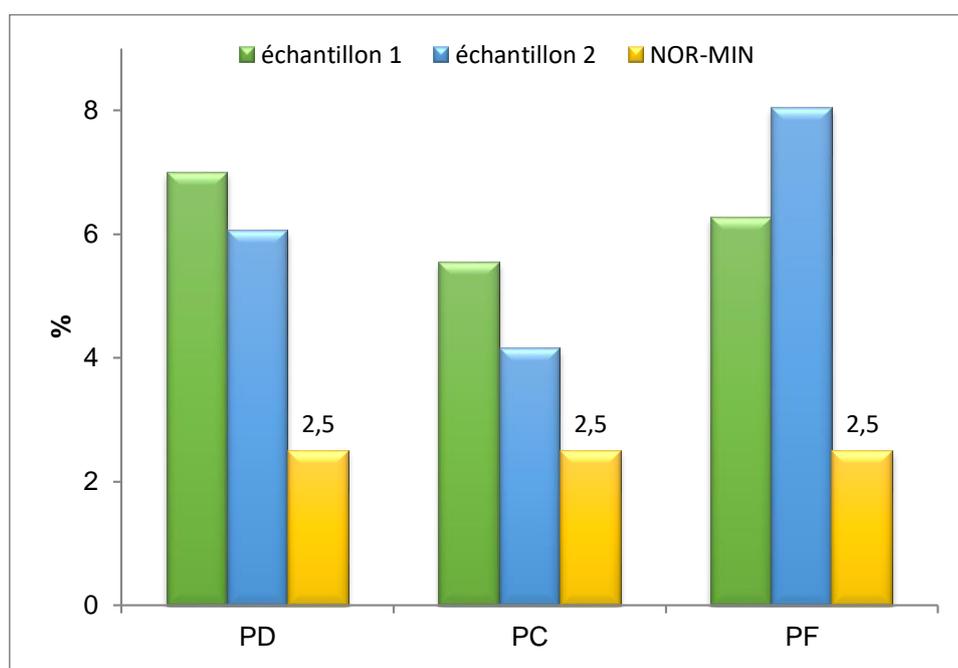
$m_1$ : La masse du ballon en gramme.

$m_2$ : La masse du ballon après séchage en gramme.

Le [tableau III. 8](#) rassemble les résultats de la teneur en matière grasse obtenus pour les deux échantillons et pour les trois phases de développement. Ces résultats sont également représentés graphiquement sur la [figure III. 8](#).

**Tableau III. 8 :** Résultats de la teneur en matière grasse.

Phases de croissances	Echantillon 1	Echantillon 2	Normes (Source ONAB)
PD	6,99 %	6,05 %	> 2,5%
PC	5,54 %	4,15 %	> 2,5%
PF	6,27 %	8,04 %	> 2,5%



**Figure III. 8 :** Teneur en matière grasse.

À partir du graphique (figure III. 8), nous pouvons constater que la teneur en matière grasse répond aux normes (> 2,5) pour les deux aliments et pour les trois phases de croissances. On remarque également que la teneur en matière grasse dans la phase de croissance est inférieure à celles des deux autres phases pour les deux aliments.

### III. 6. Cellulose

#### ✓ Expression de résultat

Le taux de la cellulose dans l'aliment de poulet de chair analysé a été déterminé selon la formule suivante :

$$\text{Cellulose brute \%} = \frac{(m_1 - m_3) - (m_2 - m_4)}{m_e} \times 100 \quad (\text{III. 13})$$

Avec :

$m_1$ : masse de creuset + masse de filtre + masse d'échantillon après séchage à l'étuve.

$m_2$  : masse de creuset + masse d'échantillon après incinération au four.

$m_3$  : masse de filtre + masse du creuset.

