

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj Bouira



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/20

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER

Domaine : SNV

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Production et Nutrition Animale

Présenté par :

EL FARRA Kinda Et KHALDI Hiba Manel

Thème

Formulation d'aliment pour poulet chair : Conception et développement d'une application de rationnement

Soutenu le : 24/ 06/2024

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
M.ARAB Amar	<i>MCA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
M.KHELLIL Sofiane	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinateur</i>
M .ABDELLI Amine	<i>MAC.</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>
Mme CHERIFI Zakia	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Co-promotrice</i>

Année Universitaire : 2023/2024



Remerciement

Avant tout, nous remercions Allah le Tout-Puissant pour nous avoir accordé la foi, le courage, la santé et les moyens nécessaires à la réalisation de ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre Promoteur, le Dr ABDELLI AMINE, pour sa direction tout au long de ce projet ambitieux. Son esprit critique et ses conseils judicieux ont grandement facilité la réalisation de cette étude.

Tous les mérites reviennent à notre Co-promotrice, Mme CHERIFI ZAKIA, qui nous a guidés avec ses précieux conseils et sa grande expérience. Nous lui adressons ici nos sincères remerciements et l'expression de notre profond respect.

Nous adressons également nos vifs remerciements à tout le personnel de l'ONAB pour leur patience et leur soutien, ainsi qu'à toutes les personnes qui nous ont apporté leur aide.

Enfin, nous remercions vivement tous nos enseignants de la spécialité : nutrition et production animale.



Dédicaces

*Merci Allah de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la
Force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve.*

*Je dédie ce travail à ma mère pour son amour, ses encouragements et
Ses sacrifices.*

*A mon père pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'a
Accordé.*

A ma sœur mouna.

A mon frère, Abdou, et sa femme rania.

A mes frères, Achref, Maher.

A toute ma grande famille.

A mes proche amis : Samah, Houda, maroua.

A ma chère binôme : madame kinda.

*Pour sa entant et sa sympathie et pour leur indéfectible soutien et leur
Patience infinies.*

Et a tous la promotion master 02 production et nutrition animal



Hiba Manel.



Dédicaces

Je dédie ce travail à mes chers parents,

A mes frères,

A mon mari Dr Shadi Ashour.

A mes deux anges Yafa et Aws Iyas.

A tous les professeurs qui ont contribué à mon enseignement durant

Cette année d'études.

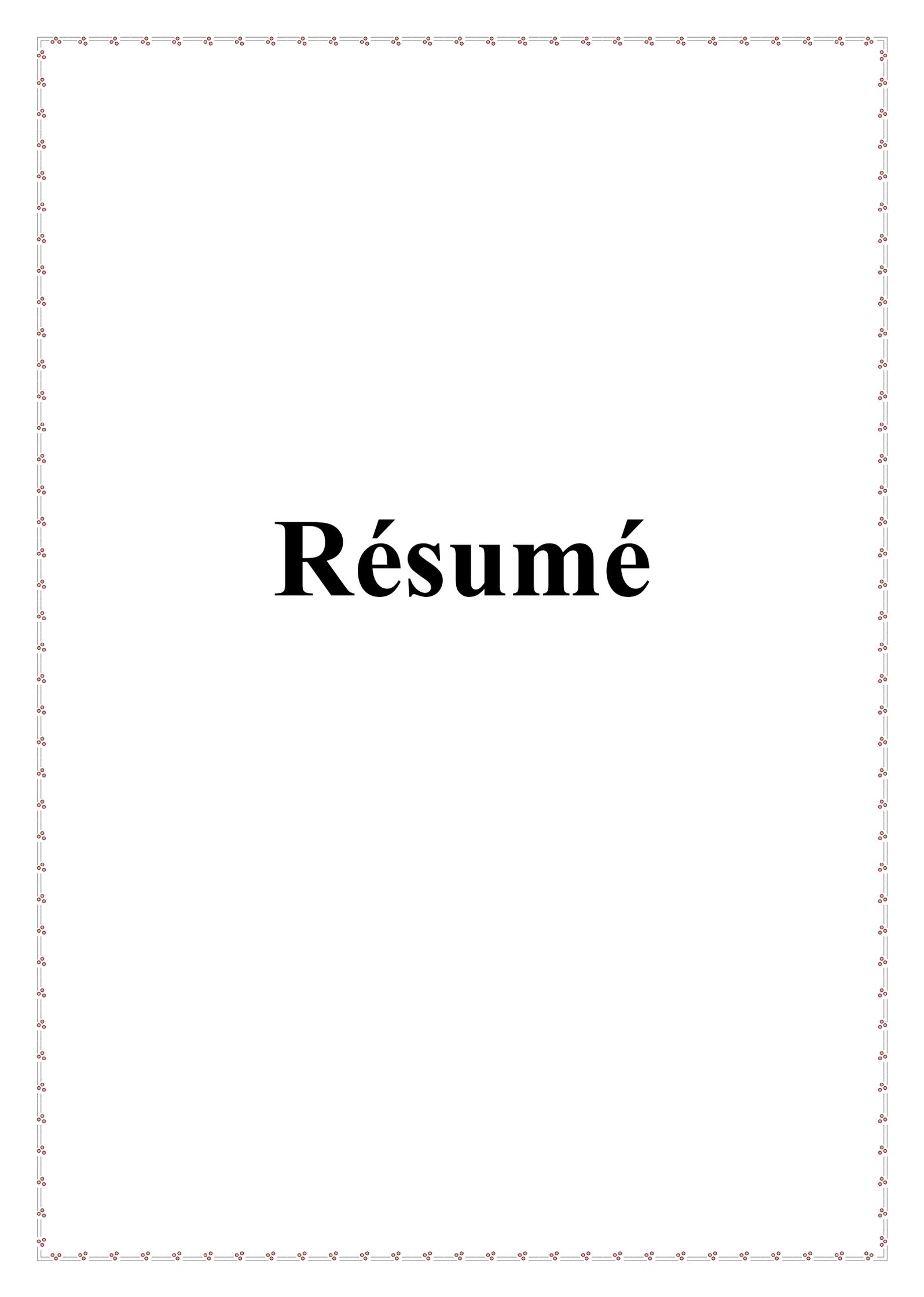
A mon binôme Hiba.

*A tous ceux qui m'ont soutenue et aidé pour la réalisation de ce
modeste travail et à tous ceux qui me sont chers.*

Sans oublier mon cher pays la Palestine et les martyrs de la patrie

Kinda.





Résumé

Résumé

L'alimentation générale des poulets de chair est un domaine essentiel pour assurer leur croissance, leur santé et leur productivité. Cette étude met en avant l'importance d'une bonne formulation des régimes alimentaires pour répondre aux besoins spécifiques des volailles en fonction de leur stade de développement. Notre travail vise à fournir aux éleveurs une application de rationnement en ligne. Cette application a pour objectif d'optimiser l'alimentation des poulets de chair, d'améliorer le rendement des élevages et de maintenir la santé globale des volailles. L'application a été développée sur la plateforme Word Press en utilisant divers plugins tels que JET-Engine, Jet Forme Builder et Elementor. L'application est alimentée par une base de données et fonctionne en saisissant les données spécifiques aux poulets, telles que leur phase de développement et leurs besoins nutritionnels. En entrant également les informations sur les deux aliments essentiels de la formulation (aliment énergétique et aliment protéique), l'application peut calculer les quantités nécessaires pour formuler des rations alimentaires adaptées. Cet outil est important pour optimiser l'apport nutritionnel des poulets de chair selon la disponibilité des matières premières.

Mots clé : Poulet de chair, Alimentation, Besoins, Formulation, Application

Abstract

The general nutrition of broiler chickens is essential to ensure their growth, health and productivity. This study highlights the importance of good diet folation in meeting the specific needs of poultry at different stages of development. The aim of our work is to provide poultry farmers with an online application. The aim of this application is to optimize chain chickenfeed, improve farm yields and maintain the overall health of the birds. The application was developed on the Word Press plat forums in various plunging such as JET-Engine, Jet Form Builder and Elemeator. The application is fed by a database and works by entering data specific to chickens, such as their development phase and nutritional requirements. By also entering information on the two essential feeds in the flock (energy feed and protein feed), the application can calculate the quantities needed to formulate suitable feed rations. This tool is important for pouoptising the national supply of broilers according to the availability of raw materials.

Key word: Broiler, Feeding, Needs, Formulation, Application

المخلص

تغذية الدجاج اللاحم تعتبر ضرورية لضمان نموها وصحتها وإنتاجيتها. تسلط هذه الدراسة الضوء على أهمية وضع نظام غذائي جيد يلبي احتياجات الدواجن المحددة في مراحل نموها المختلفة. يهدف عملنا إلى توفير تطبيق إلكتروني لمربي الدواجن. يهدف هذا التطبيق إلى تحسين تغذية الدجاج اللاحم، وزيادة عوائد المزارع، والحفاظ على صحة الطيور بشكل عام. Jet Form Builder، Jet-Engine، JET-Engine، Jet Form Builder باستخدام العديد من الإضافات مثل تم تطوير التطبيق على منصة وورد التطبيق مدعوم بقاعدة بيانات ويعمل من خلال إدخال بيانات محددة للدجاج، مثل مرحلة تطورها واحتياجاتها. Elementor و الغذائية. من خلال إدخال معلومات عن العلفين الأساسيين في القطيع (العلف الطاقوي والعلف البروتيني)، يمكن للتطبيق حساب الكميات اللازمة لتشكيل العلف المناسب. هذه الأداة مهمة لتحسين الإمداد الوطني بالدجاج اللاحم وفقاً لتوافر المواد الخام.

الكلمات المفتاحية: دجاج لاحم، تغذية، احتياجات، تكوين، تطبيق

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Effet de la densité énergétique du régime en démarrage et en finition sur le gain de poids (g) et l'efficacité alimentaire, ou indice de consommation (IC).	3
Tableau 2 : Effet de la finesse de broyage sur la croissance et la consommation.....	6
Tableau 3 : Apports recommandés pour poussin en démarrage (0-21 jours)	8
Tableau 4 : les apports recommandés en énergie métabolisable et en protéines brutes pour le poulet de chair durant la période de croissance... ..	9
Tableau 5 : Apports recommandés pour poussin en finition (43-56jours), ..	10
Tableau 6 : Comparaison des outils existants à la proposition de cahier des charges de l'outil à construire classe d'Excel.....	21
Tableau 7 : Comparaison des outils existants à la proposition de cahier des charges de l'outil à construire classe des logiciels	22

Liste des Abréviations

Ca: Calcium

CCT: Custom content type

CDN: Content Delivery Network

CMS: Content Management System

CMV: Complexe minéralo-vitaminique

COST :Coût des marchandises

C18:2 : l'acide linoléique (famille des acides gras oméga 6)

EM: Energie métabolisable.

FAO: Food and Agriculture Organisation

FIFO: first in first out

INRA: Institut National de la recherche Agronomique

Max: maximum

Min: minimum

MG: matière Gras

MP : Matière première

MS : Matière sèche

ONAB : Office national des aliments des bétails.

Pds : Dérivés de protéines solubles

NRC: National Research Council

UAB: Unité aliment bétails

Liste des Figures

Figure 1 : Schéma de répartition de l'énergie chez les oiseaux	1
Figure 2 : Evaluation de la valeur de l'aliment sur terrain..	5
Figure 3 : les processus de fabrication d'aliments bétail (au niveau de ONAB).	25
Figure 4 : Pont-bascule apparent (photo original).....	26
Figure 5 : Balance Électrique (photo originale).....	26
Figure 6 : a : Trémie et b : Transporteurs et Elévateur (photo originale)	27
Figure 7 : Silos (photos originale).....	28
Figure 8 : Presse à granulés. (Photos Originale)	29
Figure 9 : Ensachage (photos original).....	29
Figure 10 : les étiquettes (photos original).....	30
Figure 11 : Base des données	32
Figure 12 : la page d'accueil de la plateforme audit élevage pour les poulets de chair 2024 ..	33
Figure 13 : Illustration de l'application	33

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Résumé

Introduction générale

Partie bibliographique

Chapitre I : Alimentation du poulet de chair

I. RAPPELS SUR LES METABOLISMES DES OISEAUX :	1
I.1 METABOLISME DES GLUCIDES :	2
I.2 METABOLISME AZOTE :	2
I.2.1 Valeur nutritionnelle des acides amines :	2
II. LES BESOINS NUTRITIONNELS DE POULET DE CHAIR :	2
II.1 LES BESOINS ENERGETIQUE :	2
II.2 LES BESOINS PROTEIQUES :	4
II.3 LES BESOINS EN MINERAUX :	4
II.4 LES BESOINS EN VITAMINE :	4
II.5 BESOIN EN EAU:	4
III. FORMULATION PRATIQUE DES ALIMENTS :	4
III.1 PREPARATION ET PRESENTATION DE L'ALIMENT :	5
III.2 LA CONSOMMATION D'ALIMENT :	6
III.3 LA DIGESTIBILITE DE L'ALIMENT :	6
IV. ALIMENTATION DU POULET DE CHAIR :	7
IV.1 ALIMENTATION EN PHASE DE DEMARRAGE :	7
IV.2 ALIMENTATION EN PHASE DE CROISSANCE :	8
IV.3 ALIMENTATION EN PHASE DE FINITION :	9
V. LES MATIERES PREMIERES DANS L'ALIMENTATION DE POULET DE CHAIR :	10
V.1 MATIERES PREMIERES SOURCES D'ENERGIE :	10
V.2 MATIERES PREMIERES SOURCES PROTEIQUE :	11

CHAPITRE II: Formulation D'aliment Pour Poulet De Chair

I. EVOLUTION DE L'ELEVAGE DE POULET DE CHAIR EN ALGERIE :	13
II. DEFINITION DE LA FORMULATION :	14
III. CONTRAINTES DE LA FORMULATION :	14
III.1 CONTRAINTES NUTRITIONNELLES :	14
III.2 CONTRAINTES ECONOMIQUES :	15
III.3 CONTRAINTES TECHNOLOGIQUES :	15
III.4 CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES :	16
IV. METHODES DE FORMULATIONS :	16
IV.1 METHODES PAR TATONNEMENT SIMPLE :	16
IV.2 METHODES DE CARRE DE PEARSON :	16
IV.3 METHODES DE PROGRAMMATION LINEAIRE :	18
V. ETAPES DE FORMULATION D'ALIMENT DE VOLAILLE :	19
V.1 CONNAISSANCE DE L'ANIMAL ET DETERMINATION DES BESOINS NUTRITIONNELS :	19
V.2 DETERMINATION DES ELEMENTS NUTRITIFS FOURNIS PAR LES MATIERES PREMIERES :	19
V.3 FORMULATION PROPREMENT DITE :	20
V.4 EXEMPLE DE LOGICIELS DE FORMULATION :	20

