



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques
Département des sciences agronomiques

Mémoire

De fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de master en sciences agronomiques
Dans le cadre de l'Arrêté 1275 du 27/09/2022 « un diplôme, une Startup »

Spécialité : Production et Nutrition Animale

Thème :

**Formulation et fabrication d'un complément
minéral vitaminé et protéiné pour animal à base
d'insectes**

Réalisé par :

Melle HAMDAD Thileli

Mr NAIT MOHAND Amir

Mme HASSAINE Ghenima

Composition du jury :

Président	Dr MOUHOUS A.	FSBA-UMMTO
Encadrant	Pr KADI S.A.	FSBA-UMMTO
Examinatrice	Dr ZIRMI -ZEMBRI N.	FSBA-UMMTO
Représentant de l'incubateur	Dr MOULA K.	BLEU-UMMTO
Expert externe	Dr BLIBEK M.	FUTURVETA

PROMOTION : 2022/ 2023

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

À mes très chers respectables parents qui ont toujours été là pour moi pour me soutenir, par leurs sacrifices et encouragements inconditionnels tout au long de mes études.

Que Dieu, le tout puissant vous garde et vous procure santé et bonheur ;

À mes chers oncles **MOKRANE** et **AMMAR** pour leur soutien et encouragement tout au long de ma scolarité, et leurs conseils me seront toujours indispensables,

Vous m'avez toujours éclairé le chemin je tiens à vous remercier infiniment ;

À mes chers grands parents, que Dieu leurs accorde une longue vie ;

À mes très chères sœurs **TASSADIT** et sa petite fille adorée **TIZIRI** et **KENZA** et mes frères **MOHAMED TAHAR**, **GHILES** et **SAID** pour leur soutien moral ;

À mes tantes et leurs conjoints ;

À mes deux chers et uniques meilleurs amis **GHENIMA** et **AMIR** et leurs familles, avec qui j'ai partagé la réalisation de ce projet, nous avons formé un solide trinôme bien soudé et avons pu faire face aux obstacles ;

À mes amis spécifiquement **NADIR** qui a partagé avec nous les difficultés rencontrées, tu étais la source de motivation et d'inspiration qui m'ont aidé à l'accomplissement de ce travail ;

Ainsi qu'à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

THILELI

Dédicace

À mes proches,

Ce modeste travail est dédié à vous tous, qui avez joué un rôle essentiel dans ma vie et m'avez soutenu tout au long de ce parcours académique,

Tout d'abord, je souhaite rendre hommage à mon père bien-aimé, qui nous a quittés trop tôt mais dont le souvenir reste gravé à jamais dans nos cœurs. Tu as été une source d'inspiration pour moi, ton amour et ta sagesse continuent de me guider chaque jour,

À ma merveilleuse mère, tu es mon pilier, ma force et ma plus grande supportrice. Ta présence bienveillante et tes encouragements constants ont été les moteurs de ma réussite.

Merci pour ton amour indéfectible,

À mes chères sœurs **Sarah**, **Neila** et **Sandra**, notre lien fraternel est un trésor précieux. Vos sourires, vos conseils avisés et votre solidarité ont toujours éclairé ma vie. Ensemble, nous avons surmonté les épreuves et partagé tant de moments de joie. Vous êtes mes complices à jamais,

Mes frères **Rahim**, **Lounes** et **Mehdi**, votre protection et vos conseils avisés m'ont beaucoup apporté. Merci d'avoir toujours été présents pour moi et de partager ces moments de bonheur et de joie,

À mon mari **Toufik Limani**, merci de croire en moi et de me pousser à aller de l'avant. Ton amour inconditionnel et ton soutien constant sont une bénédiction dans ma vie. Je suis reconnaissante pour tout ce que tu fais et de t'avoir à mes côtés,

À ma belle-mère et toute ma belle-famille,

À mes tantes et oncles, cousins et cousines, et leurs conjoints merci d'avoir égayé ma vie avec votre présence chaleureuse et votre soutien indéfectible. Votre amour familial a été une source d'inspiration inestimable.

À mes chers amis et binômes **Thileli** et **Amir**, vous êtes mes frères de cœur. Merci d'avoir été présents dans ma vie, de m'encourager et de me soutenir inconditionnellement. Votre amitié est un précieux trésor,

Et enfin, à toutes les personnes que j'aime, à toi mon ami **Nadir** je suis honorée par votre présence dans ma vie. Vous êtes source de bonheur, de réconfort et de motivation. Sans vous, rien de tout cela n'aurait été possible. Je vous aime du plus profond de mon être,

GHENIMA

Dédicace

Je dédie ce modeste mémoire ;

À ma très chère mère, tes sacrifices, ta patience, ton soutiens indéfectible, encouragement, ton amour et ta bonté ont façonné la personne que je suis aujourd'hui, tout ce que je dirai ne suffira pas pour exprimer l'amour que j'ai pour toi, tu m'as appris à poursuivre mes rêves et à ne jamais abandonner. Merci d'avoir toujours été là pour moi pour, je t'aime maman,

À mon père, mon mentor et mon ami, un modèle d'intégrité et de générosité, qui a sacrifié tant de choses pour nous offrir une vie meilleure. Ton dévouement et ta persévérance ont été une source d'inspiration pour moi. Tu m'as appris à être honnête, travailleur et à donner sans compter. Tous les remerciements ne suffisent pas pour exprimer mon amour envers toi, je t'aime père,

À mes très chers grands-parents maternels et paternels, spécialement ma grande mère **ZINEB** je tiens à te remercier énormément pour ton amour, ta sagesse, tes douas, je te souhaite un prompt rétablissement, que dieu vous accorde une longue vie,

À mes frères bien aimés **Smail** et **Oussama** pour leurs encouragements, leurs accompagnements et pour tout ce que vous avez fait pour moi, je vous porte un amour infini,

À ma tante **Hayet** et son marie **Morad**, qui sont toujours montrés à l'écoute vous étiez la source de ma motivation ;

À mes tantes et mes oncles, cousins et cousines, que dieu vous protège et vous bénisse,

À mes rayons de soleil, **Aicha**, **Farah**, **yakoub** pour leurs présences et leurs bonnes humeurs, **Thilelli** et **Ghenima**, mes binômes, vous étiez les meilleures amies que j'ai rencontrées tout au long de mon parcours académique. Je souhaite que Dieu vous accorde une vie remplie de bonheur et de joie, en particulier à toi **Thileli**.

À mon meilleur ami **Malek**, tu es un vrai frère pour moi ainsi que toutes les personnes que j'aime spécifiquement **Nadir** qui nous a aidés avec ses précieuses motivations,

AMIR

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre gratitude au Dieu Tout-Puissant qui nous a accordé la force et la persévérance pour mener à bien ce mémoire. Sans sa bénédiction et son soutien constant, nous n'aurons jamais pu surmonter les défis qui se sont présentés à nous,

Nous souhaitons également remercier chaleureusement notre promoteur le professeur **KADI Si Ammar**, dont les conseils avisés et l'expertise ont été précieux tout au long de cette aventure intellectuelle. Votre disponibilité et votre confiance en nos compétences ont été des moteurs essentiels dans la réalisation de ce travail,

Nos sincères remerciements s'adressent également aux membres du jury, **Dr ZIRMI-ZEMBRI Nassima**, **Dr MOUHOUS Azeddine**, **Dr MOULA Kamel** responsable du BLEU-UMMTO et **Dr BLIBEK Mokrane** l'expert du secteur économique pour avoir accepté d'évaluer notre mémoire avec rigueur et objectivité. Vos commentaires constructifs et vos recommandations pertinentes contribueront à enrichir notre travail et à le rendre encore meilleur.

Ce mémoire a été réalisé dans le cadre du dispositif mis en place par Arrêté ministériel n° **1275** du 27 septembre 2022 portant sur le mécanisme « un diplôme, une Startup ». Nous tenons à remercier vivement les membres de l'incubateur, du CATI et du BLEU de l'UMMTO pour tout ce qu'ils nous ont appris.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenus dans la poursuite de nos études,

Nous tenons à exprimer nos reconnaissances envers tous nos camarades, qui ont partagé avec nous cette passion pour la recherche et ont créé un environnement stimulant et motivant. Vos discussions enrichissantes et vos encouragements constants ont été une source d'inspiration inestimable.

Table des matières

Liste des abréviations

Introduction	1
---------------------------	----------

Partie Bibliographique :

I Alimentation des volailles	5
I.1 Généralités sur les volailles	5
I.2 Besoins nutritionnels des volailles.....	5
I.2.1 En eau	5
I.2.2 En énergie	6
I.2.3 En protéines	6
I.2.4 En vitamines	7
I.2.5 En minéraux.....	8
I.3 Sources d'alimentation pour la volaille.....	9
I.4 Aliments complets des volailles	9
I.4.1 Les matières premières riches en énergie utilisées en alimentation des volailles.....	10
I.4.1.1 Les céréales	10
I.4.1.1.1 Le maïs	10
I.4.1.1.2 Le sorgho	11
I.4.1.1.3 L'orge	11
I.4.1.1.4 Le blé.....	12
I.4.2 Les matières premières riches en protéines utilisées en alimentation des volailles :	13
I.4.2.1 Les tourteaux des oléagineuses.....	13
I.4.2.1.1 Le tourteau de soja	13
I.5 Aliments complémentaires	13
I.6 La forme de présentation de l'aliment	14
I.7 Ressources alternatives	15
I.7.1 Les coproduits de d'industrie agroalimentaire.....	15
I.7.1.1 Drêche de céréales	15
I.7.1.1.1 Son de blé	16
I.7.1.2 Tourteaux de tournesol.....	16
I.7.1.3 Tourteaux de colza	16
I.7.2 Les légumineuses	17
I.7.3 Les insectes.....	19