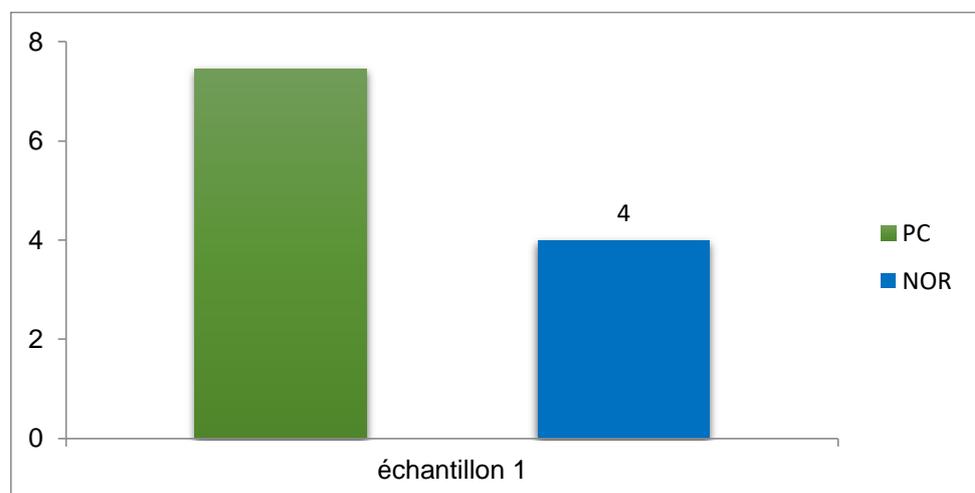
$m_4$  : masse du creuset vide.

$m_e$  : masse de la prise d'essai.

Pour la teneur en cellulose, nous l'avons déterminée uniquement pour un seul échantillon et pour une seule phase de développement. Le résultat obtenu est donné dans le tableau III. 9 et représenté graphiquement sur la figure III. 9.

**Tableau III. 9 :** Teneur en cellulose dans l'échantillon 1

Phase de croissance	Echantillon 1	Norme
PC	7,45%	< 4%



**Figure III. 9 :** Teneur en cellulose dans l'échantillon 1.

La valeur obtenue pour le taux de cellulose (7,45%) est supérieure à la norme (< 4%). Ceci peut être dû à une variabilité des teneurs en cet élément dans les matières premières employées pour la préparation de l'aliment.

### III. 7. Amidon

#### ✓ Expression de résultat

Le taux d'amidon dans les aliments de poulet de chair analysés est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{Amidon \%} = \frac{(Z \times 10^{-3}) \times 100}{10 \times m_e} \times 100 = \frac{Z}{m_e} \quad (\text{III. 14})$$

La valeur de Z a été trouvée par l'utilisation de la table de Bertrand (annexe 1) d'après le  $m_{\text{Cu}}$  :

$$m_{\text{Cu}} = 5 \times V \times N_{\text{KMnO}_4} \times M_{\text{Cu}} \quad (\text{III. 15})$$

La formule utilisée dans le calcul de la teneur en  $\text{Cu}^{2+}$  est détaillée dans l'annexe 3.

Avec :

V : volume de  $\text{KMnO}_4$  en ml.

$N_{\text{KMnO}_4}$  : Normalité de  $\text{KMnO}_4$ .