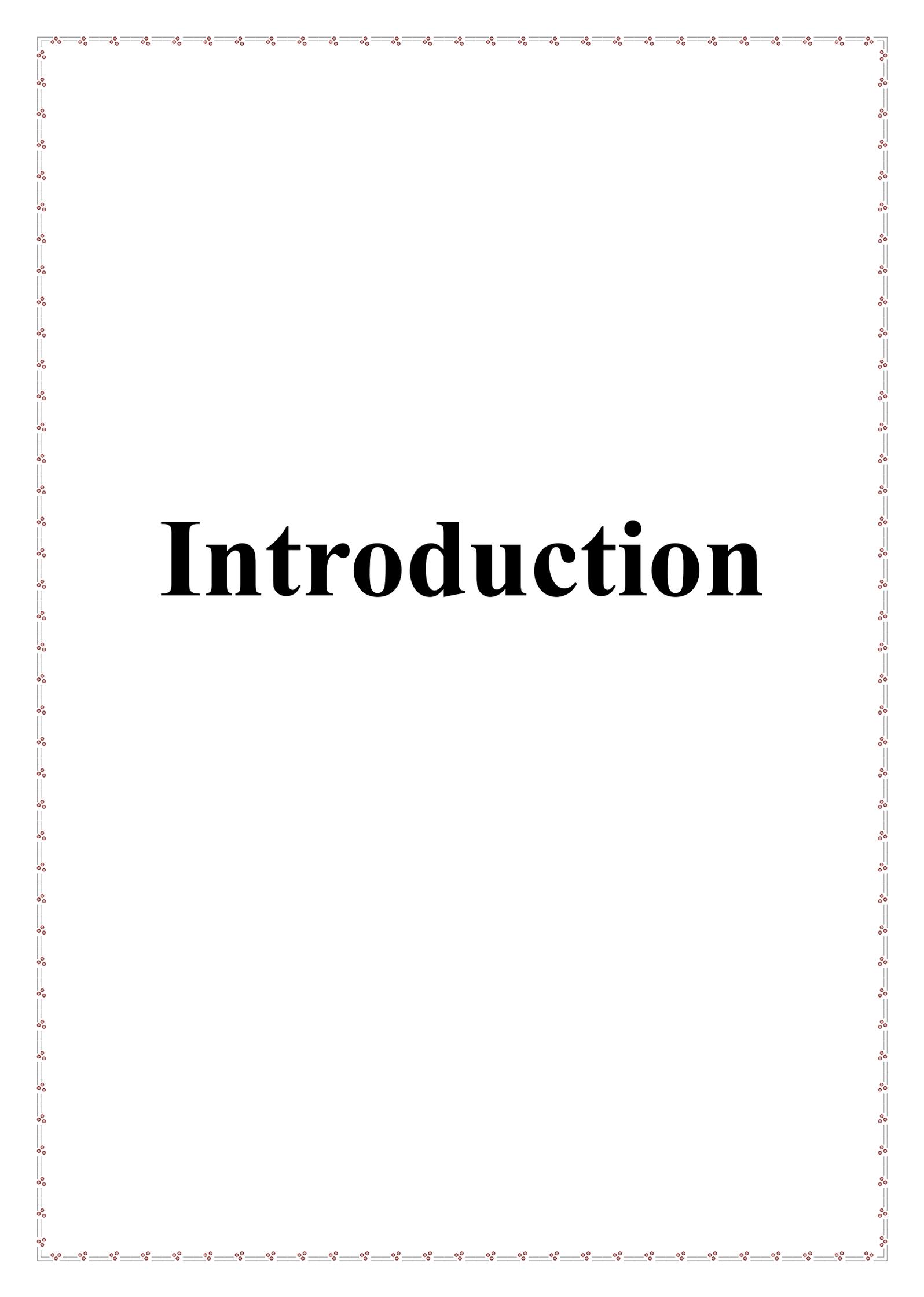
Partie expérimentale

I. OBJECTIF DE L'ETUDE	24
II. LIEU ET PERIODE D'ETUDE	24
III. MATERIEL ET METHODES :	24
III.1 MATERIEL :	24
III.1.1 Enquête sur le processus de fabrication d'aliment au niveaux de l'ONAB	24
1. PRESENTATION DE L'ONAB :	24
2. LE PROCESSUS DE FABRICATION D'ALIMENT :	25
2. LES DIFFERENTS MATERIELS ET LES METHODES DE PREPARATION DES ALIMENTS.	25
III.1.2 Mise en place de l'application web	30
III.1.3 Les plateformes de développement utilisées:	30

III.2 METHODES :	31
III.2.1 Analyse des besoins :	31
III.2.2 Description l'interface de l'application :	32
III.2.3 Caractéristiques de l'Interface :	34
III.2.4 Présentation de l'Application "ChickenFeed" :	35
III.2.4.1 Étapes d'Utilisation de l'Application :	35
III.2.4.2 Exemple d'Utilisation de l'Application de Formulation Alimentaire :	36

Concluions

Référence



Introduction

Introduction

La consommation mondiale de viande de volaille a connu une croissance rapide. En 2021, environ 132,3 millions de tonnes de viande de volaille ont été consommées dans le monde (Statista, 2024).

L'Algérie ne fait pas exception à cette tendance : l'industrie avicole du pays a connu un développement remarquable depuis les années 1970. Ceci est attribuable à une politique avicole axée sur la promotion de l'aviculture dans le secteur public et étatique. L'objectif principal de cette politique est de pallier le déficit en protéines animales dans le régime alimentaire de la population (Cherifi, 2008)

Selon Adam (2018): « la production locale de viande de volaille a été considérablement augmentée de 2,092 Mqt à 5,3 entre 2009 à 2017 respectivement, soit une augmentation de 153% » (Parmi les facteurs influençant cette augmentation de production est sans doute la modernisation de la filière avicole entre autres la modernisation de la gestion alimentaire des élevages aviaires.

Cette modernisation est basée sur un usage rationnel des matières premières par des formulations des aliments du bétail. Cette dernière consiste à réunir différentes matières premières disponibles, fixer leur taux d'incorporation et les mélanger de manière homogène afin de créer un aliment uniforme qui satisfait tous les besoins nutritionnels de la volaille, en accord avec les objectifs de production (Almasad et al. 2011 ; Pratiksha, 2011).

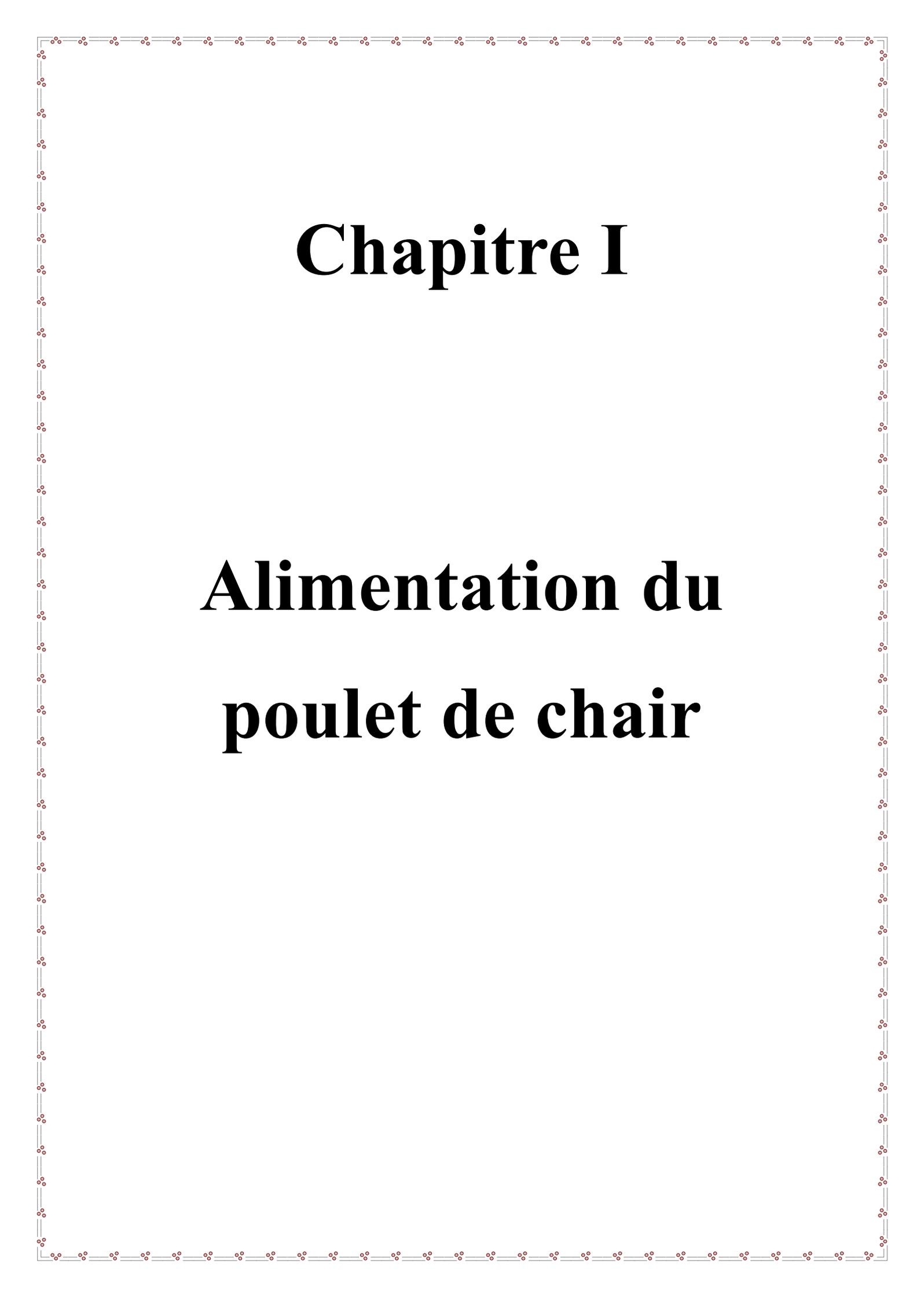
Pour atteindre ces objectifs, plusieurs étapes doivent être suivies, notamment : déterminer la quantité de nutriments que chaque ingrédient apportera au métabolisme animal, établir le niveau de nutriments nécessaire pour que l'animal atteigne le niveau de production souhaité, et choisir la méthode de formulation des aliments (Pomar et al. 2009).

Dans les années 1950, avec le développement des programmes mathématiques sur ordinateur, des spécialistes ont repris et développé des méthodes permettant de formuler des aliments à moindre coût (Pena et al., 2009). Ces méthodes ont permis de minimiser les coûts de production des aliments pour volaille ou d'améliorer le rapport coût aliment/gain de poids. Cependant, certains aviculteurs Algériens utilisent des méthodes manuelles inefficaces, tandis que d'autres improvisent des approches pour résoudre les problèmes liés à la formulation des aliments pour volaille.

Dans ce contexte notre étude vise à développer une application web simple de formulation des aliments de volaille dont l'objectif de faciliter la pratique alimentaire au sein des élevages avicoles Algériens.

Introduction

Le travail se structure en deux sections distinctes, le premier se concentre sur la synthèse littéraire composée deux chapitres. Tandis que la seconde partie aborde les aspects pratiques incluant matériel et méthode, résultats et discussion et enfin une conclusion.



Chapitre I

Alimentation du poulet de chair

I. Rappels sur les métabolismes des oiseaux :

On distingue deux parts dans les dépenses énergétiques des animaux : celle qui concerne leur entretien et l'autre qui est lié à la production.

La première est définie, comme étant nécessaire au strict maintien de l'homéostasie de l'animal (glycémie, température, pression osmotique, ph, etc.) et l'équilibre énergétique.

La seconde est constituée à la fois du contenu énergétique de ce qui est produit et des pertes caloriques liées aux synthèses du fait que le rendement n'est jamais de 100% (Larbier et Leclercq, 1992).

La répartition du besoin peut donc être résumée selon ce qui est présente dans le schéma n°1.

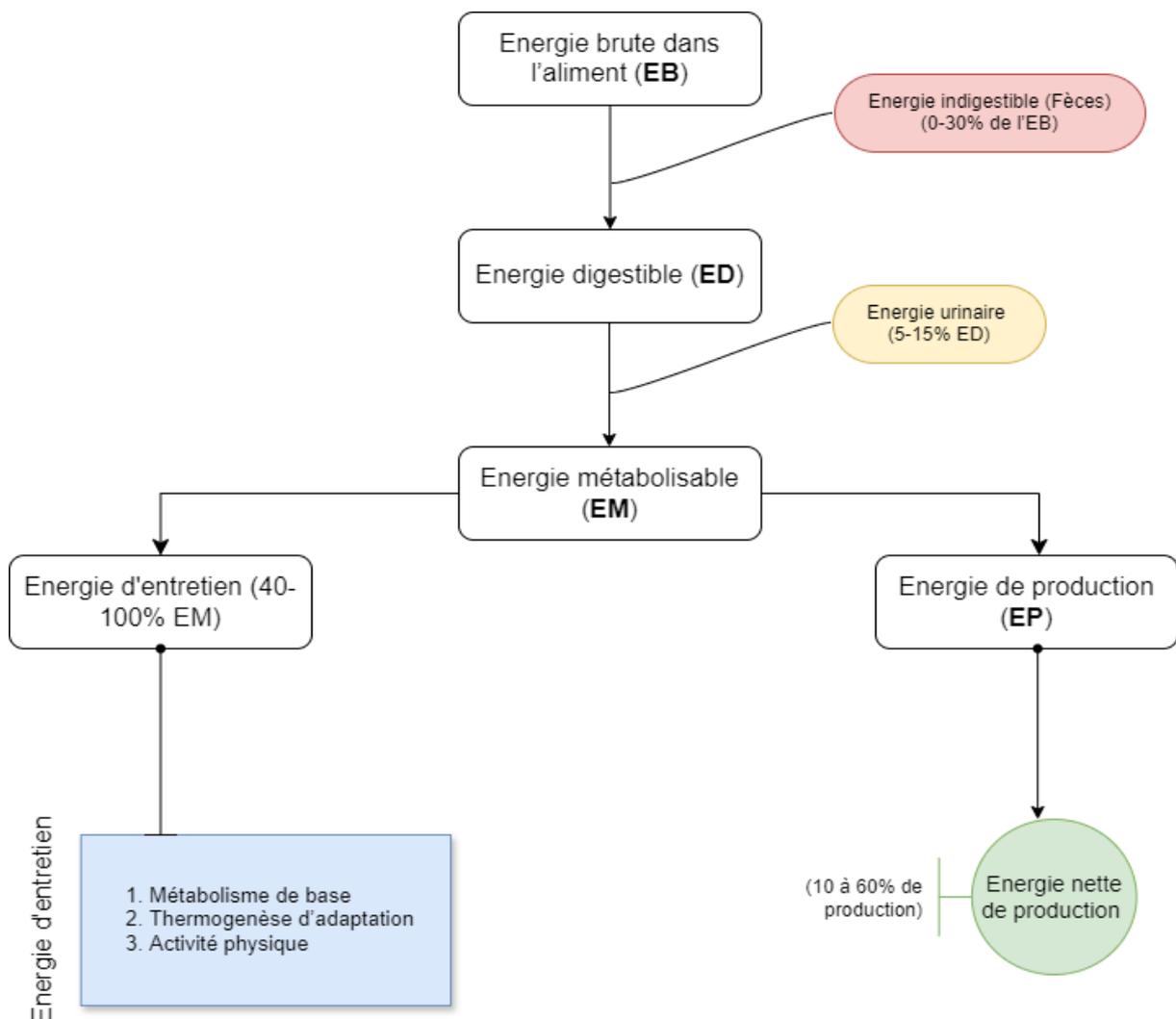


Figure 1: Schéma de répartition de l'énergie chez les oiseaux (Rekhis, 2002)

I.1 Métabolisme des glucides :

Selon Larbi et Leclerc (1992): «le glucose est utilisé par les oiseaux pour les réactions d'oxydation dans les cellules. D'abord par les cellules nerveuses du cerveau ».

La glycémie, qui est plus indispensables elle permet de garder l'homéostasie est maintenir le taux entre de 1.3 à 2.6 g/l, (2 à 10 fois celle des mammifères) (Erich.k, 1975). On dit que les oiseaux tombent dans un coma « hypoglycémique », lorsque le niveau tombe en dessous de 0,7 g/l.