II	Généralités sur les insectes	21
II.1	Classification des insectes	21
II.2	Physiologie des insectes	21
II.3	Morphologie et anatomie d'insectes.....	21
II.3.1	Tête	22
II.3.2	Thorax	22
II.3.3	Abdomen.....	22
II.4	Reproduction	23
II.5	Métamorphose et développement.....	23
II.5.1	Œuf.....	23
II.5.2	Nymphe.....	24
II.5.3	Insecte parfait ou imago.....	24
II.6	Alimentation des insectes	25
II.7	Histoire de l'élevage d'insectes	25
II.8	Insectes d'élevage.....	26
II.8.1	Description de <i>Ténébrio Molitor</i>	26
II.8.2	Cycle de vie de <i>Ténébrio Molitor</i>	26
II.8.3	Alimentation de <i>Ténébrio Molitor</i>	27
II.8.4	Avantages de l'utilisation de <i>Ténébrio Molitor</i>	27
II.8.4.1	Avantages nutritionnels.....	28
II.8.4.2	Avantages économiques.....	28
II.8.4.3	Avantages environnementaux	28
III	Complément alimentaire.....	30
III.1	Définition.....	30
III.2	Types de compléments alimentaires.....	30
III.2.1	Complément minéral et vitaminé (cmv)	30
III.2.2	Probiotiques	30
III.2.3	Acides aminés	31
III.2.4	Compléments pour la production des œufs.....	31
III.2.4.1	Choline	31
III.2.4.2	Sulfate de sodium	31
III.2.4.3	Additifs naturels	32
III.3	Intérêts de l'utilisation des compléments alimentaires.....	33
III.4	Les perspectives à venir.....	33

Partie Pratique :

IV	Matériels et méthodes.....	36
IV.1	Lieu et déroulement de l'élevage.....	36
IV.2	Matériel utilisé.....	36
IV.3	Méthode du travail.....	40
IV.3.1	Préparation des insectariums.....	40
IV.3.2	Installations des vers.....	40
IV.3.3	Transformation des vers.....	43
IV.4	Formulation.....	45
V	Résultats et discussion.....	47
V.1	Incorporation de la farine de vers comme matière première dans les formules alimentaires pour poulet de chair.....	47
V.1.1	Formule standard poulet de chair démarrage.....	47
V.1.2	Formule expérimentale poulet démarrage : substitution de tourteaux de soja par farine de vers (Ténébrion Meunier).....	48
V.1.3	Formule standard poulet de chair finition.....	50
V.1.4	Formule expérimentale poulet finition : substitution de tourteaux de soja par farine de vers (Ténébrion Meunier).....	51
V.2	Incorporation de la farine de vers comme complément alimentaire dans les formules alimentaires pour poulet de chair.....	52
V.2.1	Formule expérimentale poulet démarrage : substitution de la CMV par la farine de vers : 52	
V.2.2	Formule expérimentale poulet démarrage : substitution du CMV par le complexe minéral-vitaminé-protéiné (CMVP).....	53

Partie Start-up :

Premier Axe :

Présentation du projet.....	59
1 L'idée du projet.....	59
2 Les valeurs proposées.....	59
3 Objectifs du projet.....	59
4 Calendrier de réalisation du projet.....	60

Deuxième Axe :

Aspects innovants.....	62
1 Nature des innovations.....	61

Troisième Axe :

Analyse stratégique du marché	63
1 Le segment du marché	62
1.1 Le marché potentiel	62
1.2 Le marché ciblé.....	62
2 Mesure de l'intensité de la concurrence	62
3 La stratégie marketing	62

Quatrième Axe :

Plan Financier.....	64
1 Les Coûts et charges	63
2 Chiffre d'affaires.....	63
3 Les Comptes de résultats escomptés.....	63

Cinquième Axe :

Prototype expérimental.....	65
------------------------------------	-----------

Références

bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des abréviations

OGM : Organisme génétiquement modifié

Vitamine A : Rétinol

Vitamine D: Calciférol

Vitamine D3: Cholécalférol

Vitamine E: Tocophérol

Vitamine K: Phyllo quinone

Vitamine B1: Thiamine

Vitamine B2: Riboflavine

Vitamine B5: Acide Pantothénique

Vitamine B6: Pyridoxine

Vitamine B12: Cobalamine

Vitamine PP: Niacine

Vitamine C: Acide Ascorbique

TM: Ténébrion meunier ou molitor

Ca : Calcium

P : Phosphore

Lys : Lysine

Met : Méthionine

% : Pourcentage

G : Grammes

Kg : Kilogramme

Kcal : Kilocalorie

AA : Acides amines

MS : Matière sèche

ADF : Acid Detergent Fiber

NDF : Neutral Detergent Fiber

CMV : Complexe minéral et vitaminé

CMVP : Complexe minralo-vitaminé protéiques

CIV : Commission Internationale des Variétés Végétales

USDA : United States Department of Agriculture (Département de l'Agriculture des États-Unis)

FAO : Food and Agriculture Organization" (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)

Introduction

Introduction

La croissance de la population mondiale devrait atteindre 9 milliards d'ici 2050 (Caparros Megido *et al.*, 2016), ce qui entraînera une augmentation de la demande de protéines alimentaires d'origine animale. Cette demande croissante nécessitera des quantités considérables de sources de protéines végétales pour la production de ces protéines animales.

Les protéines du tourteau de soja sont d'une excellente valeur nutritionnelle et bien équilibrées en acides aminés indispensables, ce qui en fait un produit quasiment incontournable pour l'alimentation des animaux en élevages intensifs (Cetiom, 2008).

L'apport protéique dans les aliments pour volailles, dans le monde en général et en Algérie en particulier, est principalement réalisée avec du tourteau de soja essentiellement importé des USA et d'Amérique du Sud. Cette dépendance protéique pose plusieurs problèmes ; sur des aspects économiques il est très coûteux dans un contexte d'augmentation régulière des cours des matières premières, environnementaux (transport, déforestation) et sociaux (soja OGM). (Juin, 2015)

Afin de réduire le négatif impact des activités de production alimentaire sur l'environnement, tout en répondant à la demande de la population, de nouvelles sources alternatives de protéines et d'aliments sont proposées dans plusieurs recherches scientifiques (Wegier *et al.*, 2018).

Pour répondre à ces demandes de la population, le monde se tourne vers d'autres sources d'aliments contenant une riche quantité de protéines. L'élevage d'insectes en tant que nouvelle source de protéines pour l'alimentation animale et humaine a gagné en popularité (Van Huis *et al.*, 2013). Plus de 1 700 espèces d'insectes sont consommées comme aliment dans le monde (FAO 2010 ; Johnson, 2010). Certaines des espèces importantes sont *Tenebrio molitor* (ver de farine jaune), *Alphitobius diaperinus* (petit ver de farine), *Zophobas morio* (ver de farine géant), *Galleria mellonella* (grande teigne de la cire), *Acheta domesticus* (grillon domestique), *Bombyx mori* (ver à soie) et *Locusta migratoria* (criquet migrateur africain) qui ont le plus grand potentiel d'être utilisés comme nourriture et aliments pour animaux (EFSA, 2015).

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés aux vers de farine ou ténébrions meuniers (*Tenebrio molitor*) qui sont faciles à élever, avec une faible empreinte écologique, nutritionnelle, facilement manipulable, leur valeur et capacité très efficace à convertir les déchets végétaux de mauvaise qualité en ingrédients d'aliments du bétail de haute qualité (Makkar *et al.*, 2014 ; Dobermann *et al.*, 2017 ; Nogales-Merida *et al.*, 2018)

Introduction

Les ténébrions meuniers ont été principalement étudiés en tant que source de protéines et graisse pour différentes espèces animales en raison de leur acides aminés et acides gras qualitatifs et quantitatifs profils (Józefiak *et al.*, 2016 ; Kieronczyk *et al.*, 2018).

Dans le cadre de cette étude, nous avons fait un essai d'élevage de cet insecte nommé ténébrion meunier (TM) pour la première fois à l'université Mouloud Mammeri. Cette étude nous a permis de découvrir les techniques d'élevage du TM, ainsi nous avons mis au point des formules d'incorporation de la farine de cet insecte comme matière première qui sert à réduire l'utilisation du tourteau de soja, et comme un complément alimentaire qui apporte un gisement de protéines ainsi que des minéraux et des vitamines indispensables pour l'organisme et en remplacement total du CMV classique.

Les objectifs de notre travail sont :

Est-il possible de pratiquer un élevage d'insectes ?

Est-il possible de remplacer le tourteau de soja par la farine de vers à 100% ?

Est-il possible de remplacer le cmv par la farine de vers ?

Partie bibliographique

Chapitre I :
Alimentation des volailles

I Alimentation des volailles :

I.1 Généralités sur les volailles :

Volaille désigne l'ensemble des oiseaux d'une basse-cour qui sont élevés soit pour leurs chairs soit pour leurs œufs. Elles regroupent les gallinacées (poulet, dinde, coq, pintade, caille) et les palmipèdes (canard, oie) (le figaro santé, s.d.).

L'appareil digestif des volailles se caractérise par la présence d'un bec et de deux estomacs distincts : le ventricule succenturiés (estomac chimique) et le gésier (estomac mécanique) aussi une partie terminale composée d'un cloaque dans lequel débouche à la fois le rectum et les voies urinaires et génitales (Larbier et Leclercq, 1992).

L'alimentation et la nutrition des volailles sont des sujets très sensibles pour les éleveurs ainsi que pour les nutritionnistes. Fournir une alimentation adéquate qui varie en fonction de l'âge et de l'objectif de production est essentiel pour assurer une bonne croissance et une production de qualité et de quantité, débute d'abord par la détermination des besoins nutritionnels spécifiques de chaque espèce mais aussi en fonction des phases d'élevage (démarrage, croissance, finition).

I.2 Besoins nutritionnels des volailles :

I.2.1 En eau :

Chez les oiseaux, l'eau est, comme chez tous les autres animaux, le constituant le plus abondant (Larbier et Leclercq, 1992). Elle représente 70 % du poids d'un œuf à couver, 85 % du poids d'un poussin d'un jour et 60% du poids d'un poulet de 60 jours (ITAVI, 2016).

Smith et Nicou (1992) affirment que la présence d'eau dans l'organisme est vitale pour l'absorption des nutriments et l'élimination des matières toxiques. Elle permet aussi la diffusion des molécules et constitue ainsi un support pour l'ensemble des transports et des échanges dans l'organisme (ITAB, 2015).

En outre, l'eau joue un rôle crucial dans la régulation de la température corporelle élevée des oiseaux dans des zones chaudes (Smith et Nicou, 1992). Le besoin en cette dernière varie en fonction de l'âge, du sexe, des conditions nutritionnelles par l'intermédiaire de la lipogenèse qui, à un âge donné, l'animal en gras renferme moins d'eau et du génotype qui s'explique par l'état d'engraissement (Larbier et Leclercq, 1992).