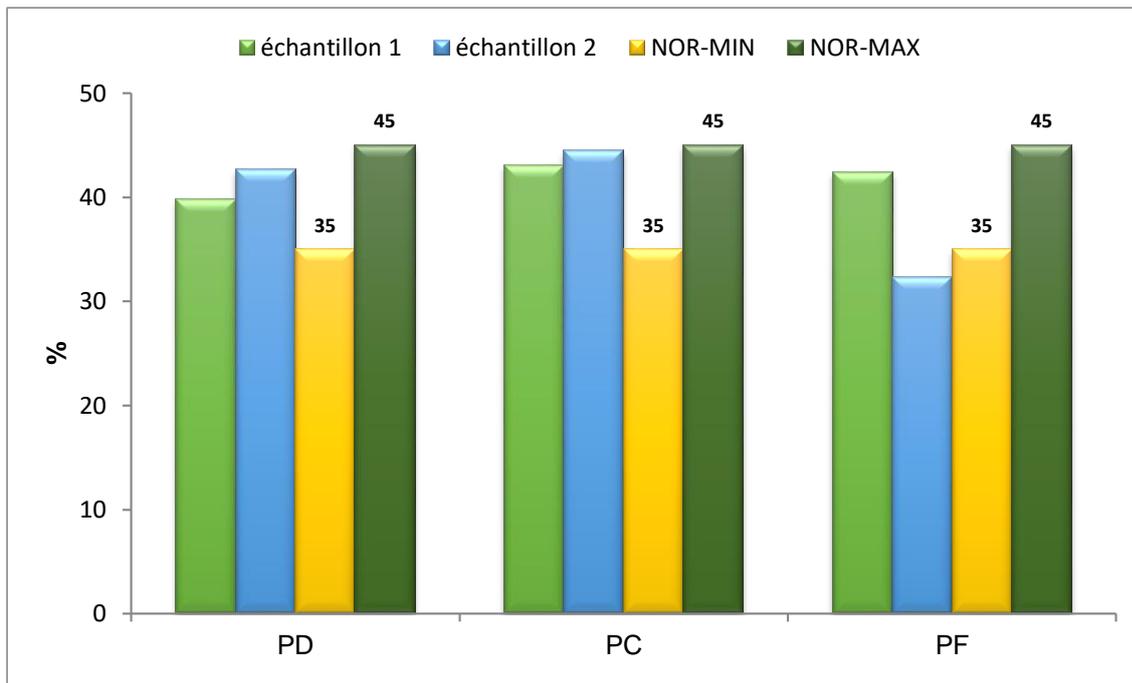
$M_{\text{Cu}}$  : La masse molaire du cuivre en g/mol.

$m_e$  : La masse de l'échantillon en g.

Le [tableau III. 10](#) regroupe les résultats obtenus pour les deux aliments analysés et pour les trois phases de développement. Ces résultats sont représentés graphiquement sur la [figure III. 10](#).

**Tableau III. 10** résultats de l'amidon d'aliment de poulet de chair.

Phases de croissances	Echantillon 1	Echantillon 2	Normes	
			Min	Max
PD	39,86 %	42,66 %	35%	45%
PC	43,10 %	44,51 %	35%	45%
PF	42,44 %	32,38 %	35%	45%



**Figure III. 10 :** Teneur en amidon dans les aliments analysés.

La [figure III. 10](#) représente les résultats en pourcentage de l'amidon obtenus après l'analyse effectuée sur les deux aliments et pour les trois phases de croissances. Il est clair de cette figure que la teneur en amidon dans le premier échantillon pour les trois phases est dans la norme (entre 35% et 45%). Pour le deuxième échantillon, on constate qu'il est dans la norme pour les phases démarrage et croissance, par contre pour la phase de finition la teneur est inférieure à la norme. On remarque également que la teneur en amidon est élevée dans la phase de croissance par rapport aux deux autres phases (démarrage et finition) cela peut être dû aux besoins du poulet à l'énergie (aux calories).

## CONCLUSION

Après la réalisation des différentes analyses physico-chimique pour évaluer la qualité des deux échantillons représentatifs du marché des aliments du poulet de chair dans la wilaya de Bejaia selon les méthodes d'analyses officielles et internationales, on a conclu que :