I.2 Métabolisme azoté :

Contrairement aux plantes et à de nombreuses espèces bactériennes, la volaille, tout comme tous les animaux supérieurs, il ne peut pas synthétiser certains acides aminés, dit nécessaire à la synthèse et au renouvellement des protéines. On distingue les Aa indispensables et les Aa essentiels (banal)

I.2.1 La nutrition et la Valeur des Aa :

Lorsque l'apport alimentaire énergétique est faible et que le glycogène qui se trouve dans le corps (les réserves corporelles) est trop faible pour maintenir la glycémie à son niveau optimal, certain Aa, sont dégradés en glucose (ce qu'on appelle la gluconéogenèse) (Larbi et Leclerc 1992).

Lorsque l'apport alimentaire d'Aa le besoin lié à la synthèse protéique, l'excès est catabolisé. Chez les oiseaux de rente l'excès est excrété sous forme d'acide urique. Ce taux est compris entre 4 et 5g en état physiologique normale.

II. Les besoins nutritionnels de poulet de chair :**II.1 Les Besoins énergétique :**

Ces derniers renferment ceux pour la croissance, ils concernent les besoins pour l'entretien, l'activité et constitution la nouveaux tissus des corporels.(Picar, 2001).

Selon Larbi et al (1991) :« chez le poulet de chair le développement du corps est plus rapide que l'ingéré journalier d'énergie métabolisable est élevée. La consommation journalière dépend essentiellement des besoins de l'animal, mais aussi de la présentation de l'aliment et de sa teneur en énergie »

La quantité de l'énergie contenant dans une ration alimentaire est l'un des principaux facteurs qui détermine l'efficacité de son utilisation.

Globalement, pour élever un poulet de chair sans trop dépenser sur l'aliment, il est recommandé de lui donner une ration riche en énergie. C'est ainsi Azouz (1997) a conclu que qu'on augmentant le niveau énergétique, on obtient souvent des indices de consommations plus bas (meilleurs) (tableau 1)

Tableau 1 : Effet de la densité énergétique du régime en démarrage et en finition sur le gain de poids (g) et l'efficacité alimentaire, ou indice de consommation (IC), (azzouz.H.1997)

Kcal EM/kg aliment	3200	3400
Gain de poids (g) :		
0 – 4 semaines	705 ± 5,8	738 ± 5,8
4 – 8 semaines	1397 ± 10,8	1403 ± 9,2
0 – 8 semaines	2098 ± 12,2	2147 ± 16,6
Indice de consommation :		
0 – 4 semaines	1.67 ± 0.007	1.52 ± 0.012
4 – 8 semaines	2.30 ± 0.010	2.21 ± 0.011
0 – 8 semaines	2.09 ± 0.007	1.97 ± 0.011

II.2 Les Besoins protéiques :

L'équilibre protéique de l'aliment coûte cher et est l'un des principaux déterminants du résultat technique des élevages. Une formule alimentaire mal ajustée peut annuler la marge bénéficiaire de la production de poulet, (Quentin et al, 2004).

Pour ce faire, les volailles doivent trouver une proportion suffisante de protéines dans leur alimentation pour transformer ces protéines alimentaires en protéines corporels, ce qui constitue une étape fondamentale du processus nutritionnel.

Chez les poulets chair en croissance, lorsque les besoins énergétiques sont satisfaits, l'excès de protéines de 1% réduit légèrement l'appétit de 3%, mais ne modifie pas la croissance.

Plusieurs études ont montré qu'une augmentation du taux de protéines dans la ration aboutit souvent à réduire l'indice de consommation, cela pourrait s'expliquer par une meilleure rétention globale d'azote. (Azzouz. 1997).

II.3 Les besoins en minéraux :

Les éléments minéraux jouent un rôle essentiel dans la vie. Ils sont nécessaires pour constituer le tissu osseux, notamment le calcium et le phosphore, ainsi que pour maintenir l'équilibre osmotique chez les animaux, grâce au sodium, au chlore et au potassium (Fedida, 1996 ; Larbier et Leclercq, 1991).

Selon Besse (1969), les éléments minéraux représentent environ 4 à 5 % de la composition de l'aliment des poulets de chair.

II.4 Les besoins en vitamine :

Les vitamines sont présentes dans l'organisme en quantités minimes, voire à l'état de traces, mais elles jouent un rôle essentiel dans la protection de l'organisme et favorisent une bonne production (Fedida, 1996). Bien qu'elles ne soient nécessaires qu'en petites quantités, les vitamines sont indispensables à la vie, et une carence en vitamines peut entraîner de graves troubles. Il convient de noter que les vitamines sont extrêmement sensibles à la destruction et sont classées en vitamines liposolubles et hydrosolubles.

II.5 Besoin en eau :

Selon Larbi et Leclerc (1992), un régime alimentaire riche en protéines augmente légèrement la consommation d'eau chez les volailles.

Les volailles réabsorbent l'eau de leurs urines le long du côlon, précipitant l'acide urique en urates. L'eau est cruciale pour les volailles, représentant environ 70% de leur poids corporel. Leur consommation d'eau, environ deux fois supérieure à celle des aliments, augmente avec

l'âge et la température. L'eau d'abreuvement est essentielle pour l'absorption des nutriments et l'élimination des toxines. Fournir constamment de l'eau propre et fraîche est vital pour leurs performances (Bastianelli et Rudaux, 2003).

III. Formulation pratique des aliments :

Selon Buldgen et al (1996) : «elle consiste à combiner plusieurs sources alimentaires et compléments afin produire un aliment homogène qui répond aux besoins des animaux tout en assurant que le prix et le coût sera le plus faible».

la formulation, en pratique, doit évoluer en permanence en fonction des informations et des nouvelles techniques d'élevage ainsi des différents résultats scientifiques sur le terrain (figure 2), (Olivier Rochard, 2005).

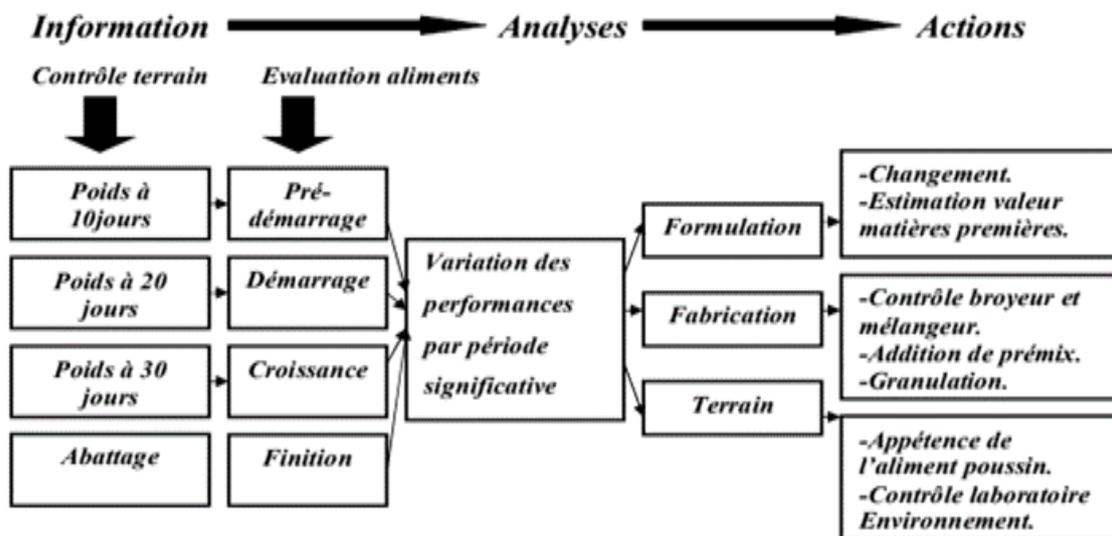


Figure 2 : Evaluation de la valeur de l'aliment sur terrain. (Olivier Rochard, 2005).

III.1 Préparation et présentation de l'aliment :

Selon Buldgen et al. (1996), la préparation des aliments est réalisée en plusieurs étapes :

- **Pesée des matières premières** : elle doit être précise.
- **Pré-mélange** : il consiste à mélanger toutes les matières premières avec une partie des céréales moulues en faibles quantités, de manière à mieux les répartir dans le mélange final.
- **Mélange** : le pré-mélange est incorporé progressivement au reste des matières premières à l'aide d'un mélangeur.

- **Incorporation d'huile** : elle est réalisée en dernier lieu, progressivement et après un certain temps de mélange pour éviter la formation de petites boulettes.

La forme de présentation de l'aliment influe à la fois sur : l'ingéré alimentaire et sur la digestibilité de l'aliment

Tableau 2 : Effet de la finesse de broyage sur la croissance et la consommation, (Vergar.p et al 1989)

Diamètre moyen des particules	Farine			Granulé		
	FIN	MOYEN	GROS	FIN	MOYEN	GROS
Gain de poids (g/j)	48,5	56,0	58,6	61,3	61,4	60,5
Consommation (g)	2006	2273	2371	2470	2483	2412

III.2 L'ingéré alimentaire:

La production et la rentabilité de l'élevage de poulets dépendent directement de l'alimentation, qui est influencée par des facteurs tels que l'âge, la lignée génétique, la forme physique de l'aliment, les conditions environnementales (température et ventilation), et la digestibilité de l'aliment. Pour une croissance optimale, l'alimentation doit être adéquate et équilibrée en nutriments (Alain et collaborateurs, 2004). Comparer farine et granulé, les expériences ont montré que la granulation améliore les performances en réduisant l'énergie nécessaire à la consommation de l'aliment (Olivier Rochard, 2005).

III.3 La digestibilité de l'aliment :

En aviculture, le comportement alimentaire devient aussi une préoccupation commune.

Le processus de digestion de l'aliment dépend aussi de la granulométrie de la farine d'origine (quelle que soit la présentation finale, farine ou granulé) et de la nature des matières premières qui constituent la ration, (Larbier et Leclercq.1992)

La digestibilité des aliments facilement assimilables (type mais-soja) est assez indépendante du type de broyage. Dans ce cas, le rôle de la préparation par le pro ventricule/gésier est assez réduit (atrophie du gésier) et les nutriments sont facilement absorbés dans la partie haute de l'intestin, (Nir et al, 1993) ;

Par contre, les aliments constitués de céréales plus riches en polysaccharides non amylacés et/ou enrichis en matières grasses saturées, devront être broyés plus grossièrement pour subir une meilleure préparation dans le pro ventricule/gésier. Dans ce cas, le passage dans le duodénum est retardé (1 à 3 heure). Ce mécanisme fonctionne au maximum pour les grains entiers. Cette technique de broyage favorise aussi l'action des enzymes ajoutées dans la ration (cellulase, phytase), (Olivier Rochard, 2005).

IV. Alimentation du poulet de chair :

IV.1 Alimentation en phase de démarrage :

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 (Nitsan et al 1991). Durant cette période, le poids des poussins augmente considérablement.

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 (tableau n°2). 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 3200Kcal EM/kg, (Larbier et al, 1991).

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 (Murakami et al 1992). 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 (Bigot, 2001).

Le développement du tractus gastro-intestinal est un phénomène prioritaire dans le développement général du poussin. Ainsi durant les 4 premiers jours de vie, un quart des protéines absorbées est retenu par l'intestin (Vergara et al. 1989).

Cependant, toute 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. Actuellement la notion de besoins protéique est remplacée par la notion de besoins en acides aminés (Azzouz, 1997).

Les recommandations d'apports énergétiques et protéiques pour le poulet de chair en phase de démarrage sont représentées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Apports recommandés pour poussin en démarrage (0-21 jours) (Olivier Rochard, 2005).

	Unités	Valeurs
Energie métabolisable (E.M)	Kcal/kg	2850-2900
Protéines brutes	%	21.5-22.5
Lysine	%	1.20/1.03
Méthionine	%	0.54/0.48
Méthionine+cystine	%	0.95/0.84
Thréonine	%	0.82/0.70
Tryptophane	%	0.24/0.22
Minéraux	%	
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

IV.2 Alimentation en phase de croissance :

Durant cette période d'élevage l'aliment démarrage sera remplacé par une ration moins riche en protéine (Buldgen et al, 1996).

Les besoins en acides aminés durant la période de croissance s'établit ainsi (Olivier Rochard, 2005).

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

L'accroissement du niveau énergétique conduit toujours à une amélioration de l'indice de consommation. Son effet sur la croissance, variable selon les croisements, est perceptible jusqu'à 3000kcalEM/kg pour les poulets âgés de 4 à 8 semaine, en dessous de ces valeurs, la réduction du poids vif à 56 jours est voisine de 30g pour chaque diminution de 100kcalEM/kg du niveau énergétique de l'aliment (Larbier et al, 1991).

Le besoin protéique est décomposé en entretien, croissance corporelle et croissance des plumes, ces dernières pouvant représenter jusqu'à 20% des besoins en protéines totales (Tableau 4) nécessaires au poulet, (Bouvarel, 2004).

Tableau 4 : les apports recommandés en énergie métabolisable et en protéines brutes pour le poulet de chair durant la période de croissance (Olivier Rochard, 2005).

	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
Minéraux	%	
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

IV.3 Alimentation en phase de finition :

L'aliment de croissance sera remplacé durant cette période, par un aliment finition moins concentré en protéine et plus riche en énergie toute en respectant l'équilibre énergétique/protéique

Il est a noté 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 (Olivier Rochard, 2005).

Des travaux précédents semblent montrer que les rendements en filet sont optimisés lorsque les besoins permettant d'obtenir un I.C. minimum sont optimisés durant les deux premières phases d'élevages (Leclercq et Beaumont, 2000).

Des recherches récentes indiquent que les rendements en filet sont maximisés lorsque les besoins permettant d'obtenir un indice de consommation (I.C) minimal sont satisfaits durant les deux premières phases d'élevage (Leclercq et Beaumont, 2000).

Les recommandations d'apports énergétiques et protéiques pour le poulet de chair en phase de finition sont représentées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Apports recommandés pour poussin en finition (43-56jours), (Olivier Rochard, 2005).

	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
Minéraux	%	
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

V. Les matières premières dans l'alimentation de Poulet de chair :

V.1 Matières premières sources d'énergie :

▪ **Le Maïs :**

Selon les études de Cothenet et Bastianelli (1999) et Drogoul et al. (2013), le maïs est largement considéré comme la céréale de choix et la principale source d'énergie dans l'alimentation des volailles. La valeur nutritionnelle du maïs pour les poulets de chair dépend

de sa teneur en amidon, matières grasses, protéines, ainsi que des facteurs antinutritionnels présents.

▪ **l'orge :**

L'orge se distingue du maïs, du sorgho et de l'avoine par sa teneur en matières grasses plus faible, généralement comprise entre 1,5% et 2,5%. Bien que l'orge contienne moins de protéines que le blé ou le triticale, sa teneur en protéines reste supérieure à celle du maïs. Cette teneur en protéines est influencée par la variété d'orge et les pratiques agricoles (Bamouh, 1999).

Les protéines présentes dans l'orge offrent un profil en acides aminés plus adapté aux besoins des animaux que celui du maïs ou du blé. De plus, l'orge présente des taux légèrement plus élevés de calcium et de sodium par rapport au maïs. Sur le plan de la valeur énergétique, l'orge est considérée comme l'une des céréales les moins énergétiques en raison de sa teneur élevée en fibres dans les graines. Les principaux facteurs antinutritionnels présents dans l'orge sont les béta -glucanes (Bamouh, 1999).