I.2.2 En énergie :

L'énergie représente la portion de l'aliment dont dispose la volaille pour couvrir ses besoins d'entretien et de production (Ninelle, 2009), calculés par la différence entre l'énergie brute ingérée et l'énergie totale excrétée dans les fèces, les urines et les gaz. Dans le cas de poulet de chair Cobb500 le besoin en énergie métabolisable est compris entre 2900 Kcal/kg à 3150 Kcal/kg en fonction de stade de développement.

Ces derniers peuvent être influencés par plusieurs facteurs comme la souche, le régime alimentaire et la température (Vias, 1995).

L'énergie contenue dans de la ration alimentaire est en grande partie constituée de glucides et une certaine partie de matières grasses (Smith et Nicou, 1992). Comprendre alors les besoins énergétiques spécifiques de chaque espèce sont absolument importants, afin d'éviter les carences dans lesquelles l'animal puise de ses réserves pour couvrir ses besoins et qui finit par migrer et diminuer sa production.

I.2.3 En protéines :

Les protéines sont composées principalement par l'enchaînement de deux types d'acides aminés : les acides aminés essentiels (Lys, Met) que l'organisme ne peut pas les synthétiser et des acides aminés non essentiels appelés aussi banals, avec des proportions spécifiques de chaque protéine. Ils sont nécessaires pour la formation des muscles, des plumes et des œufs.

Le régime alimentaire des volailles doit donc être formulé d'une manière à inclure une quantité appropriée de chaque acide aminé essentiel, ainsi qu'un apport suffisant en composés azotés pour la synthèse des acides aminés non essentiel (Ninelle, 2009). D'après Baghel et Prathan (1988), la lysine, la méthionine, la cystine, l'arginine et le tryptophane sont des acides aminés indispensables qui font souvent défaut dans les rations des volailles.

Quels que soient le stade physiologique, le stade de croissance ou l'âge de l'espèce, un apport suffisant en acides aminés non synthétisables dans la ration apportée par les protéagineuses ou les oléagineuses doit être respecté. Ainsi, dans les formulations, l'aliment démarrage est plus concentré en protéines que l'aliment croissance-finition (Daga, 1984).

La teneur de l'aliment en protéines et acides aminés doit tenir compte de sa concentration énergétique, puisque les animaux règlent en grande partie leur consommation de façon à couvrir leurs dépenses énergétiques. Pour une concentration énergétique donnée, la teneur de l'aliment en protéine brutes et en acides aminés décroît lorsque l'âge des poulets augmente (Drougoul *et al.*, 2004).

Selon Nilles (2009), lorsqu'il y a un surplus d'acide aminés dans le corps, ces derniers sont éliminés sous forme d'acide urique car ils ne peuvent pas être stockés comme le glucose et les acides gras. En revanche, si l'apport en acides aminés est insuffisant dans l'alimentation cela peut limiter la croissance.

Pour le cas de poulet de chair (Cobb 500) le besoin en protéines varie entre 18 à 22 % selon le stade physiologique de l'espèce.

I.2.4 En vitamines :

Comme pour les autres nutriments indispensables, les besoins vitaminiques peuvent être définis en tant que quantité minimale permettant d'obtenir chez le jeune une croissance maximale et chez l'adulte les meilleures performances de ponte ou de reproduction (Larbier et Leclercq, 1992).

Il existe deux groupes de vitamines (vitamines liposolubles : A, D, E et K ; et vitamines hydrosolubles : B1, B2, B6, B12, acide folique, acide panto- thénique, biotine, niacine et vitamine C) nécessaires à une santé optimale des volailles (Mahmoud *et al.*, 2021). Présentés en faibles quantités dans l'aliment, et qui ont une fonction fréquente dans le métabolisme enzymatique (Smith et Nicou, 1992). Leurs carences peuvent entraîner rapidement des problèmes de santé graves tels que des troubles de croissance, un affaiblissement général, du rachitisme, de la dystrophie musculaire et des problèmes de locomotion (Celagri, 2021).

La carence en vitamine A peut entraîner un plumage ébouriffé, un arrêt de croissance, de l'incoordination, de la faiblesse, de l'ataxie, de la xérophtalmie et de la cécité. Un manque en vitamine E peut causer la diathèse exsudative et l'encéphalomalacie, tandis qu'une carence en complexe vitaminique B provoque de la polynévrite, la pérose, une altération de l'utilisation des aliments et la paralysie des doigts recourbés. En outre, une carence en vitamine B12 peut entraîner une anémie (Mahmoud *et al.*, 2021). Smith et Nicou (1992) déclarent qu'une absence de vitamine D₃ dans le régime alimentaire des volailles peut provoquer du rachitisme chez les

poussins et une ostéoporose chez les individus adultes, une diminution et un arrêt de ponte dans certain cas. Selon les mêmes auteurs, Si ces dernières ne bénéficient pas d'une alimentation riche en vitamine D₃, elles ne seront pas capables d'utiliser le calcium et le phosphore présents dans leur nourriture, ce qui explique La relation entre la vitamine D₃, le calcium et le phosphore contenus dans l'alimentation dont chaque substance doit être présente en quantité appropriée dans le régime et dans les proportions adéquates par rapport aux autres.

I.2.5 En minéraux :

Les minéraux les plus importants sont le phosphore et le calcium qui jouent un rôle essentiel dans l'équilibre humoral Comme dans la formation du squelette et de la coquille (Ferrando cité dans Andela Abessolo, 2008). D'après Smith et Nicou (1992), les besoins en ces deux éléments (Ca et P) dépendent inversement de la quantité de vitamine D dans le régime alimentaire, ils augmentent avec la diminution de la quantité de vitamine D et vice versa. Selon les mêmes auteurs l'assimilation des protéines est favorisée par le sodium et le chlore, cependant, un excès de ces minéraux peut entraîner une importante consommation d'eau.

Concernant les oligo-éléments, ils jouent un rôle important dans le métabolisme des oiseaux, et la carence ou l'excès d'oligo-éléments essentiels sont cause de nombreuses maladies et anomalies (Underwood, 1997). Le fer, le cobalt, le cuivre à leur tour sont indispensables pour la formation de l'hémoglobine (Ninelle, 2009). Le zinc joue un rôle crucial dans la croissance et le développement, ainsi que pour le système immunitaire et la résistance aux maladies (Nys, 2001).

Les tableaux suivants représentent les besoins nutritionnels recommandés en vitamines et minéraux du poulet de chair (Cobb 500)

Tableau 01 : Recommandations nutritionnelles pour poulets standards supplémentation en vitamines.

Élément	Unité	Démarrage	Croissance 1	Finition 1 et 2
Vitamine A	MIU	10 à 13	10	10
Vitamine D3	MIU	5	5	5
Vitamine E	KIU	80	50	50
Vitamine K	g	3	3	3
Vitamine B1 (thiamine)	g	3	2	2
Vitamine B2 (riboflavine)	g	9	8	6

Vitamine B6 (pyridoxine)	g	4	3	3
Vitamine B12	mg	20	15	15
Choline*	g	500	400	350
Acide Folique	g	2	2	1,5
Acide Nicotinique	g	60	50	50
Acide Pantothénique	g	15	12	10

Cobb500 Poulet de Chair Performances et Recommandations Nutritionnelles (2022)

Tableau 02 : Recommandations nutritionnelles pour poulets standards supplémentation en minéraux.

Élément	Unité	Démarrage	Croissance 1	Finition 1 et 2
Calcium	%	0,96	0,8	0,74
Sodium	%	0,16 - 0,23	0,16 - 0,23	0,16 - 0,23
Chlorure	%	0,16 - 0,30	0,16 - 0,30	0,16 - 0,30
Potassium	%	0,60 -0,95	0,60 -0,95	0,60 -0,95
Manganèse	g	100	100	100
Zinc	g	100	100	100
Fer	g	40	40	40
Cuivre	g	15	15	15
Iode	g	1	1	1

Cobb500 Poulet de Chair Performances et Recommandations Nutritionnelles (2022)

I.3 Sources d'alimentation pour la volaille :

L'alimentation des volailles peut être composée de différentes sources de protéines, telles que les céréales, les légumineuses, les farines des poissons et des insectes, ainsi que les minéraux et les vitamines. Il est important que l'alimentation des volailles soit de haute qualité pour assurer leur santé et leur bien-être.

I.4 Aliments complets des volailles :

L'aliment de volaille est un mélange d'ingrédients qui vise à fournir aux poulets les nutriments nécessaires à leur croissance et à leur production d'œufs. Il est composé de céréales, de légumineuses, d'oléagineux, de graisses, de vitamines, de minéraux, d'acides aminés et d'additifs. Nous pouvons le trouver sous forme de granulés ou moulue (FAO,2023).

I.4.1 Les matières premières riches en énergie utilisées en alimentation des volailles :

I.4.1.1 Les céréales :

Les céréales sont des plantes de la famille des graminées cultivées pour leur grain. Cela comprend des grandes céréales comme le blé, le riz, le maïs, l'orge, l'avoine et le seigle, et plus petites comme le sorgho, le millet (Aquaportail,2022).

Parmi les céréales les plus utilisées en alimentations des volailles.

I.4.1.1.1 Le maïs :

Appelé sous le nom scientifique *Zea mays L*(fig.01), de la famille des graminées c'est la première céréale cultivée dans le monde, devant le riz et le blé. Les grains de cette céréale sont riches en amidon (65%), et en huile (4%) ils sont considérés comme une source d'énergie. Sa teneur en fibres est faible (10%NDF) (Sauvant *et al.*,2004). Le maïs est apprécié chez les volailles car son amidon est hautement digestible ce qui se traduit par une valeur énergétique métabolisable élevée, il est beaucoup consommé par les poules pondeuses et les poulets de chair. Les grains de maïs sont utilisés couramment en alimentation des lapins dans les pays chauds (Heuzé *et al.*, 2017).



Figures 01 : Le maïs *Zea mays L* (Heuzé et al., 2017)

I.4.1.1.2 Le sorgho :

Est une céréale de la famille des Poacées, (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) c'est la cinquième céréale de base après le blé, le riz, le maïs et l'orge. En nutrition animale, le sorgho (fig.02) grain est surtout utilisé comme source d'énergie et constitue un bon aliment pour les volailles, les porcs et les ruminants (Balole *et al.*, 2006).