- Le taux de calcium dans le premier échantillon est dans la norme pour la phase de finition seulement, par contre pour le deuxième échantillon le taux de calcium est dans la norme pour la phase de démarrage uniquement.
- Pour le sodium, on a constaté que le premier échantillon est hors-norme pour les trois phases de croissances, par contre le deuxième échantillon répond à la norme pour les trois phases de croissances (PD, PC et PF).
- Le taux de phosphore dans le deuxième échantillon n'est pas dans la norme pour les trois phases de développement. Par contre pour le premier échantillon, le taux de phosphore est dans la norme pour les phases de démarrage et de croissance, mais il est inférieur à la norme minimale pour la phase de finition.
- Pour le deuxième échantillon, la teneur en protéine est dans la norme uniquement pour la phase démarrage. Alors que, pour le premier échantillon la teneur en protéine est inférieure à la norme minimale pour les trois phases de développement.
- La teneur en matière grasse répond aux normes pour les deux aliments et pour les trois phases de croissances.
- La teneur en amidon dans le premier échantillon est dans la norme pour les trois phases. Par contre pour le deuxième échantillon on a constaté qu'il est dans la norme pour les phases démarrage et croissance, et elle est inférieure à la norme pour la phase de finition.

Les deux aliments analysés contiennent un taux d'humidité convenable qui laisse le poulet ait un grand appétit avec une bonne digestion vu la contenance très basse des fibres. La siccité de ces aliments favorise également la conservation de ces produits.

Malgré que les teneurs de certains éléments ne répondent pas aux normes, les deux échantillons étudiés répondent aux besoins du poulet de chair, et permettent d'avoir des bonnes moyennes de croissance, comme ils permettent d'obtenir un poulet sain prévu de différentes maladies qui dégrade son état de santé et nous montre aussi un haut niveau de qualité qui répond aux exigences du marché et des éleveurs afin d'obtenir une bonne production dans cette région.

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- [1] Mingoas. K. J. P et al "Effets du système d'élevage sur les performances zootechniques et les paramètres sanguins et biochimiques chez les poulets de chair en zone péri-urbaine de Ngaoundéré, Cameroun." *Journal of Animal & Plant Sciences* 32.1 (2017) : 5079-5094.
- [2] Djamel BELAID. L'élevage avicole en Algérie, collection dossiers agronomiques (2015).
- [3] Brah. N, Houndonougbo. M. F, Issa. S. Etapes et méthodes de formulation d'aliment de volaille : Une synthèse bibliographique." *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 9.6 (2015) : 2924-2931.
- [4] Abdelouahab OUAREST. Le soja dans l'alimentation du poulet de chair aspects qualitatif et quantitatif. Mémoire de Magister en médecine vétérinaire. Constantine (2008).
- [5] LABOUCHE. Cl, MAINGUY. P. Aspects physiologiques et nutritionnels de l'alimentation du bétail en Afrique tropicale. 1954.
- [6] BULDGEN. André. Aviculture semi-industrielle en climat subtropical : Guide pratique. Presses agronomiques de Gembloux, 1996.
- [7] Amadou. O. T. Guide technique et économique d'un élevage de poulets de chair (2010).
- [8] Chahrazed ABERKANE, Ahmed MESSAI. Rendement en carcasse et poids des abats consommables et non consommables chez la souche arbor acres plus S. (2019).
- [9] ARSÈNE. Monsieur RANDRIANARIVELOSEHENO Jules, JUSTIN. Monsieur RALAMBOMANANA. Effets comparés de deux aliments composés sur les performances zootechniques de la souche chair « ARBOR ACRES ». 2014.
- [10] DAYON, Jean François et ARBELOT, Brigitte. Guide d'élevage des volailles au Sénégal. Dakar: ISRA-LNERV (1997).
- [11] Nitsan. Zafrira, et al. Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. *British poultry science* 32.3 (1991) : 515-523.
- [12] FARCE. M. Ouvrages, revues et colloques publiés de 1965 à 1995 par les chercheurs du secteur Animal de l'INRA. (1996).
- [13] Delteil. L, et al. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Vol. 1. Educagri éditions (2012).
- [14] Bigot. K, et al. Alimentation néonatale et développement précoce du poulet de chair. *Productions animales*. 14(4) (2001) : 219-230.
- [15] Djerrou. Z, Abdelmalek. B. Influence des conditions d'élevage sur les performances chez le poulet de chair (2006).
- [16] Février. R, Gasnier. A, Vachel. J. P. Valeur alimentaire du tourteau de soja influencé du traitement thermique (1952).
- [17] Buldgen, André. Aviculture semi-industrielle en climat subtropical : Guide pratique. Presses agronomiques de Gembloux. (1996).