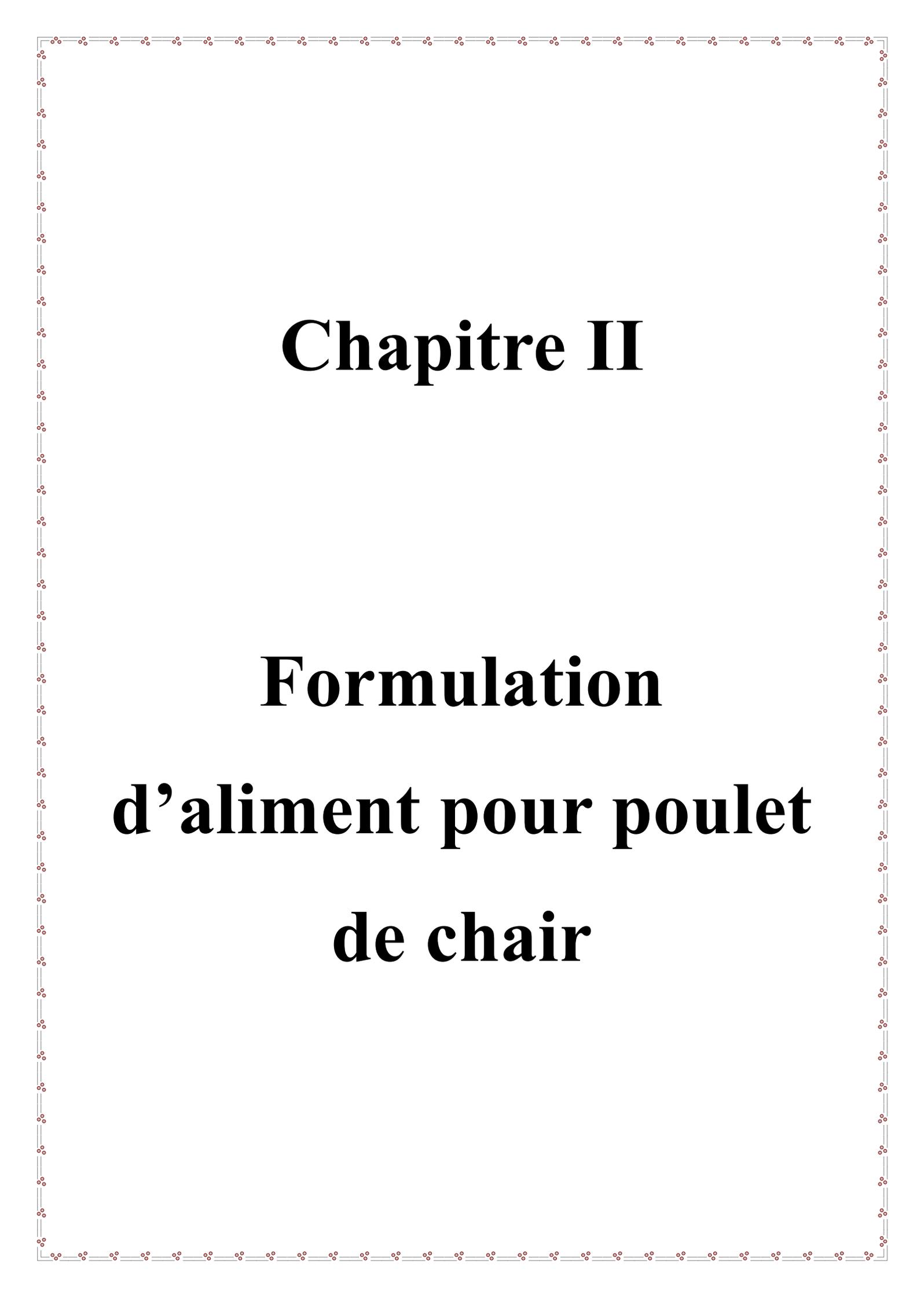
V.2 Matières premières sources protéique :

▪ **Les tourteaux de SOJA :**

Le tourteau de soja est un sous-produit obtenu par l'extraction d'huile à partir des graines de soja riches en matières grasses. Il s'agit d'une matière première à faible teneur en matières grasses. Dans l'alimentation des volailles, le tourteau de soja est largement utilisé comme source principale de protéines et d'acides aminés, avec un taux protéique compris entre 30% et 50% (Zitari, 2008). La composition du tourteau de soja, exprimée en pourcentage de matière brute, comprend environ 44% de matières azotées totales (MAT), 7% de matière grasse (MG) et 6% de cellulose brute (CB). Son taux d'humidité est d'environ 5% (Patricia et al. 2015 et 2008).

▪ **Tourteaux de colza et de tournesol :**

Les tourteaux de colza et de tournesol présentent des caractéristiques nutritionnelles moins favorables que le tourteau de soja. Ils ont des taux de protéines plus bas et des profils en acides aminés moins équilibrés. De plus, leur valeur énergétique est inférieure. En ce qui concerne spécifiquement le tourteau de colza, il peut également contenir des facteurs antinutritionnels potentiels (Bouvarel et al. 2014)



Chapitre II

Formulation d'aliment pour poulet de chair

I. Evolution de l'élevage de poulet de chair En Algérie :

L'alimentation représente en moyenne 70 % des charges variables de production de viande, ce qui explique l'attention accordée à ce facteur par les acteurs de la chaîne avicole (Azzouz.H, 1997).

Pour maintenir un niveau de rentabilité satisfaisant, il est nécessaire de maîtriser les matières premières et les méthodes de formulation. Les formules d'alimentation testées et éprouvées doivent être strictement suivies afin de garantir des produits de qualité constante (équilibre nutritionnel, goût, apparence, forme, durée de vie, etc.) et d'éviter les erreurs de pesage (excès ou carence) qui peuvent avoir des conséquences financières et sur la santé des animaux (Brah et al. 2015).

Selon Fortier et al. (2015), la formulation des aliments consiste à calculer les proportions de chaque ingrédient afin de composer un aliment équilibré. L'objectif général de la formulation est de mélanger des ingrédients de différentes qualités nutritionnelles de manière à obtenir un aliment ayant des proportions nutritives adéquates, correspondant aux besoins des animaux élevés.

Différentes méthodes sont utilisées pour formuler les aliments, allant des méthodes manuelles moins précises aux méthodes basées sur des logiciels mathématiques plus précis. Parmi les méthodes utilisées par les éleveurs avicoles, on trouve la méthode des essais et erreurs et le « Carré de Pearson ».

Dans l'ensemble, les outils de formulation des aliments sont indispensables pour la gestion de l'alimentation des volailles, en particulier pour la production de viande blanche. Les méthodes manuelles sont simples à utiliser mais moins précises que les outils informatiques (Brah.N et al, 2015).

Le choix d'un outil de formulation dépend des besoins, des objectifs de l'exploitation, du niveau de technicité de l'éleveur et de la disponibilité des ressources informatiques. Les logiciels de formulation sont plus précis mais nécessitent des compétences informatiques, tandis que les applications mobiles sont souvent moins coûteuses mais moins précises que les logiciels de formulation (Fortier et al. 2015).

Il est donc important de prendre en compte ces différents facteurs lors du choix d'une méthode de formulation des aliments pour les élevages avicoles.

II. Définition de la formulation :

La formulation des aliments implique la combinaison de diverses matières premières disponibles quantifier leur taux d'incorporation et les mettre ensemble pour former un mélange uniforme (Almasad et al ,2011).

Selon Brah et al. (2015) : «la méthode de formulation de ces aliments, doivent être appliqué pour déterminer de la quantité de nutriments que chaque ingrédient rendra disponible pour le métabolisme animal. Cela implique de connaître le niveau de nutriments nécessaire pour que l'animal atteigne une production optimale.

III. Contraintes de la formulation :

Traditionnellement, le formulateur vise à minimiser le coût de l'aliment composé tout en respectant un ensemble de contraintes spécifiques. Ces contraintes incluent les exigences nutritionnelles de l'animal pour répondre à ses besoins (en fonction des performances zootechniques recherchées) et les limitations liées à l'incorporation de différentes matières premières en raison de leurs propriétés (comme la présence de facteurs antinutritionnels) et de leur disponibilité (Dusart et al. 2016).

La composition de l'aliment en matières premières dépend alors de leur prix et de leurs caractéristiques nutritionnelles (apports en énergie, protéines et acides aminés Notamment) (Dusart et al. 2016).

Le cahier des charges établi par les formulateurs comprend divers types de contraintes. Certaines contraintes portent sur la quantité minimale d'un composant spécifique à incorporer, par exemple, un produit doit contenir au moins 10 % de blé. Un deuxième type de contraintes concerne les caractéristiques nutritionnelles, telles que les apports en glucides qui doivent être compris entre 25 % et 40 %. Les contraintes peuvent également être liées aux caractéristiques physiques du produit final, comme la teneur en humidité qui doit se situer entre deux valeurs limite. Un troisième type de contrainte est le rapport de caractéristiques. Dans certains Cas, le rapport entre deux nutriments (sodium et magnésium par exemple) est borné entre deux Valeurs (Manuel, 2006).

III.1 Contraintes nutritionnelles :

Les niveaux de nutriments présents dans les différents ingrédients doivent répondre aux besoins nutritionnels spécifiques exprimés généralement en termes de concentration dans l'aliment. Ces besoins peuvent représenter soit des valeurs maximales soit des valeurs minimales à respecter.

Dans la formulation des aliments, il est fréquent de fixer des seuils d'incorporation à ne pas dépasser pour certains ingrédients, pour diverses raisons. Ces limitations peuvent être dues à des effets de Synergie macromoléculaires connus ou par son apport néfaste en certains éléments (Malumba, 1999).

Outre la composition chimique et les valeurs nutritionnelles des ingrédients, il est essentiel d'avoir des connaissances sur les limites d'incorporation de chaque ingrédient et sur les facteurs de variation de la valeur nutritive pour réussir la formulation d'un aliment. Les limites Maximale et minimale de chaque ingrédient doivent être connues afin d'éviter la toxicité, Le déséquilibre alimentaire, les interférences avec d'autres éléments nutritifs, la sous consommation liée à l'inappétence ou même la pollution de l'environnement après excrétion Par l'urine et les fientes (Moughan et al. 2000).

III.2 Contraintes économiques :

La formulation d'aliments ne se limite pas uniquement au calcul d'une recette alimentaire. En raison de l'importance économique des choix d'alimentation, la formulation va au-delà de la dimension technique. Il s'agit de concilier ces deux aspects, ce qui transforme souvent la pratique de formulation en processus d'optimisation (Lapierre, 2005). Un problème de formulation consiste à déterminer les niveaux d'incorporation des matières premières dans un aliment donné, en respectant des contraintes nutritionnelles et de taux d'incorporation, tout en minimisant une fonction « objectif » qui correspond généralement au coût de l'aliment. Ce coût est calculé en additionnant les coûts des matières premières incorporées multipliés par leurs taux d'incorporation respectifs (Wilfart et al, 2018).

Il existe plusieurs contextes de formulation qui peuvent être pris en compte, à la fois pour la formulation à moindre coût et pour la formulation multi-objectif. Ces contextes peuvent être définis par différents niveaux de disponibilité des matières premières (MP), des niveaux de prix différents et des scénarios d'approvisionnement des MP différents (comme les distances entre les sites de production et l'usine de fabrication d'aliments).

En effet, sur un territoire donné la disponibilité d'une matière Première peut contraindre son utilisation (Wilfart et al. 2018).

III.3 Contraintes technologiques :

Avant d'être consommés et métabolisés par les animaux, les aliments doivent être produits dans des conditions optimales et présentés de manière satisfaisante. Dans le cas de l'agglomération de l'aliment, par exemple, l'objectif est d'obtenir des granulés ayant une bonne durabilité.

Ainsi selon le cas, le formulateur peut être conduit à imposer certaines Matières premières « liantes » comme la graisse ou l'huile de palme pour favoriser la tenue du Granulé (Bisimwa, 1998 citée par Malumba, 1999).

III.4 Contraintes environnementales :

La prise de conscience croissante des enjeux environnementaux a élevé cette question au rang d'une dimension majeure dans le domaine de la formulation des aliments. La problématique de la gestion des déchets a des implications directes sur les pratiques de formulation. Cela conduit à l'utilisation de systèmes d'évaluation de la qualité des matières premières qui reflètent mieux leur assimilation par les animaux. Cela encourage également le développement de technologies (physico-chimiques ou biologiques) visant à améliorer l'efficacité de la digestion des nutriments. Elle a poussé Les formulateurs à resserrer le jeu des contraintes de façon à limiter les risques de gaspillage Nutritionnel synonyme de pollution (Lapierre, 2005).

La production animale engendre des impacts environnementaux pour la production des Matières premières, avec la consommation de ressources naturelles, l'émission d'ammoniac et De gaz à effet de serre et une mobilisation de surface : 40 % des terres arables sont destinées à Produire les aliments du bétail dans le monde (Espagnol et al, 2018). 50 % à 85 % de l'impact Changement climatique lié à la production de poulet de chair sont estimés imputables à la Production des matières premières pour son alimentation (Dusart, 2016).

IV. Méthodes de formulations :

IV.1 Méthodes par tâtonnement simple :

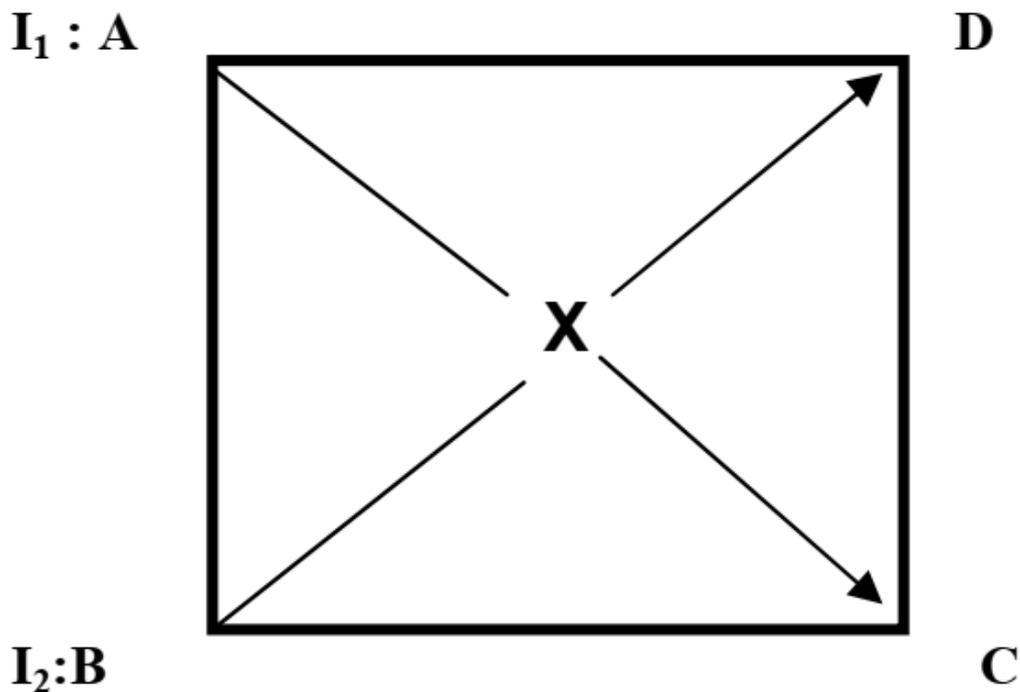
Selon Malumba (1999) : « de manière générale, ces méthodes consistent à formuler d'abord l'aliment en tenant compte d'un nutriment spécifique, puis passer à la vérification des autres quantités des autres éléments sont satisfaits. Soit il faut commencer par équilibrer les protéines et vérifier si le niveau d'énergie est satisfaisant. Si ça ne marche pas on fait de nouveaux apports, pour ajuster déficitaires les éléments et réduire les apports en excès ».