La teneur en protéines brutes du grain de sorgho varie de 9 à 13 % MS et est légèrement supérieure à celle du maïs, bien que beaucoup plus variable selon les conditions de culture. Comme le maïs, il a une faible teneur en lysine et son utilisation peut nécessiter une supplémentation en acides aminés. La teneur en matières grasses est également légèrement inférieure dans le grain de sorgho que dans le maïs. Le grain de sorgho est dépourvu de xanthophylles et 70 % de son phosphore est lié au phytate (Sauvant *et al.*, 2004).



Figure 02 : Le sorgho (Gilles Tran / AFZ)

I.4.1.1.3 L'orge :

L'orge (fig.03) est une graminée annuelle, dressée et touffue, pouvant atteindre 50 à 120 cm de haut. Elle représente une haute importance en alimentation du bétail, les orges à six rangs, qui ont une teneur plus élevée en protéines, sont un ingrédient alimentaire précieux (OCDE, 2004). Les sous-produits de la transformation des grains d'orge sont utilisés comme aliments pour animaux : drêches de bière, levure de bière, tiges de malt (germes et radicules d'orge), distillateurs et solubles d'orge, coques, son et aliment d'orge (le sous-produit de la production d'orge perlé) (OCDE, 2004).



Figure 03 : L'orge (Gilles Tran / AFZ)

Comme le maïs et le blé, le grain d'orge contient une teneur élevée en amidon, environ 60 % de MS (55-63 %), qui est inférieure à celle des deux autres grains céréaliers. Sa teneur en protéines (environ 11-12% avec des valeurs comprises entre 9,5 et 13% MS) est similaire à celle du blé et supérieure à celle du maïs. L'orge a une teneur en fibres plus élevée (fibres brutes 4-6 %, ADF 5-7 %, NDF 18-24 %) que le maïs et le blé, ce qui se traduit par une valeur nutritive plus faible chez les espèces animales sensibles à la teneur en fibres (Feedipedia, 2011).

I.4.1.1.4 Le blé :

Le blé (fig.04) comprend plus de 25000 espèces cultivées (van Ginkel *et al.*, 1996), c'est un aliment de base qui fournit l'énergie et les protéines. Le grain de blé issu des variétés tendres, est l'un des ingrédients principaux incorporé dans l'alimentation des volailles. Il peut être utilisé comme grain entier avec un complément concentré sans effets néfastes sur les performances des poulets de chair et avec des effets positifs sur le tube digestif (Williams *et al.*, 2008). Le blé peut remplacer entièrement le maïs, mais les performances ont tendance à être inférieures à moins que le blé ne soit complété par des enzymes appropriées (Blair, 2008).

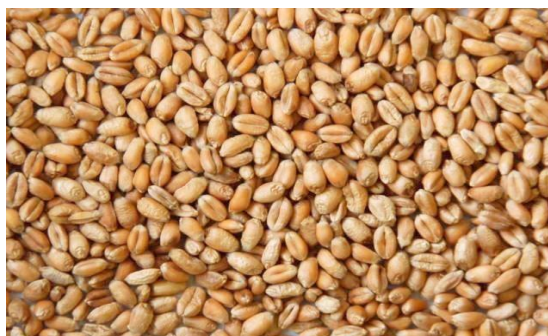


Figure 04 : Blé (Denis Bastianelli, CIRAD)

I.4.2 Les matières premières riches en protéines utilisées en alimentation des volailles :

I.4.2.1 Les tourteaux des oléagineuses :

Les tourteaux sont un résultat de la production d'huile de différentes graines, telles que le soja, le colza, le tournesol, etc. ils sont une source de nourriture rentable pour les volailles.

I.4.2.1.1 Le tourteau de soja :

Le tourteau de soja (fig.06) est un sous-produit de l'extraction de l'huile de soja, et est une source importante de protéines et d'énergie pour l'alimentation animale. Avec un décorticage plus poussé, un tourteau à très haute teneur en protéines (>40 %) serait envisageable pour une substitution au soja, totale ou en grande partie, dans l'alimentation des volailles. Un taux de décorticage supérieur à 50 % entraînerait, s'il était appliqué avant l'extraction avec le procédé classique, des pertes de protéines et d'huile dans les fines et une gestion difficile du surplus de coques produites qui sont actuellement valorisées par combustion dans l'usine (Peyronnet *et al.*, 2012).



Figure 05 : Tourteau de soja (Gilles Tran, AFZ)

I.5 Aliments complémentaires :

Les aliments complémentaires sont des aliments distribués aux volailles en plus de leur alimentation principale pour répondre à leurs besoins nutritionnels spécifiques. Ils peuvent être utilisés pour aider les volailles à atteindre leur poids idéal, pour améliorer la qualité de la viande ou des œufs, pour améliorer aussi la santé des volailles. Les aliments complémentaires peuvent

contenir des vitamines, des minéraux, des protéines et d'autres nutriments qui ne sont pas présents dans l'alimentation principale. Ils peuvent être un cmv (complément minéral et vitaminé) ou une farine (végétale ou animale) (Cahampris,2022)

I.6 La forme de présentation de l'aliment :

La forme de présentation de l'aliment pour volailles peut jouer un rôle dans la consommation (Bréchet *et al.*,2013), dont la taille moyenne des particules et leur variabilité peuvent affecter les performances des poulets de chair (NIR *et al.*, 1994). L'aliment doit être adapté en termes de taille et de composition pour répondre à l'anatomie et les besoins des volailles.

Les aliments du commerce peuvent se présenter sous 3 formes différentes (fig.07) : farine, granulés de différentes tailles (entre 2 et 4 mm) ou émiettés de différentes tailles (granulés concassés). (Bordeaux et Roinsard, 2015).

L'aliment démarrage est généralement fourni sous forme de miettes ou de farine pourra être amélioré par l'ajout de matières grasses ou d'huile dans la préparation, ce qui limitera les émissions de poussières. Les aliments croissance et finition sont présentés en miettes ou granulés. Selon Bréchet *et al.*, (2013), la granulation accroît l'ingestion d'aliment chez le poulet par rapport à des farines fines qui collent au bec, limitant l'ingéré et les performances de croissance.



Figure 06 : Illustrations de miettes tamisées, mini-granulés, granulés et farine alimentaire de bonne qualité (Arbor Acres., 2018)

Les animaux reçoivent un aliment accessible, équilibré et sain. Ceci passe par la disponibilité de l'eau et de l'aliment, la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau et l'apport de nutriments essentiels à la vie (Magnin et Bouvarel, 2011)

I.7 Ressources alternatives :

L'alimentation est le plus grand défi en aviculture d'abord en termes de durabilité et de cherté. Différentes recherches ont été entreprises pour découvrir des sources de matière première alternatives pouvant se substituer au maïs et au tourteau de soja, qui sont les principales sources de protéines et d'énergie utilisées dans l'alimentation des volailles. Les difficultés de durabilité en termes de sol et d'eau que nécessite la culture du soja font ces ressources sont méconnues et peu utilisées.

I.7.1 Les coproduits de d'industrie agroalimentaire :

Les coproduits de l'industrie Agro-alimentaire sont issus de la transformation des matières premières agricoles en extrayant certains composants nobles, principalement utilisés dans l'alimentation humaine et animale.

L'utilisation des coproduits dans l'alimentation animale s'est progressivement accrue pour des raisons économiques et environnementales tout en veillant à satisfaire les contraintes réglementaires et sanitaires imposées en élevage. Environ 9,3 millions de tonnes de ces coproduits sont utilisées, ce qui représente 76% de leur poids total (Chapoutot *et al.*, 2018). Parmi ces coproduits on cite :

I.7.1.1 Drêche de céréales :

Les drêches de céréales sont des produits dont les éléments non fermentescibles (protéines, minéraux, éventuels contaminants) sont très concentrés par rapport aux grains dont elles sont issues. De ce fait, les drêches, aliments riches en protéines (30 à 40% de la MS), ont donc de nombreux atouts pour l'alimentation des animaux d'élevage et notamment des ruminants (Sauvant *et al.*, 2014).

I.7.1.1.1 Son de blé :

Le son de blé (fig.05), sous-produit de la mouture à sec du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Le son de blé convient à l'alimentation du bétail et est très appétissant pour la plupart des classes d'animaux (Fuller, 2004 ; Piccioni, 1965). Il a une activité phytase bien élevée, ce qui est bénéfique pour la disponibilité du phosphore dans l'alimentation des monogastriques tels que les porcs et les volailles (Cavalcanti *et al.*, 2004). Le son de blé est plus riche en protéines, et nutriments beaucoup plus que la graine entière car ils se trouvent principalement dans la couche externe du grain. Le son de blé est relativement riche en protéines (14-19 % MS, parfois plus) et en minéraux (4-7 % MS), notamment en calcium (0,07-0,2 % MS) et en phosphore (0,9-1,3 % MS). Il contient environ 15 à 30 % de MS d'amidon (Feedipedia, 2011).



Figure 07 : Son de blé (Permaculture Equine)

I.7.1.2 Tourteaux de tournesol :

Le tourteau de tournesol est couramment utilisé comme matière première dans l'alimentation des animaux d'élevage. Il présente une valeur nutritionnelle constante, composée de 88,7 % de matière sèche, 33,4 % de protéines et 21,2 % de cellulose brute lorsque les graines sont partiellement décortiquées. (Kpodékon., 2009)

I.7.1.3 Tourteaux de colza :

Le tourteau de colza constitue une source de protéines intéressante et assez bien équilibrée en acides aminés indispensables (Vermorel *et al.*, 1978). La graine de colza est très riche en matière

grasse (en moyenne 435 g par kg de matière sèche), aussi son énergie brute est très élevée : en moyenne 6 688 kcal/kg de matière sèche, cette dernière peut être introduite dans les aliments destinés aux volailles à un taux d'incorporation maximal de 10 % (Leclercq *et al.*, 1989).

Malheureusement, cette source renferme différents composés qui limitent son utilisation en alimentation animale (Vermorel *et al.*, 1978).

I.7.2 Les légumineuses :

Les légumes secs, également connus sous le nom de légumineuses, sont des graines récoltées à maturité à partir de plantes appartenant uniquement à la famille des Fabacées, destinées à la consommation humaine.