- [18] Leclercq. B, Catherine. B. Etude par stimulation de la réponse des troupeaux de volailles aux apports d'acides aminés et de protéines. *Productions animales* 13(1) (2000) : 47-59.
- [19] Sanchez, D. I. E. G. O, et al. Characterization of two novel lipocalins expressed in the *Drosophila* embryonic nervous system. *International Journal of Developmental Biology* 44(4) (2004) : 349-359.
- [20] BEHIRA. B. Contribution à l'étude des espèces de lactobacilles à caractère probiotique isolées de la poule domestique (*Gallus gallusdomesticus*) de l'Ouest Algérien. Thèse doctorat microbiologie alimentaire. Université d'Oran (2012).
- [21] Juin. H. L'alimentation protéique des volailles (2015).
- [22] LARBIER. M, LECLERCQ. B. Nutrition et alimentation des volailles. INRA Paris. English Edition: Nutrition and Feeding of Poultry. Translated and Edited by J. Wiseman. (1992).
- [23] GÉLÉBART. B, Xavier. D, Olivier. L. optimisation de l'extraction, en réacteur « batch », de biomasse énergétique à l'aide d'émulsions ultrasoniques de solvants verts (2016).
- [24] COTHENET. G, BASTIANELLI. D. Les matières premières disponibles pour l'alimentation des volailles en zones chaudes (1999).
- [25] Dehaynin. N. Utilisation du sorgho en alimentation animale. Thèse de doctorat. UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I (1977).
- [26] Zitari, S. Étude des valeurs nutritives de certaines ressources alimentaires locales utilisées dans l'alimentation des animaux. Université de Sousse, Master (2008).
- [27] BONADONNA, T. Le son de riz dans l'alimentation des vaches laitières. *Le Lait*, 16(158) (1936). 811- 832.
- [28] Tom. V, van Dyck Stefaan. C. A. A. Enquête sur le statut des huiles et graisses utilisées dans l'industrie avicole (2000).
- [29] Gadoud. R, Marie-Madeleine. J, Roland. J. Nutrition et alimentation : des animaux d'élevage. Foucher (1992).
- [30] ANDELA ABESSOLO. C. M. Etude comparative des performances de croissance de poulet de chair permises par trois aliments chair sur le marché de Dakar. Thèse de doctorat. Méd. Vét : EISMV Dakar (2008).
- [31] Institut national de la recherche agronomique (France). L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles. Editions Quae (1989).
- [32] Sauvant. D, Perez. J. M, Tran. G. Tables INRA-AFZ de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. 2ème Edition revue et corrigée. Paris, France (2004).
- [33] Semal, N. Normaliser la gestion environnementale des entreprises : faire circuler des énoncés et des objets ? La norme ISO 14001 : un objet médiateur (Doctoral dissertation, Université de Liège) (2004).