IV.2 Méthodes de carré de Pearson :

Pour obtenir un pourcentage fixe d'une substance nutritive dans un mélange final composé uniquement de deux ingrédients, on peut utiliser le système connu sous le nom de carré de Pearson. Par exemple, si l'on souhaite élaborer un régime pour poules pondeuses contenant 16 % de protéines à partir de maïs et de farine de graines de soja, supposons que ces ingrédients contiennent respectivement 9 % et 36 % de protéines. On peut obtenir le résultat souhaité de la manière suivante :

En plaçant le niveau de protéines du régime complet au centre d'un carré, et en inscrivant les pourcentages de protéines de chaque aliment dans les coins supérieurs gauches. Pour calculer la proportion nécessaire de chaque aliment, on soustrait la plus petite valeur de la plus grande en suivant les diagonales du carré, comme illustré ci-dessous.

La proportion de chaque Ingrédient nécessaire à l'élaboration d'un régime comprenant 16 % de protéines apparaît du côté Droit du carré (Maisonneuve et Larose, 1992).



En **X** la solution désirée : le besoin nutritionnel à satisfaire

En **A** et **B** les teneurs en nutriment des deux sources d'ingrédients **I1** et **I2** pour satisfaire le Besoin nutritionnel **X** ;

C représente la différence entre **A** et **X** sans tenir compte de signe ; c'est la part de l'ingrédient **I2** dans le mélange ;

D représente la différence entre **B** et **X** sans tenir compte de signe ; c'est la part de l'ingrédient **I1** dans le mélange.

La proportion (%) d'ingrédient **I1** contenant le nutriment **A** s'obtient par :

$$I_1 = (|D| / |C + D|) \times 100$$

La proportion (%) d'ingrédient **I2** contenant le nutriment **B** s'obtient par :

$$I_2 = (|C| / |C + D|) \times 100$$

(Brah et al., 2015).

IV.3 Méthodes de programmation linéaire :

La programmation linéaire est utilisée pour minimiser une fonction de coût à l'aide de logiciels informatiques. L'inclusion éventuelle d'un ingrédient dans la formulation d'aliments est déterminée en fonction de son prix relatif. C'est la méthode habituellement utilisée pour formuler les rations et les aliments pour les animaux.

Dans le cas où l'on dispose d'un ensemble de n matières premières, $M_1, M_2, \dots, M_i, \dots, M_n$, l'objectif est de déterminer leurs taux d'incorporation, $X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n$, de manière à respecter certaines contraintes :

- Contraintes nutritionnelles : cela peut concerner la teneur en nutriments tels que la teneur en protéines, ou les limites d'incorporation d'ingrédients en raison de leur toxicité ou de leur inappétence.
- Contraintes technologiques : certaines matières premières peuvent être limitées dans leur introduction ou, au contraire, un minimum peut être imposé pour assurer, par exemple, la solidité des granulés ou la conservation des mélanges.
- Contraintes commerciales : les taux d'incorporation peuvent être limités pour les produits peu abondants sur le marché ou pour ceux pour lesquels il n'y a pas suffisamment de moyens de stockage. Ces contraintes peuvent être exprimées mathématiquement comme suit :

$\sum(a_{ij} * X_i) \geq A_j$, pour tout j , où a_{ij} est le coefficient technique représentant la quantité du nutriment j présente dans l'ingrédient i , et A_j représente le besoin exprimé en concentration dans l'aliment.

Les contraintes d'incorporation sont exprimées sous la forme :

$\sum(g_{ij} * X_i) \leq L_i$, pour tout i , où g_{ij} représente la proportion de la matière première i dans le mélange.

L'objectif est de minimiser le coût C du mélange. Si $C_1, C_2, \dots, C_i, \dots, C_n$ sont les prix des matières premières par unité de poids, la relation suivante doit être satisfaite :

$C = \sum(C_i * X_i)$, pour tout i .

De plus, il est défini que :

$0 < X_i < 100$, et $\sum X_i = 100$, pour tout i .

Il existe des logiciels capables de résoudre ce type de problème. La plupart visent à minimiser le coût par kilogramme d'aliment, tandis que d'autres cherchent à minimiser le coût par calorie. Plusieurs logiciels de programmation linéaire sont utilisés pour la formulation des aliments pour animaux tels que l'outil « solver » du programme Excel, AFOS, FeedAccess& (Fernandez et Ruiz, 2003 ; Larbier et Leclercq, 1992, Mahmoudi, 2021).

V. Etapes de formulation d'aliment de volaille :

V.1 Connaissance de l'animal et détermination des besoins nutritionnels :

Selon Brah et al. (2015) « Les besoins nutritionnels sont déterminés par plusieurs facteurs, tels que la génétique, le sexe, le poids corporel, le stade physiologique, l'appétit et les facteurs environnementaux tels que la température et la densité. Les besoins nutritionnels peuvent être définis comme étant la quantité nécessaires pour Optimiser un facteur de production, tel que la vitesse de croissance ou la conversion alimentaire, La formation du muscle ou de l'œuf, le dépôt de graisse ou des éléments nutritifs dans les Organes ».

La détermination précise des besoins en plusieurs éléments nutritifs essentiels est cruciale pour une formulation réussie. Parmi ces éléments, on retrouve l'énergie métabolisable, les protéines brutes, les acides aminés, le calcium et le phosphore. Traditionnellement, les besoins nutritionnels des animaux sont publiés sous forme de tables (INRA, 2004 ; publications scientifiques ou des bases des données comme Feedbase) (Brah et al. 2015).

V.2 Détermination des éléments nutritifs fournis par les matières premières :

La disponibilité des matières premières revêt une grande importance lors de cette étape. Les valeurs nutritives de chaque aliment sont influencées par des facteurs tels que la variété, l'origine, les pratiques agricoles (fertilisation, récolte) et le traitement post-récolte. C'est pourquoi il est recommandé d'effectuer des analyses et de contrôler les matières premières afin d'évaluer leur teneur en protéines brutes, en acides aminés, en minéraux, en vitamines et en énergie. Dans le contexte de la formulation d'aliments, il est essentiel de créer une base de données comprenant des informations sur la composition chimique, les caractéristiques physiques et la digestibilité des ingrédients utilisés dans l'alimentation animale. Il existe des bases de données (tables) des compositions chimiques des ingrédients pour aliment volailles (INRA, NRC, Feedbase) qui sont mises à jour continuellement (Brah et al. 2015).

V.3 Formulation proprement dite :

Selon Brah et al. (2019), la formulation d'aliments pour les volailles implique la sélection et la quantification de plusieurs matières premières disponibles, qui sont mélangées ensemble afin de créer un mélange uniforme. L'objectif de ce processus est de répondre à tous les besoins nutritionnels des volailles, tout en respectant les objectifs de production.

V.4 Exemple de logiciels de formulation :

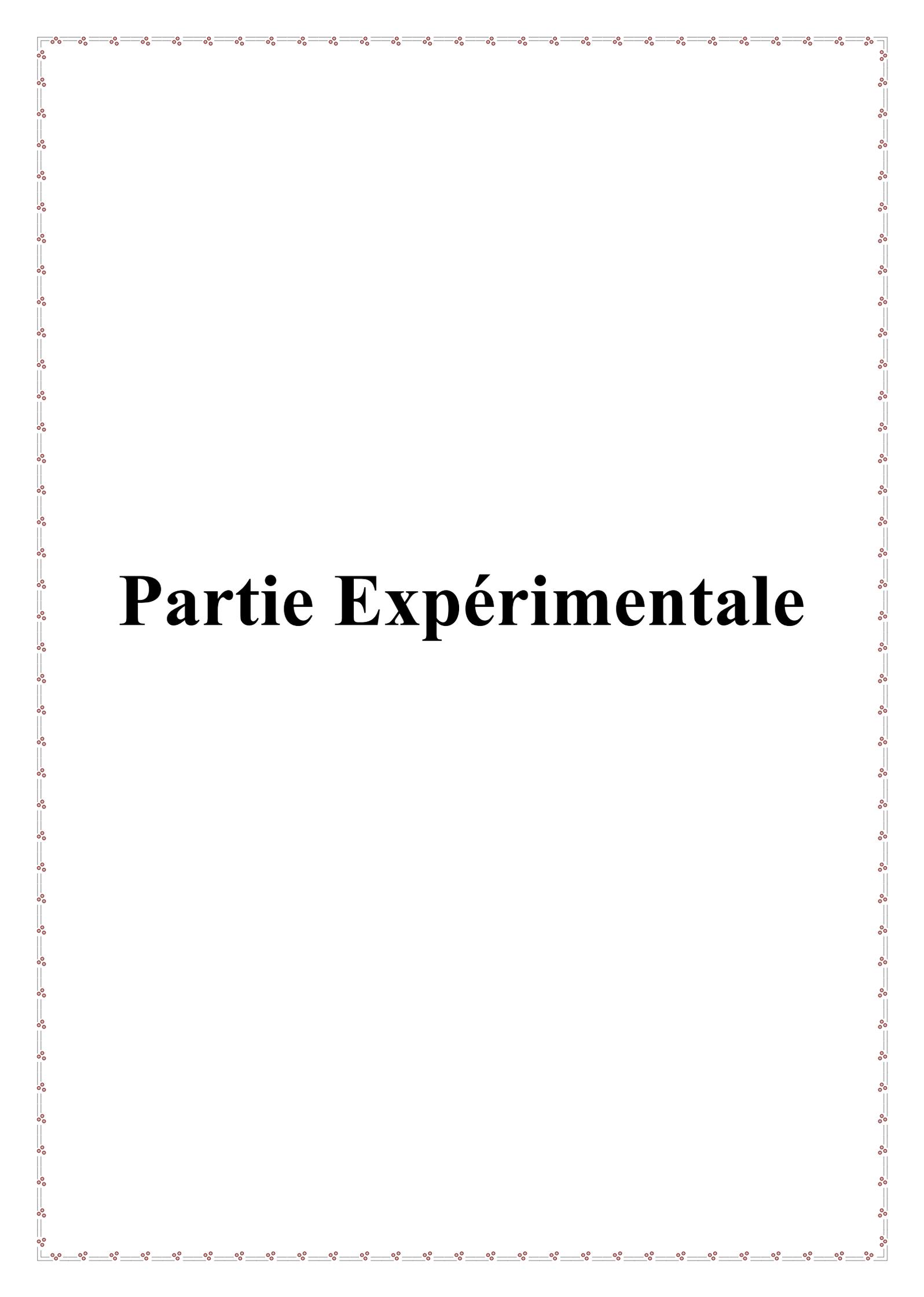
Tableau 6 : Comparaison des outils existants à la proposition de cahier des charges de l'outil à construire classe d'Excel , (Bordeaux.C.2013)

	NOM LOGICIEL (DEVELOPPEUR)	CIBLE / UTILISATEURS	ESPECES	CONDITIONS TECHNIQUES D'UTILISATION	CONDITIONS FINANCIERES D'UTILISATION	DESCRIPTION SUCCINCTE	PRINCIPAUX ATOUTS	PRINCIPAUX INCONVENIENTS
CLASSEUREXCEL	Excel « WUFFDA » <i>(version lapin adaptée par GIDENNE T. et LEBAS F. (2010) et version volailles adaptée par LECLERCQ B. (2002) d'après PESTI G. et THOMSONE.)</i>	L'enseignement et la recherche	- Lapins (Version lapins) - Volailles: poulets, canards, pintades, oies (version volailles)	- Nécessite Excel et l'option Solveur installée	Gratuit	Outil (d'usage facile) de formulation d'aliment pour les lapins ou les volailles par optimisation économique et technique	- Gratuit - Adaptable - Existence d'une version volailles - Réel outil de formulation à moindre coût	- Simple d'utilisation mais ergonomie limitée - Sauvegarde seulement la dernière formule calculée / Pratique si peu de formules à calculer - Nécessite Excel - Accès à l'outil (version volailles) limité
	Outil Excel Volailles <i>(ANTOIN ED., expert)</i>	- Eleveur (logiciel distribué lors de formations sur l'alimentation des volailles)	- Volailles: poulets et canards	- Participation à une formation de D. ANTOINE - Nécessite Excel	- Distribué gratuitement lors de la formation	Outil de vérification des caractéristiques nutritionnelles des formules pour les volailles	- Simple d'utilisation	- Accès à l'outil limité - Nécessite Excel - Pas un outil de formulation/ juste vérification de formules - Fiabilité de cet outil personnel?
	Outil Excel Volailles de MARY D. <i>(MARYD., DM Nutrition)</i>	- Eleveur (logiciel distribué lors de formations sur l'alimentation des volailles)	- Volailles	- Participation à une formation de D. MARY (DM Nutrition) - Nécessite Excel	- Distribué gratuitement lors de la formation	Outil de calcul des apports nutritionnels d'une ration	- Simple d'utilisation	- Accès à l'outil limité - Pas un outil de formulation/ juste vérification de formules - Pas de données sur les besoins nutritionnelles des animaux - Fiabilité de cet outil personnel?



Tableau 7: Comparaison des outils existants à la proposition de cahier des charges de l'outil à construire classe des logiciels, (Bordeaux.C.2013)

TYPE	NOM LOGICIEL (DEVELOPPEUR)	CIBLE/UTILISATEURS	ESPECES	CONDITIONS techniques d'utilisation	CONDITIONS FINANCIERES D'UTILISATION	DESCRIPTION, SUCCINCTE	PRINCIPAUX ATOUTS	PRINCIPAUX INCONVENIENTS
	Feedsoft (Feedsoft Corporation)	Selon version du logiciel: - <i>Standard</i> : éleveurs et entreprises de nutrition de petite taille - <i>Professionnel</i> : entreprise de taille moyenne, l'enseignement et la recherche - <i>Entreprise</i> : entreprise de grande taille	- Possibilité toutes espèces mais une seule au choix dans les 2 premières versions	- Possession d'un licence	Acquisition du logiciel, prix selon version : - <i>Standard</i> : 1495\$US ~1150€ (au 15/02/2013) <i>Professionnel</i> : 2495\$US <i>Entreprise</i> : 3495\$US	Logiciel d'optimisation économique et technique de formules pour animaux	Toutes espèces Simple d'utilisation Ergonomie très travaillée	Prix Logiciel en anglais - Pas de données sur les besoins nutritionnelles des animaux (A renseigner par l'utilisateur)
	NutrAnim (Nutranim)	Nutritionniste Fabricant d'aliments - Technicien en alimentation animale Eleveur	- Toutes espèces	- Possession d'un licence - Accès à internet (version en ligne)	Acquisition du logiciel: 2500\$CAD ~ 1850€ (au 15/02/2013)	Logiciel de formulation et de vérification des valeurs nutritionnelles de formules pour animaux	Outil de formulation à moindre coût et de vérification de formules alimentaires Toutes espèces - Module de gestion des stocks de matières premières - Possibilité de groupes d'échange (entre utilisateurs)	Logiciel payant Ergonomie limitée - Pas de données sur les besoins nutritionnelles des animaux (A renseigner par l'utilisateur)
	Feedopti (HARRAUO.)	Eleveur Nutritionniste - Professionnel de la nutrition	- Toutes espèces: volailles, porcs, bovins, équins, lapins, pet food et aquaculture	Accès à internet - Abonnement annuel requis	Offre de 25 à 500€ par an	Logiciel d'optimisation économique et technique de formules pour animaux	Toutes espèces - Possibilité de groupes d'échange (entre utilisateurs)	Service payant - Absence de base de données matières premières pré-enregistrées - Pas de données sur les besoins nutritionnelles des animaux (A renseigner par l'utilisateur) Utilisation complexe



Partie Expérimentale

I. Objectif de l'étude

Notre étude est vise à développer une application web destinée à faciliter la formulation des aliments pour volaille, spécifiquement pour les élevages avicoles en Algérie. Cette initiative promet de simplifier et d'optimiser les processus de gestion alimentaire dans ces élevages, ce qui pourrait améliorer leur efficacité et leur productivité.