Les haricots, les lentilles, les pois, les pois chiches et les fèves sont les graines de légumineuses les plus couramment consommées par les êtres humains. En revanche, pour l'alimentation animale, on privilégie généralement le soja, les pois, la féverole et le lupin qui représentent moins de 3 % du tonnage des aliments composés des porcs, bovin et volaille (contre environ 15% pour le tourteau de soja) (Remond, 2016). Il est important de noter que certains de ces derniers peuvent être en concurrence avec ceux utilisés pour l'alimentation humaine.

Les graines de légumineuses se distinguent principalement par leur teneur élevée en protéines (20-40%) (**Tableau 1**) (Remond, 2017). Elles se divisent en deux catégories. Celles qui sont riches en amidon (40-50%) et faibles en matières grasses (1-3%) comprenant le pois, la féverole, les haricots, le pois chiche et les lentilles, et celles qui sont riches en matières grasses et contenant peu d'amidon, telles que le lupin et le soja, avec respectivement 10 et 20% d'huile. En outre, elles sont également une source significative de fibres et de minéraux tels que le fer, le zinc et le calcium (Remond, 2016).

Tableau1 : Composition nutritionnelle de quelques graines de légumineuses, par rapport à des aliments de référence (féculent, viande, lait) (Remond, 2017).

Pour		Énergie	Protéines	Lipides	Glucides	Fibres	Fer	Zinc	Calcium
100 g		Kcal	G	G	g	G	mg	Mg	mg
Haricot blanc	Sec	333	23.4	0.9	60.3	15.2	10.40	3.67	240
	Cuit	139	9.7	0.4	25.1	6.3	3.70	1.38	90
Lentilles	Sec	352	24.6	1.1	63.4	10.7	6.51	3.27	35
	Cuit	116	9.0	0.4	20.1	7.9	3.33	1.27	19
Pois chiche	Sec	378	20.5	6.0	63.0	12.2	4.31	2.76	57
	Cuit	164	8.9	2.6	27.4	7.6	2.89	1.53	49
Pois cassé	Sec	352	23.8	1.2	63.7	15.5	4.82	3.55	37
	Cuit	118	8.3	0.4	21.1	8.3	1.29	1.00	14
Fève	Sec	341	26.1	1.5	58.3	25	6.70	3.14	103
	Cuit	110	7.6	0.4	19.7	5.4	1.50	1.01	36
Cornille	Sec	336	23.5	1.3	60.0	10.6	8.27	3.37	110
	Cuit	116	7.7	0.5	20.8	6.5	2.51	1.29	24
Lupin	Sec	371	36.2	9.7	40.4	18.9	4.36	4.75	176
	Cuit	119	15.6	2.9	9.9	2.8	1.20	1.38	51
Soja	Sec	446	36.5	19.9	30.2	9.3	15.70	4.89	277
	Tofu	61	7.2	3.7	1.2	0.2	1.11	0.64	111
Riz	Cuit	130	2.7	0.3	28.2	0.4	1.20	0.49	10
Pâtes	Cuit	158	5.8	0.9	30.9	1.8	0.50	0.51	7
Viande(bifteck)	Cuit	142	26.4	4.1	-	-	2.90	5.60	-
Laitentier,1									
Verre	25 cl	157	8.1	8.4	12.3	-	0.07	0.95	292

Données issues de la table de composition des aliments de l'USDA, et du CIV pour le bifteck cuit.

I.7.3 Les insectes :

Face aux multiples défis imposés à l'agriculture, les insectes apparaissent comme l'une des solutions d'avenir, Ils sont une source alternative potentielle de protéines dans l'alimentation des volailles, notamment pour remplacer la farine de soja ou la farine de poisson.

Les insectes sont essentiellement composés des protéines, des graisses, des acides gras, des fibres, des vitamines et oligo-éléments (Yi *et al.*, 2013)

Le contenu énergétique varie légèrement entre les espèces, allant de 432 kcal/100g jusqu'à 452 kcal/100g. Le taux en protéines est généralement élevé, supérieur à 60 % chez de nombreuses espèces d'insectes. En 2002, Ramos-Elorduy et al., ont démontré que la qualité protéique des vers de farines a été assimilée à celle du tourteau de soja. Alors que les céréales, comme le maïs, aliment de base dans l'alimentation animale, ne possèdent qu'une faible concentration de certains acides aminés (lysine), voire sont dépourvus de certains. Les insectes présentent alors une solution pour pallier ce manque (Polepole *et al.*, s.d.).

Chapitre II :
Généralités sur les insectes

II Généralités sur les insectes :

Les insectes, qui proviennent du terme latin "in sectum", font partie des métazoaires de l'embranchement des Arthropodes. Les Arthropodes sont des invertébrés ayant un corps métamérisé, c'est-à-dire composé de plusieurs parties distinctes qui correspondent à la segmentation en trois parties principales la tête, le thorax et l'abdomen (Dajoz, 2006)

Entre 62 et 71% des espèces animales répertoriées sont représentées par les insectes, qui comptent environ 1 million d'espèces connues, selon les auteurs. Les insectes sont très importants pour les humains. Ils nous aident à recycler les déchets organiques, à polliniser les plantes et à protéger les cultures en mangeant les pestes. Les insectes sont également une source de nourriture importante protéinée et lipidique pour beaucoup d'animaux, y compris les humains (Martinez (INRA, 2013).

II.1 Classification des insectes :

Comme tous les autres organismes vivants les insectes sont classés selon leur aspect physique, leur habitat naturel, leur comportement, leur régime alimentaire et leur mode de reproduction. Donc on fait appel à la morphologie, l'anatomie, l'ontogenèse, l'écologie, la biologie, la physiologie, la génétique, la biochimie, l'éthologie et la zoogéographie. On utilise aussi la paléontologie bien que ce soit difficile de reconnaître les souches d'insectes avec leurs fossiles. (Dierl et Ring, 1988).

II.2 Physiologie des insectes :

Les processus vitaux de base sont les changements physiques et chimiques qui libèrent de l'énergie dans les êtres vivants. Ils sont susceptibles d'être les mêmes pour tous les êtres vivants. Les insectes sont très nombreux en espèces et ont une structure variée, parmi toutes les classes animales, (Vincent, 1956).

II.3 Morphologie et anatomie d'insectes :

Les insectes possèdent une structure corporelle divisée en trois parties bien définies, la tête, le thorax et l'abdomen. « Le corps de l'insecte est métamérisé, c'est-à-dire formé d'un certain nombre de portions similaires, placés les uns à la suite des autres et appelés métamères. C'est, là, un des faits les plus saillants de son organisation ». Le corps est revêtu d'une cuticule qui se

renforce en sclérites rigides. Cette cuticule a des fonctions de protection, de soutien et sert de squelette externe (exosquelette) (Janet, 1909).

II.3.1 Tête :

La tête est dotée de plusieurs organes sensoriels, tels que les yeux et les antennes, chez les insectes. Les yeux sont composés de plusieurs petits yeux regroupés, ainsi que parfois d'autres petits yeux séparés présents ailleurs sur la tête. Quant aux antennes, elles sont responsables du toucher et de l'odorat, et varient considérablement selon les espèces, pouvant même être différentes entre les mâles et les femelles d'une même espèce. Les insectes ont une diversité importante de pièces buccales, chacune adaptée à leur type d'alimentation et à leur stade de développement. Les variations les plus marquantes se manifestent entre les larves et les adultes (Afric Mémoire, 2015).

II.3.2 Thorax :

Le thorax des insectes se compose de trois segments : le prothorax, le mésothorax et le métathorax, et abrite généralement les organes locomoteurs tels que les ailes ou les pattes. Cependant, il est important de noter que certaines larves d'insectes, comme les chenilles, possèdent des pattes supplémentaires sur leur abdomen. De plus, le nombre et le type d'ailes présents sur le thorax des insectes sont des indicateurs clés pour les classer parmi les ordres d'insectes connus à ce jour (Afric Mémoire, 2015).

II.3.3 Abdomen :

Les insectes ont généralement un abdomen composé de onze segments, certains pouvant comporter des appendices, tels que des cerques ou un ovipositeur chez les femelles de certaines espèces. Ce segment contient des organes vitaux comme l'appareil digestif et le système excréteur. Il stocke également les réserves de graisse et abrite les organes reproducteurs de l'insecte adulte (Paulian et Moreau, 1990).

II.4 Reproduction :

Les insectes comme tous les animaux aériens doivent ajuster toutes leurs fonctions physiologiques, et particulièrement la fonction reproductrice.

Les insectes peuvent se reproduire de différentes manières, sexuée ou asexuée. Pour la reproduction sexuée, le mâle et la femelle se trouvent et s'accouplent après une longue parade amoureuse. Cela crée un embryon qui devient un œuf. En revanche, lors de la reproduction asexuée, la femelle peut se reproduire sans mâle en développant des ovocytes en embryons, également appelée parthénogénèse (Garcin, 2009).

Le plus souvent l'accouplement a lieu au repos soit à terre, soit sur les plantes (coléoptères), certains insectes ne peuvent s'accoupler que pendant le vol comme les abeilles, les insectes aquatiques s'accouplent dans l'eau. Généralement l'accouplement se fait pendant les heures du jour les plus chaudes. (Henneguy, 1904).

II.5 Métamorphose et développement :

Le stade initial du développement des insectes est souvent un œuf fécondé, qui peut être pondu seul ou en groupe. Certains insectes se reproduisent sans fécondation en utilisant la parthénogénèse, dont les causes varient selon les espèces. La plupart des insectes sont ovipares, mais certains commencent leur développement embryonnaire dans le corps de la femelle, avec des larves éclosant au moment de la ponte (ovoviviparité) ou des larves et des nymphes étant mis au monde (viviparité) (Dierl et Ring, 1988).

II.5.1 Œuf :

La taille des œufs est habituellement très réduite, cependant, chez certains types d'espèces, elle peut mesurer plusieurs millimètres. La plupart du temps, les œufs sont pondus en quantité importante, pouvant parfois atteindre plusieurs milliers (Dierl et Ring, 1988).

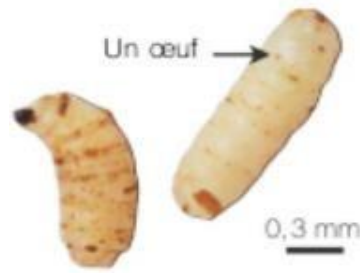


Figure 08: Œufs ([cx V A act 1.pdf \(pavot-svt.fr\)](#))

II.5.2 Nymphe :

Pendant la nymphose, l'insecte devient inactif car il subit des changements majeurs, tels que la destruction des organes larvaires et la formation des organes de l'insecte adulte. Pendant ce temps, l'insecte ne mange généralement rien et est immobile, se déplaçant à peine. La durée de la nymphose varie en fonction de l'espèce et de l'environnement, pouvant aller de quelques jours à plusieurs années (Dierl et Ring, 1988).