- [34] Imarazene. T, Djaroun. A. La qualité alimentaire entre certification et contrôle en Algérie. Mémoire master II. Université Mouloud Mammeri (2018).
- [35] Mione. Anne. Les normes comme démarche collective. Revue française de gestion 8 (2006) : 105-122.
- [36] Lamani. O, Hélène. I. Spécificités de l'oléiculture en montagne (région kabyle en Algérie) : pratiques culturelles et enjeux de la politique oléicole publique. L'oléiculture au Maroc de la préhistoire à nos jours : pratiques, diversité, adaptation, usages, commerce et politiques. Montpellier : CIHEAM (2016) : 149-159.
- [37] SAGNA, R. F. Essai de substitution du tourteau d'arachide par le tourteau de neem (*Azadirachta indica* a. juss) sur les performances en vif et en carcasse du poulet de chair. Thèse Doctoral, Université Cheikh Anta Diop De Dakar (2010).
- [38] Dayon. J. F, Arbelot. B. Guide d'élevage des volailles au Sénégal. Dakar : ISRA-LNERV (1997).
- [39] GERAERT. P. A. Métabolisme énergétique du poulet de chair en climat chaud (1991).
- [40] ANSELME B. L'aliment composé pour la volaille au Sénégal : situation actuelle, contribution à son amélioration par une meilleure valorisation des ressources nutritionnelles locales. Thèse Doctoral. Toulouse (1987).
- [41] Drogoul, Carole, Raymond Gadoud, and Marie-Madeleine Joseph. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Vol. 2. Educagri Editions, 2004.
- [42] Larbier. M, Leclercq. Chagneau. B. A. M. Le besoin en méthionine pendant la période de finition chez le poulet de chair (1980).
- [43] DAGA. H. C. effets de la supplémentation de l'aliment en thréonine sur les performances zootechniques du poulet de chair. Thèse Doctoral, Université Cheikh Anta Diop De Dakar (1984).
- [44] Nys. Y. Oligo-éléments, croissance et santé du poulet de chair. Productions animales 14(3) (2001) : 171-180.
- [45] COÏC. Y. COPPENET. M. Les oligo-éléments en agriculture et élevage : Incidence sur la nutrition humaine. Quae (1989).
- [46] Smith. A. J, Nicou. R. L'élevage de la volaille. Le Technicien d'agriculture tropicale (1992).
- [47] Ninelle. N. O. S. Effets de la nature des céréales et de la taille particulière sur les performances zootechniques des poulets de chair. Thèse Doctoral. Kansas State University (2009).
- [48] RACHID. S. ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES I, Analyses des denrées alimentaires I. Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir.
- [49] Olivere. P. Bien-être du poulet de chair : détermination des conditions d'ambiance et des caractéristiques physico-chimiques de la litière responsables de l'apparition de dermatites de contact en Poulet de chair. Thèse Doctoral. UHP-Université Henri Poincaré ; INPL-Institut National Polytechnique de Lorraine (2010).