II. Lieu et période d'étude

Notre travail s'est déroulé de mois de mars au mois de mai 2024. Il a été réalisé en deux lieux : d'abord à l'ONAB de Ain Bessam, Bouira, puis au laboratoire des PFE à l'université de Bouira.

III. Matériel et méthodes :

Avant d'entamer notre travail sur l'application web, nous avons d'abord effectué une étude à l'usine de fabrication des aliments pour bétail sis à Ain Bessam. Et ce pour observer le processus de fabrication des aliments ainsi que connaitre les systèmes de formulation utilisé par l'usine.

III.1 Matériel :

III.1.1 Enquête sur le processus de fabrication d'aliment au niveau de l'ONAB

1. Présentation de l'ONAB :

L'ONAB est une entreprise publique d'exploitation en Algérie, présente sur tout le territoire national, avec une large couverture qui permet la rentabilité et la durabilité de l'aviculture dans le pays. Le groupe ONAB se concentre principalement sur la production d'aliments pour animaux.

L'ONAB a été créé en 1981 et depuis sa création, il a connu des changements organisationnels et structurels importants, dans le but de renforcer sa stratégie et son efficacité. L'entreprise a cherché à s'adapter aux exigences du marché et à répondre aux besoins croissants de l'industrie avicole en Algérie.

L'ONAB joue un rôle clé dans le développement de l'aviculture en Algérie en fournissant des aliments de haute qualité pour animaux. L'entreprise vise à soutenir les agriculteurs et les éleveurs en leur fournissant des produits adaptés à leurs besoins spécifiques, contribuant ainsi à l'amélioration de la productivité et de la rentabilité de leurs activités.

L'unité Ain Bessem de l'entreprise est située à environ 1 km de la sortie d'Ain Bessem. Elle occupe une superficie totale de 4000 m², dont 3000 m² de surface non bâtie, le reste étant couvert de silos de stockage. Cette unité emploie 87 personnes.

2. Le processus de fabrication d'aliment :

Selon l'ONAB : « le processus de fabrication d'aliments composés au niveau de l'ONAB d'Ain Bessam comprend généralement trois phases principales : la réception, la fabrication et l'expédition. Avant ces trois phases, il y a une phase de recherche et développement au cours de laquelle une combinaison de matières premières est développée pour répondre aux besoins spécifiques de l'animal, tels que son type, son âge, son type de production, etc. La formule de l'aliment est établie en prenant en compte les caractéristiques des matières premières telles que leur composition, leur valeur nutritionnelle et leur disponibilité, ainsi que les besoins nutritionnels de l'animal. De plus, la formule doit être élaborée de manière à minimiser les coûts ».

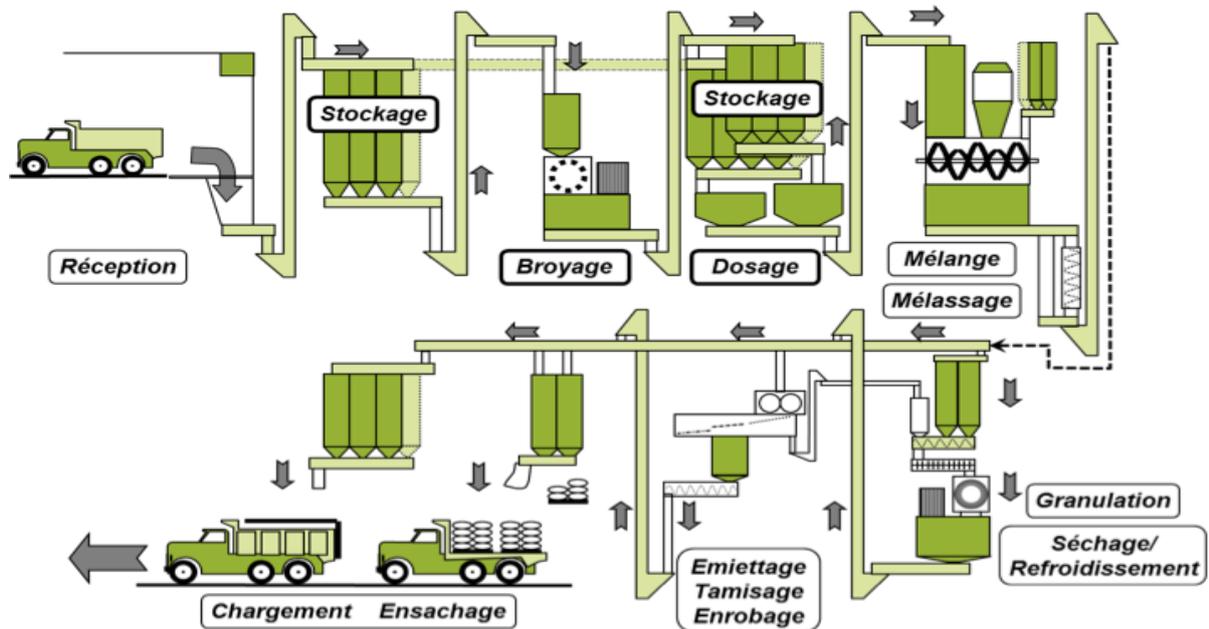


Figure 3 : les processus de fabrication d'aliments bétail (au niveau de ONAB).

3. Les différents matériels et les méthodes de préparation des aliments.

1. La réception des matières premières :

Ce premier processus concerne l'acquisition de matières premières, Plus que la totalité des céréales plus particulièrement le maïs proviennent de l'étranger (l'argentine) importées par voie maritime, elles sont ensuite transportées en vrac par de grands camions jusqu'à l'entreprise.

L'alimentation animale, en Algérie, fait appel à deux types principaux de matières premières : maïs, orge et les tourteaux de soja.

Partie expérimental

Quant aux additifs chimiques utilisés sont : les CMV (en sacs), le Calcaire (en vrac) et le Phosphate (en sacs).

A leurs arrivés dans l'usine, les camions sont pesées en utilisant un équipement spécifique appelé pont-bascule (figure 4).



Figure 4 : Pont-bascule apparent (photo original)



Figure 5 : Balance Électrique (photo originale)

2. Transport mécanique et stockage :

Après la réception des matières premières, les céréales et les farine de tourteaux de soja sont déchargées dans deux trémies distinctes. Sous chaque trémie se trouve un convoyeur à chaîne qui transporte les matières et les stocke dans des silos spécialisés, il y a 12 silos dédiés à chaque type de matière première



Figure 6 : A : Trémie et B : Transporteurs et Elévateur (photo originale)

L'unité d'Ain Bessem dispose d'une capacité de stockage totale de 4800 tonnes, répartie sur 12 silos. Chaque silo peut stocker jusqu'à 400 tonnes de matières premières.

Cependant, au cours de cette période, le nombre de silos a diminué en raison de la vétusté du matériel et des machines.



Figure 7 : Silos (photos originale)

3. Broyage :

L'objectif du broyage est de réduire la taille des particules du produit jusqu'à la granulation requise. Dans le cas des céréales telles que le maïs et l'orge, le broyage est nécessaire. Pour cette étape, deux broyeurs à marteaux sont utilisés. Ils peuvent produire 18 tonnes par heure avec une humidité de 13% et une grille perforée d'un diamètre de 3 mm.

Le produit à broyer est alimenté par la partie supérieure du moulin et pénètre dans la chambre de broyage, où il est frappé énergiquement par des marteaux en rotation. Après plusieurs impacts, lorsque le produit devient très fin, il passe à travers la grille perforée. Le produit broyé tombe dans une trémie de récolte et est ensuite transporté par un système pneumatique, à l'aide d'un aspirateur centrifuge. Celui-ci aspire le produit broyé et le transporte dans une rallonge en volute, sous un filtre à manches. L'air aspiré a également pour fonction de refroidir le produit.

4. Granulation :

Le processus de granulation est de soumettre une farine dans un combiné de compression et d'extrusion. Si l'usine a une commande d'aliment granulé, le produit passe dans la matrice à granulé qui est une presse qui permet de transformer l'aliment broyés en granulé.

- Refroidissement :

Chaque ligne de presse ou de traitement thermique inclut une étape de séchage/refroidissement pour éviter la dégradation microbienne des produits chauds et humides. Cette opération sèche

Partie expérimental

et refroidit les granulés dans un seul appareil. En alimentation animale, séchage et refroidissement sont combinés, en utilisant un flux d'air ambiant pour sécher et ajuster la chaleur de l'air entrant pour refroidir.

Néanmoins, en raison de la vétusté des équipements de l'UAB de Ain Bessam, cette dernière fabrique rarement le granulé et ce en raison des pannes fréquentes de la presse à granulé.



Figure 8 : Presse à granulés. (Photos Originale)

5. Emballage :

Cette opération intervient après refroidissement et dépistage, la pastille d'alimentation doit être protégée de l'humidité et d'autres conditions environnementales.

Figure 9 : Ensachage (photos original)



6. Étiquetage :

Les étiquettes contiennent généralement des informations telles que le nom de l'entreprise : ONAB unité de ain bessam et le type de produit par exemple aliment complet supplémenté vitaminisé finition poulet de chair. Ainsi que la composition alimentaire (maïs, tourteaux de soja....etc.) Et les supplémentations : antioxydant B.H.T, vitamines (A, E, D3 ...). Les fabricants d'aliments au niveau de l'ONAB peuvent suivre les produits qu'ils fabriquent en marquant les informations telles que le numéro de lot, et la date de production.

Figure 10 : les étiquettes (photos original)



7. Distribution :

Selon les commandes, les produits finis seront expédiés de deux manières :

- ✓ En vrac directement dans des camions citernes à partir des cellules de vidange (CV).
- ✓ En sac de 50Kg, à l'aide d'une ensacheuse.

III.1.2 Mise en place de l'application web

Pour le développement de notre application de rationnement, nous avons d'utiliser un micro-ordinateur comme matériel principal de systèmes Informatique.

III.1.3 Les plateformes de développement utilisées :

a-WordPress :

Nous avons choisi WordPress pour sa flexibilité et sa large communauté de support. Il permet un développement rapide et une gestion simplifiée du contenu.

Les plugins JET-Engine, Jet FormBuilder et Elementor ont été utilisés pour créer des interfaces utilisateur conviviales et des formules de saisie de données.

III.2 Méthodes :

La méthodologie utilisée pour concevoir et développer l'application de rationnement "Chickenfeed "repose sur l'utilisation de WordPress en tant que plateforme de développement, ainsi que les plugins JetEngine et JetFormBuilder pour étendre les fonctionnalités de WordPress.

1. Installation de WordPress :

La première étape consiste à installer WordPress sur un serveur. WordPress offre une interface conviviale et une flexibilité pour créer des sites Web et des applications. Par la suite nous avons installé les Plugins (JetEngine et JetForm Builder).

2. Configuration de JetEngine :

JetEngine est un plugin puissant pour WordPress qui permet de créer des types de publication personnalisés, des champs personnalisés et des relations entre les données. Il est utilisé pour structurer les données liées à l'alimentation de poulet

3. Création de formules avec JetForm Builder :

JetForm Builder est un plugin de création de formulaires intuitifs et flexible pour WordPress. Il est utilisé pour créer des formules de saisie de données, Ces formules permettent de collecter les informations nécessaires pour calculer les besoins de poulet.

4. Développement des algorithmes :

Sur la base des données fournies à l'aide de JetForm Builder, des algorithmes d'alimentation spécifiques sont développés pour formuler les rations alimentaires.

Afin de créer cette application basée sur le WordPress pour l'alimentation de poulet de chair, voici la méthode détaillé qui était utilisée dans le processus de construction :

III.2.1 Analyse des besoins :

Il a d'abord analysé en profondeur les besoins de notre application **Chickenfeed** .Ensuite, il a identifié les fonctions spécifiques requises pour l'alimentation de poulets de chair.

1. Base des données :

L'application est connectée à une base de données pour stocker et gérer les informations concernant les phases de développement des poulets et leurs besoins nutritionnels (figure 11).

Les utilisateurs saisissent les données, qui sont ensuite utilisées pour calculer les rations alimentaires appropriées.

Nom de l'aliment	Cost
Mais	
Min	Max
Pds	Matières sèches
EM	Protéines
MG	C18:2
C.F	Calcium

Figure 11 : Base des données

2. Les besoins nutritionnels :

Les données collectées à partir des formulaires Jet Form Builder seront stockées dans la base de données de WordPress sous forme de MP.

Les poulets de chair ont des besoins nutritionnels spécifiques pour assurer une croissance optimale, une bonne santé et une productivité maximale. Ces besoins varient en fonction de leur stade de développement

3. Développement des algorithmes de rationnement :

Les algorithmes de calcul des rations sont implémentés pour optimiser l'apport nutritionnel en fonction des données saisies (stades de développement et besoins nutritionnels des poulets).

Ces algorithmes tiennent compte des aliments énergétiques et protéiques pour formuler des rations équilibrées.

III.2.2 Description l'interface de l'application :

Pour visualiser l'interface de notre application de formule alimentaire pour poulets de chair, il faut cliquer sur le lien suivant :

<https://auditelev.com/alimentation-des-volailles>



Figure 12: la page d'accueil de la plateforme audit élevage pour les poulets de chair 2024

L'interface conviviale et les outils intuitifs de l'application de formule alimentaire pour poulet de chair sont conçus pour garantir la simplicité et l'efficacité, avec une conception destinée pour les utilisateurs amateurs, les professionnels de l'industrie avicole. Ce site offre une navigation facile à travers les différentes fonctionnalités, et permet de créer des formules précises en un laps de temps rapide ainsi que l'optimisation des matières premières utilisées en alimentation avicole.

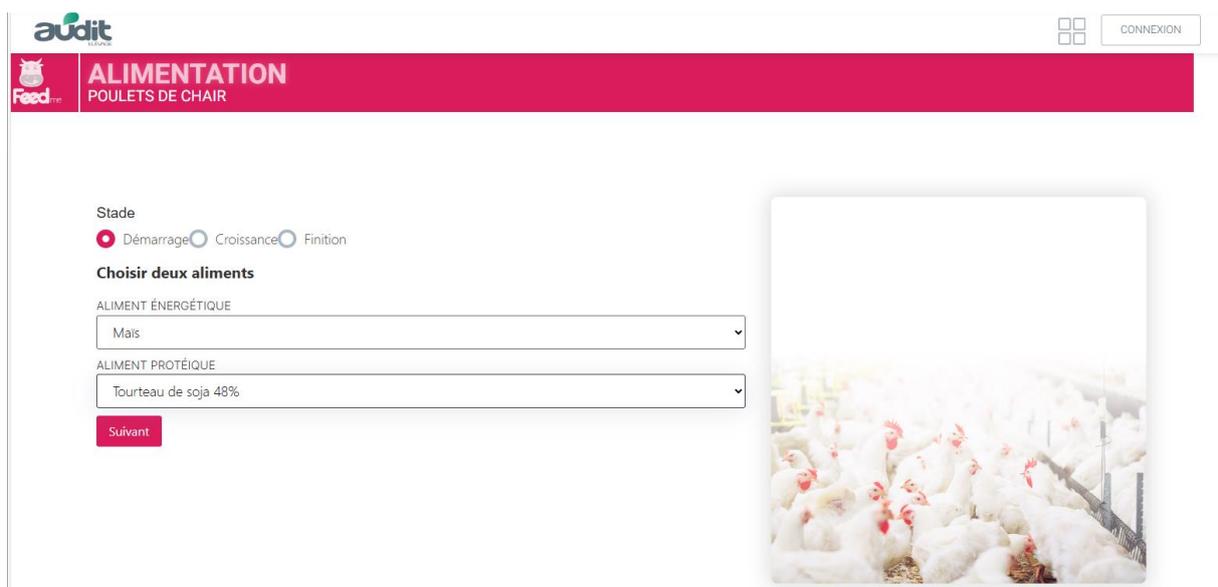


Figure 13 : Illustration de l'application

III.2.3 Caractéristiques de l'Interface :

I. Page d'accueil :

1. **Présentation générale** : Un aperçu de l'application, de ses fonctionnalités et de ses avantages pour les éleveurs.
2. **Navigation simple** : Accès facile aux différentes sections de l'application grâce à un menu intuitif.