Figure 09 : Nymphe ([Elevage-du-Ver-de-farine.pdf](#))

II.5.3 Insecte parfait ou imago :

Certains insectes peuvent devenir matures dès l'éclosion et se reproduire rapidement, sans avoir besoin de se nourrir. Leur vie est souvent très brève, ne durant que quelques heures ou quelques jours. D'autres espèces ont besoin de se nourrir pour former leurs cellules reproductrices avant de pouvoir se reproduire. Leur longévité varie de quelques semaines à plusieurs années, selon qu'ils hibernent ou vivent en société (Dierl et Ring, 1988).



Figure 10 : Ténébrions adultes ([cx V A act 1.pdf \(pavot-svt.fr\)](#))

II.6 Alimentation des insectes :

Il est difficile d'établir les principes de la nutrition des insectes en raison de leur besoin de grandes quantités de carbone, d'azote, de phosphore, de soufre et de sels inorganiques pour leur croissance et leur reproduction. Les enzymes dans leur tube digestif leur permettent de décomposer les éléments nutritifs de leur alimentation, qui sont alors absorbés sous forme de produits simples tels que des monosaccharides et des hydrates de carbone..., les insectes ont des besoins similaires à ceux des mammifères en ce qui concerne les vitamines solubles dans l'eau, telles que la vitamine B (Vincent, 1956).

L'eau est essentielle pour la nutrition des insectes, même ceux qui se nourrissent de matériaux secs. Ces insectes sont capables de conserver l'eau dans leur corps, mais ils ne peuvent survivre que si leur nourriture contient au moins 10% d'eau. L'eau produite par l'oxydation des aliments est également très importante pour la survie des insectes (Vincent, 1956).

II.7 Histoire de l'élevage d'insectes :

L'élevage d'insectes est une pratique ancestrale qui remonte à l'Antiquité et qui a été utilisée depuis des siècles pour nourrir les hommes et les animaux. Aujourd'hui, son succès grandissant est dû à sa rentabilité économique et son impact faible sur l'environnement (Laura Berny, 2020)

Les insectes peuvent être élevés dans le but de produire différents produits comme la soie, le miel, la laque ou le thé. Ils peuvent également être élevés pour leur propre consommation, comme alimentation pour les animaux ou pour leur utilisation dans la teinture et autres domaines similaires ([banquemondiale.org](#))

II.8 Insectes d'élevage :

L'élevage d'insectes est considéré comme une réponse potentielle aux problèmes de sécurité alimentaire humaine et animale. Les insectes peuvent être élevés rapidement à partir de déchets organiques et ont un faible impact sur l'environnement. Ils sont nutritifs, riches en protéines, matières grasses et minéraux. En 2010, environ 720 millions de tonnes d'aliments pour animaux ont été produits dans le monde, selon l'Association internationale d'alimentation animale (Caparros, *et al.*, 2015)

Les insectes sont donc une alternative prometteuse aux sources d'alimentation conventionnelles telles que le maïs, le soja, les céréales et la farine de poisson. Plusieurs variétés d'insectes, comme les grillons, les criquets et les larves de la mouche soldat noire, de la mouche domestique commune et du ténébrion meunier (*Molitor*) et ténébrion mini (*obscurus*), ont été élevés pour répondre aux besoins alimentaires des animaux à grande échelle car ils ont un potentiel important en nutriments. Des producteurs situés en Chine, en Afrique du Sud, en Espagne et aux États-Unis ont déjà commencé à utiliser des mouches pour l'aquaculture et l'alimentation de la volaille grâce à la bioconversion des déchets organiques. Des recherches se poursuivent sur d'autres espèces d'insectes pour développer cette nouvelle source de nourriture pour animaux (TRINTIGNAC et Métivier, 2019).

Parmi les insectes d'élevage, on cite le Ténébrion meunier (*Ténébrio Molitor*) connue sous le nom vers de farine.

II.8.1 Description de *Ténébrio Molitor* :

Les vers de farine sont des larves de deux espèces de ténébrion de la famille des Tenebrionidae (*Tenebrio molitor* et *Tenebrio obscurus* qui est le moins commun) (Ramos-Elorduy *et al.*, 2002).

II.8.2 Cycle de vie de *Ténébrio Molitor* :

Le cycle de vie de *Tenebrio molitor* (fig.11) est de longueur variable. Les œufs éclosent au bout de 10-12 jours (à 18-20°C) des quels émergent des larves et deviennent matures après un nombre variable de stades (8 à 20), typiquement au bout de 3-4 mois (à température ambiante). Le stade nymphal dure 7 à 9 jours à 25°C et jusqu'à 20 jours à des températures plus basses. Le *Tenebrio molitor* adulte vit 2 à 3 mois. Le cycle de vie de *Tenebrio obscurus* est plus court, en particulier au stade larvaire (Hill, 2002 ; Hardouin *et al.*, 2003).

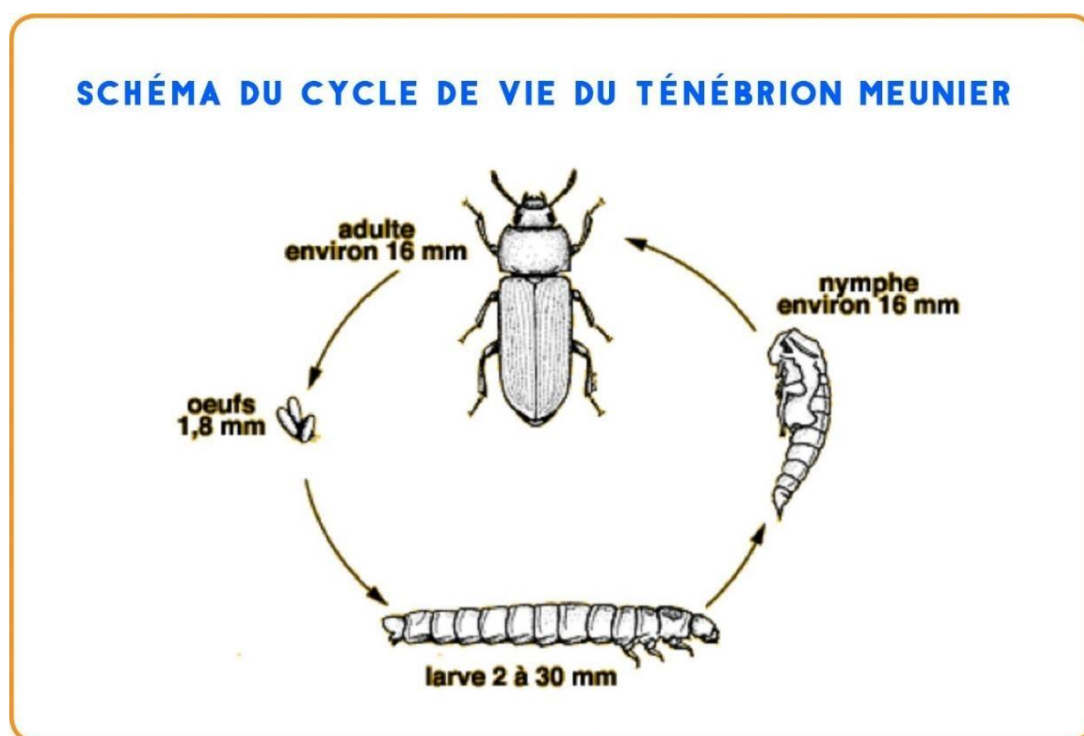


Figure11 : Schéma du cycle de vie du ténébrion (ASBL HYPOTHESE)

II.8.3 Alimentation de *Ténébrio Molitor* :

Les vers de farine sont omnivores et peuvent consommer des matières végétales ainsi que des produits animaux tels que la viande et les plumes (Ramos-Elorduy *et al.*, 2002). Ils sont nourris avec du son ou de la farine de céréales (blé, avoine, maïs) complétés par des fruits et légumes frais (carottes, pommes de terre, laitue) pour l'humidité ainsi que des sources de protéines telles que la farine de soja, le lait écrémé en poudre ou la levure (Aguilar-Miranda *et al.*, 2002, Hardouin *et al.*, 2003).

II.8.4 Avantages de l'utilisation de *Ténébrio Molitor* :

L'incorporation des vers de farine dans l'alimentation animale peut apporter de nombreux avantages nutritionnels, économiques et environnementaux

II.8.4.1 Avantages nutritionnels :

Les vers de farine représentent une source alternative potentielle de protéines dans l'alimentation des volailles pour remplacer la farine de soja ou la farine de poisson. Selon la FAO cette espèce à un taux rapide de croissance mais aussi un taux de survie, de ponte et de conversion élevé.

La quantité de protéines et de matière grasse permise par les TM varie selon son alimentation et son niveau de croissance. Ils contiennent 44 à 69 % de protéines on la compare à celle du tourteau de soja de 48%, et 23 à 47 % de matière grasse (Veldkamp *et al.*, 2012) fortement insaturées, en particulier les acides linoléiques et linoléiques des vitamines et des fibres et les teneurs en minéraux (Zadeh *et al.*,2019). Ramos-Elorduy *et al.* (2002) ont remplacé jusqu'à 10 % de la diète de base des poulets (soja) par de la farine de ténébrions meuniers (élevés sur des résidus de table) sans compromettre la croissance des poulets.

Cependant, leur teneur en méthionine est limitante pour les volailles, bien que leur qualité protéique soit comparable à celle du tourteau de soja (Ramos-Elorduy *et al.*,2002).

II.8.4.2 Avantages économiques :

La production des ténébrions meunier est moins coûteuse que celle des autres sources de protéines végétales et animales telles que la viande et le poisson car alimentation des TM se base sur les déchets organiques est le son de blé. Cela peut aider à réduire les coûts élevés du soja ou de la nourriture de poisson et à améliorer la rentabilité de l'industrie de l'élevage (Makkar *et al.*, 2014).