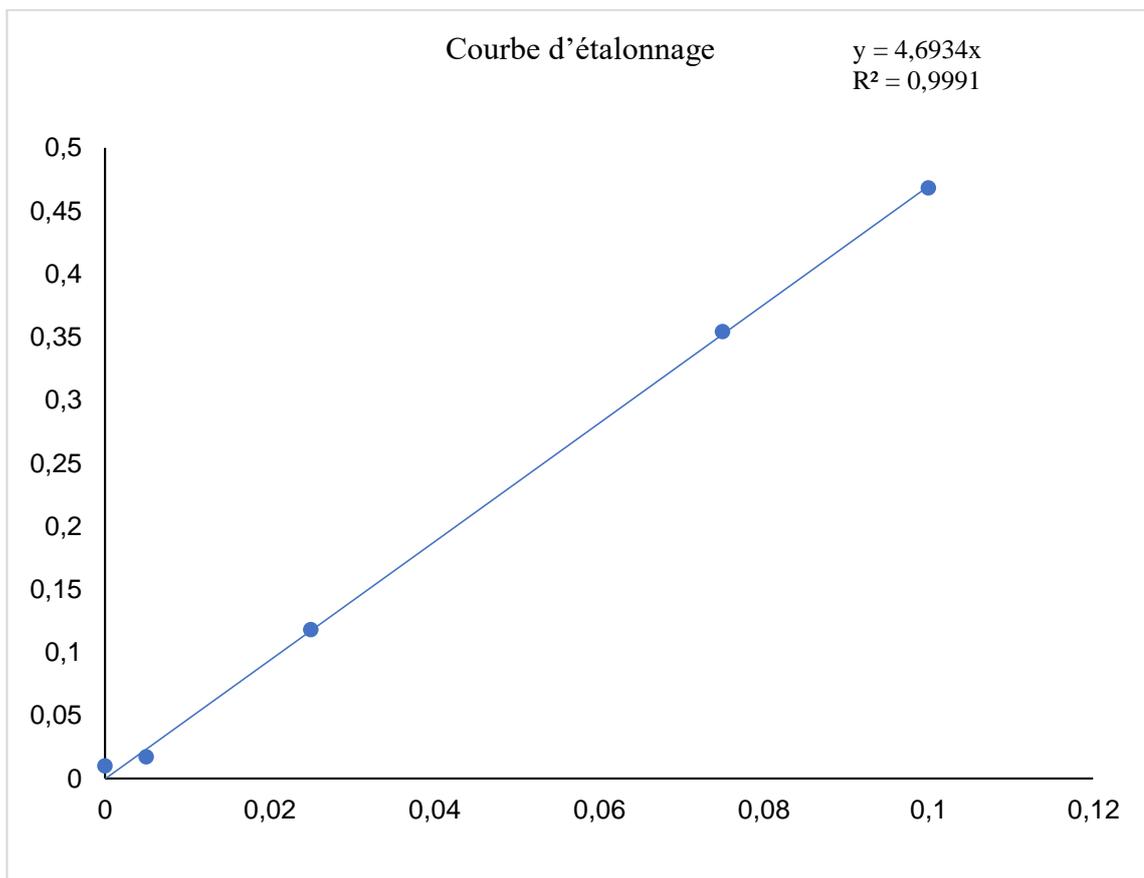
- [50] Standard, Turkish. Fruit and vegetable products–Determination of dry matter by drying under low pressure and water content by azeotropic distillation. Turkish Standards Institute, TS 1129 (1998).
- [51] Schuck. P, Dolivet. A, Jeantet. R. Les poudres laitières et alimentaires : Techniques d'analyse. Lavoisier (2012).
- [52] Lerot. B. Les éléments minéraux (2006).
- [53] Petsko. G. A, Ringe. D, Charnot. M. D. Structure et fonction des protéines. De Boeck Supérieur (2008).
- [54] Pierre. G, Philippe-José. Y. Matière et énergie dans les systèmes : manuel de chimie-biochimie. Editions Educagri (2008).
- [55] Charreau. V, Etienne. N, Ingargiola. E. A la découverte des aliments : tester, comprendre et partager les sciences de l'alimentation. Educagri Editions (2006).
- [56] Claisse. N. Préparation et modification d'oligosaccharides de cellulose par chimie douce bio-inspirée. Thèse de doctorat, Grenoble) (2012).
- [57] Leyral. G, Vierling. E. Microbiologie et toxicologie des aliments : Hygiène et sécurité alimentaires. Wolters Kluwer France (2007).
- [58] Malumba. Kamba. P. Une approche programmatique dans la formulation conceptuelle des aliments complets pour volailles (Doctoral dissertation, Université de Kinshasa, RD Congo) (2001).

## Annexe 1

## Table de Bertrand

Table de correspondance des sucres invertis					
sucre en mg	cuivre en mg	sucre en mg	cuivre en mg	sucre en mg	cuivre en mg
10	20,6	40	77,7	70	129,2
11	22,6	41	79,5	71	130,8
12	24,6	42	81,2	72	132,4
13	26,5	43	83,0	73	134,0
14	28,5	44	84,8	74	135,6
15	30,5	45	86,5	75	137,2
16	32,5	46	88,3	76	138,9
17	34,5	47	90,1	77	140,5
18	36,4	48	91,9	78	142,5
19	38,4	49	93,6	79	143,7
20	40,4	50	95,4	80	145,3
21	42,3	51	97,1	81	146,9
22	44,2	52	98,8	82	148,5
23	46,1	53	100,6	83	150,0
24	48,0	54	102,5	84	151,6
25	49,8	55	104,0	85	153,2
26	51,7	56	105,7	86	154,8
27	53,6	57	107,4	87	156,4
28	55,5	58	109,2	88	157,9
29	57,4	59	110,9	89	159,5
30	59,3	60	112,6	90	161,1
31	61,1	61	114,3	91	162,6
32	63,0	62	115,9	92	164,2
33	64,8	63	117,6	93	165,7
34	66,7	64	119,2	94	167,3
35	68,5	65	120,9	95	168,8
36	70,3	66	122,6	96	170,3
37	72,2	67	124,2	97	171,9
38	74,0	68	125,9	98	173,4
39	75,0	69	127,5	99	175,0
				100	176,5