II. Formulaire de saisie des données

1. **Saisie des informations de l'élevage** : Informations telles que la phase de développement des poulets, leurs besoins nutritionnels spécifiques et les types d'aliments disponibles.
2. **Interface conviviale** : Utilisation de champs de saisie clairs et de menus déroulants pour faciliter l'entrée des données.

III. Calcul des rations alimentaires

1. **Algorithmes optimisés** : Les algorithmes intégrés calculent les quantités nécessaires des différents ingrédients pour répondre aux besoins nutritionnels des poulets.
2. **Affichage des résultats** :
 - **Clarté et Précision** : Les résultats sont présentés de manière simple et directe, facilitant la compréhension des quantités nécessaires.
 - **Suivi Facile** : Les éleveurs peuvent suivre facilement les quantités à utiliser pour chaque aliment, assurant ainsi une alimentation optimale.
 - **Optimisation des Rations** : Permet d'ajuster les rations alimentaires en fonction des besoins exacts des poulets, améliorant leur croissance et leur santé.

III.2.4 Présentation de l'Application "ChickenFeed" :

L'application "ChickenFeed" est conçue pour aider les éleveurs de poulets de chair à formuler des rations alimentaires optimisées en fonction des besoins nutritionnels des volailles à différents stades de développement. Voici une description détaillée de son fonctionnement :

III.2.4.1 Étapes d'Utilisation de l'Application :

Étape 1 : Sélection du Stade de Développement :

Une fois nous avons accéder à l'interface de l'application, une page apparaîtra portant le stade de l'animale (démarrage, croissance et finition) et les matières première à choisir.

Concernant les stades d'élevage, nous avons :

✓ Démarrage :

Utilisé pour les poussins en phase initiale de croissance.

L'aliment doit être riche en protéines pour soutenir une croissance rapide et un développement sain.

✓ Croissance :

Utilisé pour les poulets en phase intermédiaire.

Il est équilibre entre protéines et énergie pour maintenir une croissance continue et une bonne santé.

✓ Finition :

Utilisé pour les poulets proches de l'abattage.

Il est plus énergétique pour favoriser la prise de poids finale et la qualité de la viande.

Étape 2 : Sélection des Aliments :

Après avoir sélectionné le stade de développement, l'application permet de choisir les aliments de la formulation à partir de deux catégories principales :

- Matière première Source Énergétique :

En cliquant sur cette icône, elle nous donne une liste de matière première à savoir :

Maïs

Amidon

Amidon de maïs

Orge

Son d'avoine

Son de blé

Il suffit de cliquer sur l'une de ces matières pour qu'elle soit prise en charge dans la formule.

- **Matière première Source Protéique :**

Les matières premières protéiques couramment utilisées en Algérie incluent :

Tourteau de soja 48 %

Tourteau de colza

Elles sont rajoutées dans la base de données de l'application

Étape 3 : Calcul de la Formulation :

Une fois les matières premières et le stade d'élevage sont sélectionnés, l'utilisateur clique sur le bouton suivant, l'application combine les données et propose une formule optimale pour répondre aux besoins nutritionnels des poulets de chair en fonction du stade de développement choisi.

Étape 4 : Affichage des Résultats :

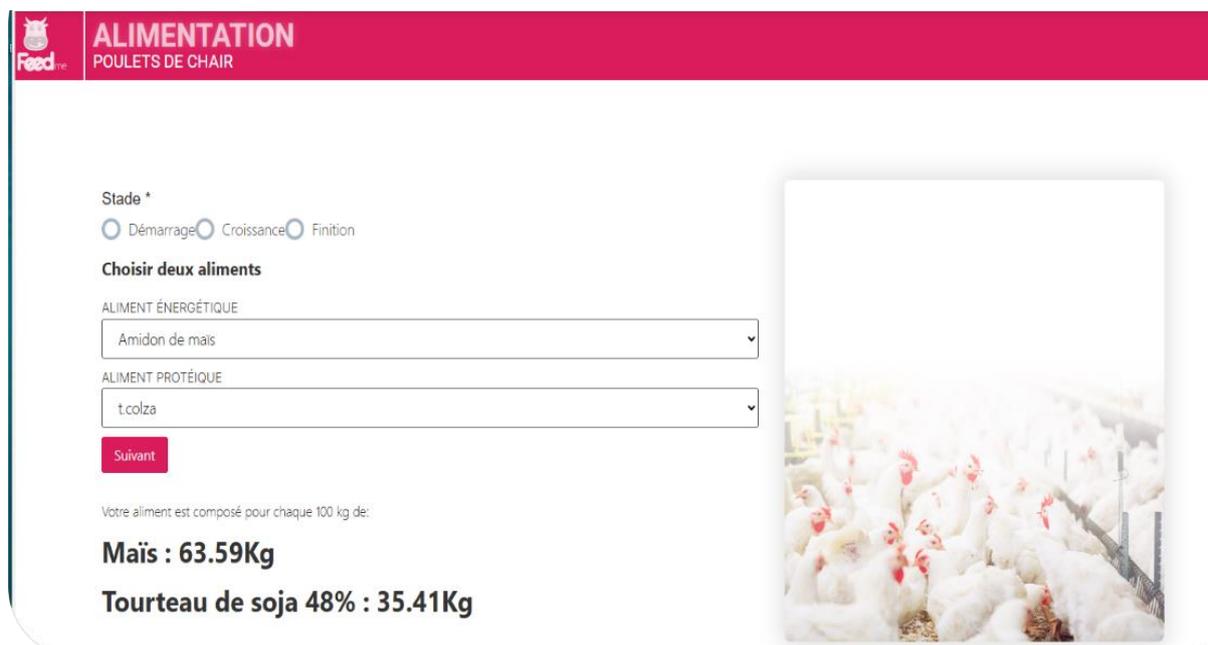
Les résultats de la formulation sont affichés en dessous sous forme de valeurs précises, présentées pour chaque 100 kg de ration alimentaire.

Les valeurs sont présentées en utilisant un format carré de Persan pour une visualisation claire et facile à comprendre.

III.2.4.2 Exemple d'Utilisation de l'Application de Formulation Alimentaire :

Pour illustrer l'utilisation de notre application de formulation alimentaire pour poulets de chair, considérons l'exemple suivant avec les aliments énergétiques et protéiques :

D'abord nous allons cliquer sur le lien de l'application pour l'ouvrir, la page d'accueil s'affiche :



ALIMENTATION
POULETS DE CHAIR

Stade *

Démarrage Croissance Finition

Choisir deux aliments

ALIMENT ÉNERGÉTIQUE
Amidon de maïs

ALIMENT PROTÉIQUE
t.colza

Suivant

Votre aliment est composé pour chaque 100 kg de:

Maïs : 63.59Kg

Tourteau de soja 48% : 35.41Kg

a. Choix de stade physiologique :

Durant cette étape nous allons choisir le stade physiologique de notre animale. Et ce pour que les apports des matières premières choisies correspondent aux besoins de stade physiologique choisie.

b. Choix des matières premières :

On clique sur l'icône matière première qui se trouve sur la page d'accueil pour choisir le type de matière première qu'on veut incorporer, dans notre cas nous avons choisi :

- **Maïs (aliment énergétique)**
- **Tourteau de soja 48% (aliment protéique)**

c. Affichage des résultats :

Après avoir saisi les données de poulet (la phase de développement et les besoins de l'animal) et les types d'aliments disponibles, on clique sur suivant, l'application calcule les quantités nécessaires pour formuler une ration alimentaire équilibrée.

La formule affichée est :

Maïs : 63,59 kg

Tourteau de soja 48% : 35,41 kg

1. Interprétation des Résultats :

Les résultats de la formulation sont donnés pour chaque 100 kg de ration alimentaire. Utilisez ces informations pour ajuster les quantités selon les besoins de votre élevage.

2. Recommandations de l'application :

-Adaptation aux Conditions Locales :

Prenez en compte les conditions climatiques, les disponibilités locales de matières premières et les recommandations vétérinaires pour adapter au mieux les rations alimentaires.

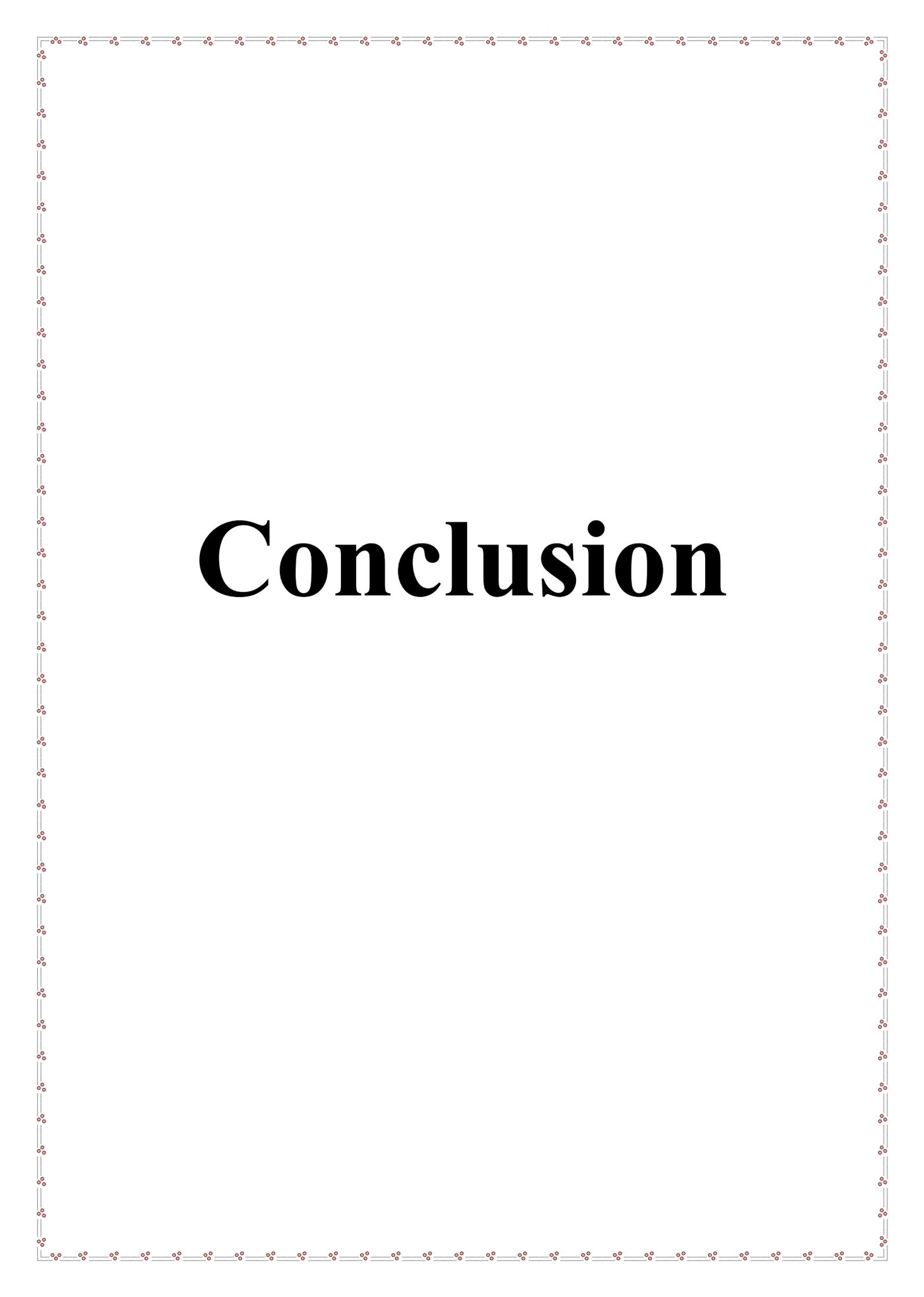
-Formation des Utilisateurs :

- ✓ Assurez-vous que tous les utilisateurs de l'application sont formés à son utilisation pour garantir une saisie correcte des données et une interprétation précise des résultats.
- ✓ Offrez des sessions de formation régulières pour les nouveaux utilisateurs.

-Mise à Jour de l'Application :

- ✓ Tenez-vous informé des mises à jour de l'application "ChickenFeed" pour bénéficier des dernières améliorations et fonctionnalités.
- ✓ Implémentez rapidement les mises à jour pour maintenir l'efficacité de la formulation des rations alimentaires.

L'application "ChickenFeed" est un outil puissant pour optimiser l'alimentation des poulets de chair.

A decorative border consisting of small red circles arranged in a rectangular frame around the page.

Conclusion

Conclusion

Notre travail sur la formulation des aliments pour poulets de chair et sur la mise en place de L'application '**ChickenFeed**' nous conduit aux conclusions suivantes :

L'usine UAB de Ain Bessam, souffre de la vétusté de ces équipements ce qui engendre des pannes répétitives, ces problèmes provoquent des ruptures de la chaîne de production ce qui par conséquent affecte la régularité dans l'approvisionnement des éleveurs en aliment.

Les formules alimentaires établies par l'usine sont faites à la direction (ONAB), elles comportent exclusivement deux matières : le maïs et les tourteaux de soja, qui sont importés d'où le prix élevé de l'aliment ce qui influe sur le prix de produit fini.

La sécurité et l'hygiène des matières premières constituent souvent un défi majeur dans l'industrie. Au niveau de l'unité de production d'Ain Bessam, des lacunes ont été constatées dans la gestion du stockage et du transport des matières premières. En effet, les installations de stockage, notamment les trémies, sont exposées aux conditions environnementales en raison de l'état vétusté des équipements de transport. Cette situation favorise les risques de contamination et d'altération de la qualité des MP.

Pour notre application "**ChickenFeed**" est une simple application Web de formulation des aliments de poulets de chair. Elle offre aux éleveurs un moyen simple et efficace de gérer l'alimentation de leur élevage.

Cette application est une initiation, elle n'est pas encore bien affinée (vu le court temps que nous avons pour soutenir) elle sera complétée et améliorée pour lui introduire d'autres propriétés de l'intelligence artificielle.