II.8.4.3 Avantages environnementaux :

L'élevage de vers de farine est bénéfique pour l'environnement car ils sont économes en eau pour une quantité égale de protéine produite, en nourriture, en place requise et polluent beaucoup moins que les élevages traditionnels (lavalette, 2013). En effet, l'élevage d'insecte produit moins de gaz à effet de serre moins de terres arables en comparant au tourteau de soja qui contribue à la déforestation.

Chapitre III
Complément alimentaire

III Complément alimentaire :

III.1 Définition :

Les compléments alimentaires sont des produits qui viennent en complément d'une alimentation habituelle. Ils contiennent une grande quantité de nutriments (tels que les vitamines et les minéraux), de substances nutritionnelles (fibres, acides gras) ou ayant des effets physiologiques particuliers, qu'ils soient utilisés seuls ou combinés (Bureau, 2016).

Pour les volailles, les compléments contiennent des nutriments, des vitamines, des minéraux ou des additifs. Ils ont pour but de renforcer la santé, la croissance, la production ou la résistance des volailles (FAO, 2023).

III.2 Types de compléments alimentaires :

Il existe de différents types de compléments alimentaires pour les volailles notamment :

Le complément minéral et vitaminique (cmv), les probiotiques, les acides aminés, compléments pour la production des œufs (choline, sulfate de sodium), et les additifs naturels.

III.2.1 Complément minéral et vitaminé (cmv) :

Les compléments minéraux et vitaminiques sont des produits qui sont composés de minéraux et de vitamines qui ne sont pas présents ou pas suffisants dans l'alimentation de base. Ils ont pour but de renforcer la santé, la croissance, la production ou la résistance des animaux d'élevage. Ils sont utilisés pour combler les carences en nutriments essentiels dans l'alimentation des volailles (Nutraforce, 2021).

Les CMV contiennent des vitamines C, D, E et K. Les minéraux et oligo-éléments compris dans les compléments multivitaminés sont le calcium, le chrome, le cuivre et le fer. On retrouve aussi l'iode, le potassium, le magnésium, le sélénium et le zinc. Un complément minéralo-vitaminique contient des vitamines (A, D, E, K, B1, B2, B5, B6, B12, PP, Folates...) et des minéraux dont du calcium et un peu de phosphore (Nutraforce, 2021).

III.2.2 Probiotiques :

Les probiotiques sont des micro-organismes vivants qui sont bénéfiques pour la santé animale et peuvent être incorporés dans l'alimentation. Ils peuvent être des bactéries ou des champignons

tels que *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Bacillus* ou *Saccharomyces*. Les avantages de l'utilisation de probiotiques sur les performances zootechniques résultent soit d'un effet nutritionnel direct, soit d'un renforcement des défenses naturelles de l'hôte. Cependant, leur efficacité est en général inférieure à celle des antibiotiques. Depuis 1994, les probiotiques font partie des additifs autorisés dans l'alimentation animale en Europe. La recherche se poursuit pour améliorer leur efficacité grâce aux progrès en biotechnologie (Guillot, 1998).

III.2.3 Acides aminés :

Les acides aminés sont les éléments qui constituent la protéine. Les acides aminés essentiels sont les acides aminés que notre organisme ne peut synthétiser de manière endogène et qui doivent être consommés par le biais de l'alimentation pour assurer le bon fonctionnement de notre corps, (Sportive, et Naturelle).

Les acides aminés sont utilisés comme compléments alimentaires pour les animaux d'élevage. Ils sont ajoutés à l'alimentation pour améliorer la qualité des protéines et pour répondre aux besoins nutritionnels des animaux. Les acides aminés les plus couramment utilisés comme compléments alimentaires sont la lysine, la méthionine et la thréonine (Arkema, 2020).

III.2.4 Compléments pour la production des œufs :

III.2.4.1 Choline :

La choline est un nutriment essentiel pour les volailles et est souvent ajoutée à leur alimentation. Notamment les poules pondeuses car elle est nécessaire à la production d'œufs de haute qualité.

Le chlorure de choline est un additif couramment utilisé dans l'alimentation des volailles pour accélérer leur croissance et améliorer leur santé (kdlfeed).

III.2.4.2 Sulfate de sodium :

Le sulfate de sodium est également utilisé comme complément alimentaire pour les poules pondeuses car il peut aider à maintenir l'équilibre électrolytique et hydrique dans leur corps (Amin *et al.*, 1970).

Cependant, il est important de noter que l'utilisation de compléments alimentaires doit être effectuée avec prudence et sous la supervision d'un vétérinaire ou d'un nutritionniste aviaire

qualifié. L'utilisation excessive de compléments alimentaires peut être nocive pour la santé des poules et peut affecter la qualité de leurs œufs (Amin *et al.*, 1970).

III.2.4.3 Additifs naturels :

L'élevage moderne intensif met les animaux d'élevage dans conditions non naturels, ce qui peut influencer sur leur santé et celle des consommateurs, donc il est important de penser à trouver des solutions afin de préserver la santé, valoriser la qualité et bien sûr augmenter la production. Les additifs naturels donc sont parmi les alternatives qui peuvent remplacer certains traitements, antibiotiques et aussi compléments industriels.

En général, les additifs facteurs de croissance comme les acides organiques, les probiotiques et les prébiotiques sont plus efficaces pour augmenter l'ingestion alimentaire chez les poulets que les herbes, les épices et leurs extraits (Catala-Gregori *et al.*, 2007) Cependant, une large gamme d'extraits de plantes est connue pour exercer des actions bénéfiques au sein du tube digestif, comme des effets spasmolytiques, laxatifs ou contre les flatulences. La cannelle a également une action immunostimulante et peut augmenter le taux d'anticorps dans les œufs de poules pondeuses (Lee *et al.*, 1999).

D'autres études ont montré que les huiles essentielles utilisées chez les poulets à des doses entre 0,075 et 0,15 g/kg ont influencé positivement l'activité de la trypsine et de l'amylase (Lee *et al.* 2003 ; Jang *et al.*, 2004 ; Jamroz *et al.*, 2005). Les additifs phytobiotiques (origan, 5g/kg ; thym, 1,0g/kg ; piment rouge, 1,0g/kg) possèdent un effet stimulateur intestinal (sécrétion du mucus) chez les poulets. Cet effet consisterait à compromettre l'adhérence de pathogènes et donc à contribuer à stabiliser l'équilibre microbien dans l'intestin des animaux (Jamroz *et al.*, 2006).

Les phytobiotiques peuvent remplacer les antibiotiques promoteurs de croissance et être associés à d'autres composés pour promouvoir les performances de production des volailles. Les fabricants d'additifs doivent contrôler l'identification, la composition, l'efficacité zootechnique, l'analyse de la toxicité, l'analyse des résidus, la traçabilité animale et le risque de manipulation au cours du processus de fabrication (Alloui, 2011).

III.3 Intérêts de l'utilisation des compléments alimentaires :

La complémentation a comme objectif d'apporter en plus à l'animal suffisamment d'éléments nutritifs et couvrir les carences des rations pour lui permettre de réaliser les performances souhaitées que ça soit engraissement, production laitière et aussi production d'œufs.

III.4 Les perspectives à venir :

L'énorme croissance de la population humaine, ainsi que le développement industriel et technologique, au cours des dernières décennies et la rareté de la production locale d'aliments pour animaux favorise la recherche d'ingrédients alternatifs viables avec garantie à un coût raisonnable (Ramos-Elorduy *et al.*, 2002).

Les insectes représentent comme source future d'aliments et de complément pour l'homme et pour les animaux qui peuvent être utilisés à la fois comme source de protéines et sous forme de pigments, de vitamines ou de minéraux naturels.

Partie Pratique

Matériel et méthodes

IV Matériel et méthodes :

Notre objectif principal est de développer des formules de compléments alimentaires à base d'insectes spécifiquement conçues pour l'alimentation des volailles. Nous souhaitons ainsi insérer la farine d'insectes de ténébrion meunier dans la matrice de formulation comme une matière première d'une part et d'une autre par comme un complément alimentaire, démontrer sa capacité à remplacer des matières premières concurrentielles dans l'alimentation humaine, et réduire l'utilisation des tourteaux de soja. En effet, ces derniers sont non seulement importés et coûteux, mais ils sont également génétiquement modifiés.

IV.1 Lieu et déroulement de l'élevage :

Dans un premier lieu, notre travail consiste en un élevage de cette espèce d'insectes dans le laboratoire, en respectant les conditions de vie spécifiques nécessaires de sa réussite. Afin de comprendre les différentes étapes du cycle de vie de cet insecte et de démontrer la facilité d'élevage de cette espèce.

Au sein du laboratoire des sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, nous avons réalisé un essai d'élevage de vers de farine connus sous le nom de Tenebrio Molitor, qui a débuté le 7 mars 2023 avec une commande de 500 g de larves de ténébrion livrée par la boutique small garden.

IV.2 Matériel utilisé :

Pour la réalisation de l'élevage de vers de farine on a utilisé le matériel suivant :

- Pour l'installation des vers de différents stades :



Figure 12 : Différents bacs utilisés pour l'installation des vers au stade larvaire



Figure13 : Boites de la mise en place des vers au stade nymphal 10cm/10cm/9cm



Figure14 : Bacs utilisés pour les ténébrions

- Pour les mesures :



Balance



Hygromètre



Thermomètre

Figure 15 : Matériel utilisé pour les mesures

Nous avons aussi utilisé de différents outils pour la construction des insectariums, tels que des ciseaux, un quêtteur, un mètre, une règle du scotch, des étiquettes pour le suivi des différents paramètres externes, de la bâche noire pour assurer une bonne obscurité.



Scotch



Bâche noire



Étiquettes



Ciseaux



Mètre



Quêtteur



Règle

Figure 16 : Différents outils utilisés pour la construction des insectariums

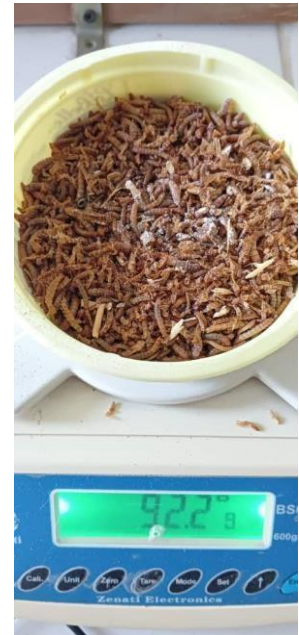
Pour la transformation des vers on a utilisé le matériel suivant :



Etuve



Creusés



Balance



Moulin automatique

Figure 17 : Matériel utilisé pour le séchage et broyage des vers

IV.3 Méthode du travail :

IV.3.1 Préparation des insectariums :



Figure 18 : Préparation des insectariums

IV.3.2 Installation des vers :

Nous avons rempli des bacs avec 100 g de son de blé pour chacun afin de créer un environnement nourrissant, puis nous avons installé 100 g de vers pour chaque bac.