## Annexe 2



## Annexe 3

Démonstration de la formule de calcul de la teneur en  $\text{Cu}^{2+}$  :

1 mole de  $\text{MnO}_4^-$  réagit avec 5 mole de  $\text{Fe}^{2+}$  selon (II)

$$\frac{n \text{MnO}_4^-}{n \text{Fe}^{2+}} = \frac{1}{5} \rightarrow 5 n \text{MnO}_4^- = n \text{Fe}^{2+} \quad \dots\dots\dots (1)$$

1 mole de  $\text{Cu}_2\text{O}$  donne 2 moles de  $\text{Cu}^{2+}$  selon (I)

$$\frac{n \text{Cu}_2\text{O}}{n \text{Cu}^{2+}} = \frac{1}{2} \rightarrow n \text{Cu}^{2+} = 2 n \text{Cu}_2\text{O} \quad \dots\dots\dots (2)$$

1 mole de  $\text{Cu}_2\text{O}$  donne 2 moles de  $\text{Fe}^{2+}$  selon (1)

$$\frac{n \text{Cu}_2\text{O}}{n \text{Fe}^{2+}} = \frac{1}{2} \rightarrow 2 n \text{Cu}_2\text{O} = n \text{Fe}^{2+} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$(2) + (3) = n \text{Cu}^{2+} = n \text{Fe}^{2+} \quad \dots\dots\dots (4)$$

D'après (4) et (1) on a :  $n \text{Cu}^{2+} = 5 n \text{MnO}_4^- \quad \dots\dots\dots (5)$ ,  $n = \frac{m}{M}$  donc

$$(5) \rightarrow \frac{m \text{Cu}^{2+}}{M \text{Cu}^{2+}} = 5 n \text{MnO}_4^- \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$n = C \times V$$

$$\text{Donc (6)} \rightarrow m \text{Cu}^{2+} = 5 C_{\text{MnO}_4^-} \times V_{\text{MnO}_4^-} \times M \text{Cu}^{2+}$$

## Résumé

Cette étude a pour objectif de déterminer et comparer par rapport aux normes la qualité de deux aliments de poulet de chair en différentes phases de croissance commercialisés au niveau de la wilaya de Bejaia.

Les différentes analyses physico-chimiques réalisées sur les deux échantillons nous ont permis de constater que les teneurs en certains éléments ne sont pas conformes aux normes, cela peut être relié à la matière première utilisée dans la formulation de ces deux aliments. Toutefois, les deux aliments étudiés répondent aux besoins du poulet de chair, et permettent d'avoir des bonnes moyennes de croissance, comme ils permettent d'obtenir des poulets sains avec une bonne qualité qui répond aux exigences du marché et des éleveurs.

**Mots clés :** Poulet de chair, aliment de poulet de chair, analyses physico-chimiques, normes.

## Abstract

The aim of this study is to determine and compare against standards the quality of two chicken feed in different stages of growth marketed in the wilaya of Bejaia.

The different physicochemical analyzes carried out on the two samples allows us to see that the levels of certain elements do not comply with the standards, this can be linked to the raw material used in the formulation of these foods. However, the two foods studied meet the needs of chickens, and allow good growth averages, as they allow to obtain healthy chickens with good quality that meets the requirements of the market and ranchers.

**Keywords:** Chicken, chicken feed, physico-chemical analyzes, standards.