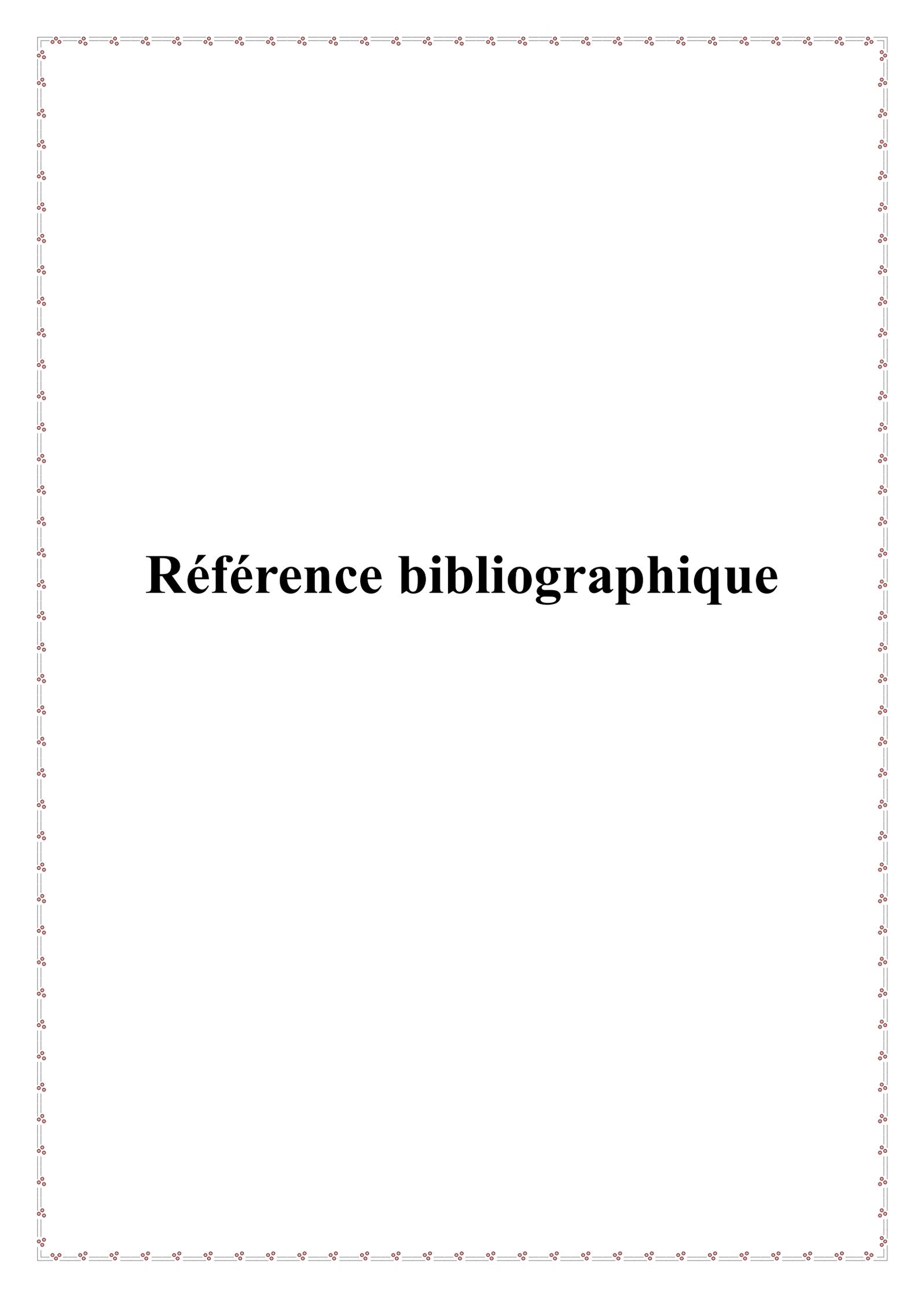
A la fin de, notre travail ouvre des perspectives prometteuses pour une gestion plus efficace des exploitations agricoles en termes de l'alimentation car ce poste engendre à lui seul 70% de coût de production.

En fin il est recommandé :

- Pour l'UAB de renouveler ces équipements pour venir à l'aide des éleveurs de la région.
- Améliorer les formules alimentaires en intégrant d'autres sources alimentaires locales
- Utiliser les résultats de recherches sur les sources alternatives en vue de réduire le coût de l'aliment.
- Pour notre application, il est nécessaire de l'expérimenter sur d'autres catégories d'animaux,
- Introduire de nouvelles techniques qui permettent une formulation précise correspondant aux besoins des animaux

Conclusion

- Sensibiliser les éleveurs sur l'importance de formuler un aliment équilibrer et au moindre cout



Référence bibliographique

Référence bibliographique

A

- **Adam., 2018.** *Agro actu. Filière avicole : la production nationale en viande blanche a atteint 5,3 millions de quintaux en 2017.* <https://agroactu.com/filiere-avicole-la-production-nationale-en-viande-blanche-a-atteint-53-millions-de-quintaux-en-2017/>.
- **Aimene H. 2015.** *Caractéristiques Des Additifs Alimentaires Utilisés En Alimentation Animale En Algérie (Régions De l'Est). Mémoire De Master. Nutrition Animale Et Produits Animaux. 46p.*
- **Alain Huart et collaborateurs** « *Alimentation : les besoins du poulet de chair* », Centre agronomique et Vétérinaire tropical de Kinshasa, 2004, F-EP-A5-3.
- **Almasad M., Altahat E., Al-Sharafat A. 2011.** *Application de la technique de programmation linéaire pour formuler la ration équilibrée la moins coûteuse pour Blanc Oeuf Couches dans Jordanie. International Journal de Empirique Recherche, 1(1), 112-120.*
- **Azzouz.H, 1997.** *Alimentation du poulet de chair; institut technique des petits élevages (ITPE), édition 1997, p (2), (7-9).*

B

- **Bamouh Ahmed.** *Valorisation des orges en aviculture. Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA). (1999). N ° 55. 4p*
- **Bastianelli D. et Rudeaux F., 2003.** *L'alimentation du poulet de chair en climat chaud. (70-76) In : la production de poulets de chair en climat chaud.- Paris : ITAVI.- 109p.*
- **Beghou S. 2015.** *Effets De L'utilisation Des Céréales Et Des Protéagineux Autres Que Le Maïs Et Le Soja Dans L'alimentation Du Poulet De Chair. Thèse De Doctorat. Pathologie Aviaires Et Aviculture. Université Des Frères Mentouri. 177p.*
- **Besse J ; l'alimentation du bétail, Edj.B.B.BAILLIÈRE et fils ; Paris.PP324-328**
- **Bigot.K, Tesseraud.S, Taouis.M, Picard.M, 2001.** *Alimentation néonatale et développement précoce du poulet de chair, INRA production animal, 14, 219-230, 2001.*
- **Bludgen. André et Collaborateurs, 1996.** *Aviculture semi industrielle en climat subtropical, guide pratique, les presses agronomiques de gembloux : 45-46, 47-48.*

Référence bibliographique

- **Bordeaux.C.2013** .*ECOLE SUPERIEURE D'AGRICULTURE.Développement d'un outil d'aide à la formulation destiné aux éleveurs avicoles en agriculture biologique fabriquant leurs aliments à la ferme.*page 39,41
- **Bouvarel. Isabelle, 2004.** *SequentialFeedingProgramms for BroilerChickens : 2' and 48 hour cycles.* Poultry
- **Bouvarel I., Lessire M., Narcya., Duval E., Grasteau S., Quinsac A., Peyronnet C., Tran G Et Heuze V.** *Des Sources De Protéines Locales Pour L'alimentation Des Volailles : Quelles Voies De Progrès ?* Ocl - Oilseeds And Fats, Crops And Lipid. 2014. 21 (4).1-6.
- **Brah N., Houndonougbo F. M., Issa S. Et Chrysostomen C. A. A. M.** *Tableur Ouest Africain De Formulation d'Aliments De Volailles (TOAFA –Volaille).* Int. J. Biol. Chem. Sci. 2019. 13 (3) : 1308-1320 p.

C

- **Cherifi. Z, (2008),** *Etude de performance zootechnique de quelques élevages de reproducteurs chairs du Groupe Avicole Centre, thèse de magister en Production Animale*

D

- **Dusart L., Gaudré D., Laisse-Redoux S., Garcia-Launay Fet Morin L. 2016.** *ECOALIM –Protocole De Formulation Des Aliments Du Bétail Avec Prise En Compte De Critères Environnementaux.* INRA. 46p.
- **Drogoul C, Raymond G, Marie-Madeleine J, Roland J, Lisberney M.J, Mangeol B., Montaméas L, Tarrit A, Danvy J-L et Soyer B, 2013 :** *Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Tome 2. P355. Edition Educagri. P28, 29, 34,50*

E

- **Erich.Kolb, 1975.** *Physiologie des animaux domestiques, édition 1975, Vigot frères : p330, 331-351.*

F

- **Fernandez E.V Et Ruiz Matas J.J. 2003.** *Technicien En Elevage. Tomel. Ed : CULTURAL, S.A. Espagne. 242p.*

Référence bibliographique

- **Fortier Agnès, Isabelle Arpin et Florian Charvolin** «Le jardinier-maraîcher : Manuel d'agriculture biologique sur petite surface. Montréal», P195 | 2015.

K

- **Kaci A., 2014.** *Les déterminants de la compétitivité des entreprises avicoles algériennes.* Thèse doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach, Alger. 274 pages. http://dspace.ensa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/1024/3/kaci_a.pdf.
- **Kirouani L, 2015.** *Structure et organisation de la filière avicole en Algérie, cas de la Wilaya de Bejaia.* El-Bahith Review. Université A. Mira, Bejaia ; Algérie p187-199.

L

- **Larbier.M et al, 1991.** *Alimentation des monogastrique, porc, lapin et volailles, 2e édition revue et corrigée, INRA 1991 : p (85), (86)*
- **Larbier.M et Leclercq.B, 1992.** *Nutrition et alimentation des volailles, institut national de la recherche agronomique : p (18), (63), (65-66), (95-96) (355)p.*
- **Lapierre O.** *Système Des Acteurs Et Stratégie De Formulation. OCL. 12 (3). 2005. 217-223*
- **Leclercq.B et Beaumont, 2000.** *Etude par simulation de la réponse des troupeaux de volailles aux apports d'acides aminés et de protéines, Station de recherche avicole de l'INRA, Nouzilly (France), INRA production animal, 13, 47-59, 2000.*
- **Lilja.C, 1983.** *A comparative study of postnatal growth and organdevlopment in somespecies of birds. Growth, 47, 317-339.*

M

- **Mahmoudi S.** *Polycopié Formulation Et Technologie De Fabrication Des Aliments. Licence Production Animale. Université De M'sila. 42p.*
- **Maisonneuve Et Larose.1992.** <http://Www.Nzdl.Org/Cgi-Bin/Library?E=D-00000-00--Off-0unesco--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-En-50---20-About---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfzz-800&A=D&Cl=CL2.1&D=HASH58a992c05750659cd1d008.7.9>

Référence bibliographique

- **Malumba Kamba P. 1999.** *Une Approche Programmatique Dans La Formulation Des Aliments Complets Pour Volaille. Mémoire d'Ingénieur Agronome. Agronomie Générale. Université De Kinshasa. 72p*
- **Manuel R. 2006.** *Une Approche Exacte De Résolution De problèmes Depooling Appliquée A La Fabrication D'aliments. THÈSE Doctorat. UNIVERSITÉ DE GRENOBLE. 99 P.*
- **Moughan PJ, Verstegen MWA Visser- Reyneveld MI. 2000.** *Évaluation des aliments : Principes et pratique. Wageningen Presse : Wageningen, Pays-Bas*
- **Murakami Akiba.Y, Horiguchi.M, 1992.** *Growth and utilization of nutrients in newly-hatched chick with or without removal of residual yolk. Growth Devel. Aging, 56, 75-84.*

N

- **Nir.I, Nitsan.Z., Mahagna.M, 1993.** *Comparative growth and development of the digestive organs and of some enzymes in broiler type chicks after hatching. Br. Poultry Science., 34, 523-532.*
- **Nitsan.Z, Ben-Avraham.G, Zoref.Z, Nir.I, 1991.** *Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. Br. Poult. Science., 32, 515-523.*

O

- **Oladokun VO, Johnson A. 2012.** *Feed formulation problem in Nigerian poultry farms : a mathematical programming approach. American Journal of Scientific and Industrial Research, 3(1): 14-20. DOI :10.5251/ajsir.2012.3.1.14.20*
- **Olivier Rochard, 2015.** *Hubbard: Elevage du poulet de chair souche ISA F15, guide d'élevage Hubbard, (www.hubbardbreeders.com).*
- **Ouarest A. 2008.** *Le Soja Dans L'alimentation Du Poulet De Chair Aspects Qualitatif Et Quantitatif. Mémoire De Magister En Aviculture Et Pathologie Aviaire. Université Mentouri De Constantine. 98p.*

P

- **Patricia 2015.** *iCyclone, 37 p. [Disponible en ligne à*

Référence bibliographique

<https://www.icyclone.com/upload/chases/patricia/iCyclone%20Chase%20Report%20-%20PATRICIA%202015>

- **Pena T, Lara P, Castrodeza C. 2009.** *Multiobjective Stochastic Programming for Feed Formulation.* *Journal of the Operational Research Society*, 60 : 1738 –1748. DOI : 10.1057/jors.2008.106
- **Picard.M, 2001.** *Caractéristiques granulométriques de l'aliment des volailles,* *INRA production animal*, 13, 117-130, 2001
- **Pomar C, Dubeau F, Van Milgen J. 2009.** *La détermination des besoins nutritionnels, la formulation multicritère et l'ajustement progressif des apports de nutriments aux besoins des porcs : des outils pour maîtriser les rejets d'azote et de phosphore.* *INRA Productions Animales*, 22(1): 49-54.
- **Pratiksha S. 2011.** *Comparaison of Linear and Nonlinear Programming Techniques for Animal Diet.* *Applied Mathematics*, 1(2) :

R

- **Rekhis J., 2002.** *Nutrition avicole en Afrique du Sud-Rivonia : SPESFEED-324p-* (Traduction de l'anglais)

Q

- **Quentin. Maxime, Bouvarel Isabelle, Denis Bstianelli, Michel Picard, 2004.** *Quels besoins du poulet de chair en acides aminés essentiels ?, une analyse critique de leur détermination et de quelques outils pratique de modélisation,* *INRA production animal*, 17, 19-34, 2004.

S

- **Statista, 2024.** *Consommation de viande : Nombre d'animaux tués par jour pour la consommation de viande et de poisson dans le monde en 2021, par type,*
- <https://fr.statista.com/statistiques/1417815/nombre-animaux-tues-pour-consommation-viande>

Référence bibliographique

- ***Sanchez A, Plouzeau.M, Rault.P, Picard.M, 2000. Croissance musculaire et fonction cardio-réspiratoire chez le poulet de chair, INRA production animal, 13, 37-45, 2000.***

T

- ***Tabti A. 2014. Le Soja Dans L'alimentation De Poulet De Chair. Mémoire Master: Amélioration De La Production Végétal. Université Abou-Bakr-Belkaid. 65p.***

V

- ***Vergara.P, Jimenez.M., Ferrando.C, Fernandez.E, Gonalons.E, 1989. Age influence on digestive transit time of particulate and soluble markers in broiler***

W

- ***Wilfart A., Dusart L., Méda B., Gac A., Espagnol S., Morin L., Dronne Y Et Garcia_Launay F. Réduire Les Impacts Environnementaux Des Aliments Pour Les Animaux D'élevage. INRA Prod. Anim. 31(3). (2018). 289-306.***

Z

- ***Zitari S. 2008. Etude des valeurs nutritives de certaines ressources alimentaires locales utilisées dans l'alimentation des animaux. Mémoire de Master. Université de Sousse***