Figure 19 : Insectariums remplis de vers

Pour l'alimentation des vers nous avons utilisé du son de blé, farine de blé et des déchets de légumes et de fruits.



Son de blé



farine de blé



Déchets de légumes

Figure 20 : types d'alimentation utilisés pour les vers

- Après l'installation des vers il faudra les laisser dans l'obscurité, dans une température de 26° à 37°.
- Changement des particules d'alimentation pour assurer l'apport en eau.

- Tamisage des vers régulièrement pour séparer les vers du guano (déjections).



Figure 21 : Tamisage des vers

- Séparation des nouveaux ténébrions des nymphes dans des bacs.



Figure 23 : Nouveaux ténébrions



Figure 22 : Guano

- Renouveaulement des insectariums en isolant les ténébrions pour éviter le cannibalisme et récupérer le contenu des bacs contenant les œufs des ténébrions chaque 20 jour.



Figure 24 : Renouveaulement des bacs contenant les œufs des ténébrions

Remarques :

- Les vers de farine installés muent après quelques jours et se métamorphosent en nymphes avant de devenir adultes. Ce processus a duré un à trois mois car les larves achetées sont d'un âge différent.
- Dans l'obscurité, les nymphes attendent leur métamorphose sans se nourrir.
- Les nymphes se transforment en ténébrions après deux ou trois semaines de repos.

IV.3.3 Transformation des vers :

La méthode de transformation des vers de farine utilisée pour les rendre appropriés à l'alimentation des volailles est celle de *klasing et al.*, 2000 dont elle consiste à mettre les vers de farine dans une étuve pendant 24 heures à 50°.

Le processus a débuté par une mesure précise de 100 g de vers de farine, effectuée à l'aide d'une balance de précision. Par la suite, nous les avons placés dans des creusets spécialement préparés, où ils ont été délicatement séchés dans une étuve maintenue à une température de 50°C, pendant une durée totale de 24 heures. Une fois que les vers ont atteint leur état de sécheresse optimal, nous les avons broyés à l'aide d'un moulin automatique. Une fois réduits en une fine poudre, nous l'ajouterons aux autres ingrédients nécessaires.



Figure 25 : Différentes étapes du processus de séchage et broyage des vers

IV.4 Formulation :

En second lieu, notre travail consiste d'abord à formuler, à l'aide du logiciel WUFFDA (Figure24) des aliments équilibrés pour volailles en remplaçant totalement le tourteau de soja par la farine de vers. Ensuite, la mise au point d'une formule de CMV riche aussi en protéines (CMVP) à base de vers d'insectes et à l'aide d'une feuille Excel que nous avons-nous même conçue.



Figure 26 : Vue de la page de garde du logiciel open-source WUFFDA

Résultats et discussion

V Résultats et discussion :

V.1 Incorporation de la farine de vers comme matière première dans les formules alimentaires pour poulet de chair :

V.1.1 Formule standard poulet de chair démarrage :

En utilisant le logiciel de formulation "WUFFDA volailles", nous avons mis au point une formule standard pour l'aliment de démarrage de poulet de chair avec de différentes matières premières classiques couramment utilisées, chacune ayant un taux d'incorporation spécifique. La principale source de protéine utilisée est le tourteau de soja avec un taux qui dépasse 35 %.

En tenant compte des besoins nutritionnels spécifiques, nous avons choisi les matières premières de haute qualité afin d'assurer un apport équilibré en protéines, en matières grasses, en vitamines et en minéraux essentiels.

Les teneurs moyennes obtenues sont : 88,21 % de matière sèche, 23,06 % de protéine, 7.32 % de matières grasses et 3,20 kcal/g d'énergie métabolisable.

WUFF DA					Prix de la formule #####				
!!! NE RIEN CHANGER DANS CETTE FENÊTRE !!!									
Nom de la formule					Exemple de formule				
matière première	Prix \$/wt	Min. %	Quantité %	Max. %	Nutriment	Besoin	Apport	Max.	Unité
Mais	50,00	0,00	35,35	100,00	Matières sèches	0,00	88,21	100	%
		0,00	0,00		Energie métabolisable	3,20	3,20	100	Kcal/g
	0	0,00	0,00	0,00	Protéines	23,00	23,06	100	%
Huile de soja	600,00	0,00	3,00	100,00	Matières grasses	0,00	7,32	100	%
		0,00	0,00		Acide linoléique	1,00	2,45	100	%
T. soja (48%)	100,00	0,00	36,41	100,00	Cellulose brute	0,00	2,47	100	%
Déchets boulangerie	0,00	0,00	22,30	100,00	Calcium	1,00	1,01	100	%
	0	0,00	0,00	0,00	Phosphore total	0,00	0,38	100	%
	0	0,00	0,00	0,00	Phosphore disponible	0,45	0,14	100	%
	0	0,00	0,00	0,00	Ca:P=2	0,00	-0,37	0	-
	0	0,00	0,00	0,00	Potassium	0,30	0,95	100	%
	0	0,00	0,00	0,00	Chlore	0,20	0,38	100	%
Carbonate calcique	1,53	0,00	0,00	100,00	Manganèse	60,00	76,92	100	mg/kg
Calcaire	1,53	0,00	2,30	100,00	Sodium	0,20	0,29	100	%
Phosphate défluoré	12,75	0,00	0,00	0,00	Zinc	40,00	59,26	100	mg/kg
Phosphate de roche	13,75	0,00	0,00	100,00	Choline	1,30	1,64	100	mg/g
Sel	2,78	0,00	0,03	100,00	Folate	0,55	2,05	100	mg/kg
Vitamin Premix	168,00	0,25	0,25	0,25	ARG	1,25	1,51	100	%
Mineral Premix	26,00	0,00	0,03	0,00	GLY	0,00	1,05	100	%
DL-Methionine	100,00	0,00	0,18	0,00	SER	0,00	1,18	100	%
L-Lysine HCl	110,00	0,00	0,00	0,00	GLY&SER	1,25	2,59	100	%
Choline Cl -70%	30,00	0,00	0,00	0,00	HIS	0,35	0,58	100	%
CuSO4	320,00	0,00	0,05	0,05	ILE	0,80	0,97	100	%
Coccidiostat	320,00	0,05	0,05	0,05	LEU	1,20	1,88	100	%
Antibiotique	320,00	0,05	0,05	0,05	LYS	1,10	1,24	100	%
					MET	0,50	0,52	100	%
TOTAL			100,00		CYS	0,00	0,36	100	%
					TSAA	0,90	0,89	100	%
					PHE	0,72	1,08	100	%
					TYR	0,00	0,91	100	%
					TAAA	1,34	1,98	100	%
					THR	0,80	0,89	100	%
					TRP	0,20	0,31	100	%
					VAL	0,90	1,04	100	%

Figure 27 : Formule standard poulet démarrage.

V.1.2 Formule expérimentale poulet démarrage : substitution de tourteau de soja par farine de vers (Ténébrion Meunier) :

D'après des études récentes, Les insectes offrent une valeur nutritionnelle bien plus élevée que les plantes en ce qui concerne leur teneur en protéines, en acides aminés essentiels, en vitamines et en minéraux. Parmi ces insectes on cite Ténébrion meunier qui d'après Mancini *et al.* (2020) présente comme l'une des espèces d'insectes les plus prometteuses pour l'alimentation humaine et animale, en raison de ses faibles exigences en matière d'élevage, de sa productivité élevée à l'échelle industrielle et de sa riche composition nutritionnelle avec une teneur de protéine d'environ 50% de matière sèche et une teneur en lipide de 30-35% de matière sèche.

Les larves de *T. Molitor* présentent une teneur moyenne en protéines brutes (PB) de 52,4 %, avec une variation allant de 47,0 % à 60,2 % selon une étude réalisée par Hong *et al.* En 2020. Ces valeurs intéressantes ont fait l'objet de plusieurs expériences pour déterminer la possibilité d'inclure cette source dans l'alimentation animale, c'est ce que Biasato *et al.* (2018) suggèrent que l'incorporation croissante de farine de TM dans l'alimentation des poulets de chair peut avoir des effets bénéfiques sur leur santé en favorisant l'augmentation du poids corporel et l'ingestion d'aliments.

En tenant compte de ces résultats, nous avons décidé d'effectuer un essai de remplacement total des tourteaux de soja par des farines de vers, tout en réduisant le taux d'incorporation des autres matières premières utilisées.

Dans notre formule, nous avons réalisé une substitution complète du tourteau de soja, qui représente 36.41 % de la formule standard, par de la farine de vers avec un même taux à 36.41%. Cette dernière nous a permis non seulement d'éliminer l'utilisation de la farine de soja, mais également de réduire le taux d'incorporation du maïs de 35.35 % à 15,22 %, tout en introduisant un taux de 21,90 % d'orge.

Les résultats obtenus grâce à ces changements ont montré une augmentation de l'apport en protéines, passant de 23,06 % à 25.29 %, ainsi qu'une haute teneur en énergie métabolisable de 3,62 Kcal/g.

En comparant cette formule avec la formule standard, nous avons noté une augmentation remarquable des taux d'acides aminés, notamment la méthionine et la lysine ainsi que l'arginine et d'autres.

Cette approche nous permettra d'obtenir un aliment équilibré à la fois en termes d'énergie et de protéines, tout en étant moins coûteux et plus économique. Offrant ainsi un avantage à la fois financier et écologique.

A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M				
1	WUFFF DA		Prix de la formule					#####									
2	!!! NE RIEN CHANGER DANS CETTE FENÊTRE !!!																
4	Nom de la formule		Exemple de formule														
6	matière première				Prix	Min.	Quantité	Max.	Nutriment					Besoin	Apport	Max.	Unité
7					\$/cwt	%	%	%									
8	Maïs	50,00	0,00	15,22	100,00				Matières sèches	0,00	69,20	100	%				
9			0,00	0,00					Energie métabolisable	3,20	3,62	100	Kcal/kg				
10	Orge	35,00	0,00	21,90	100,00				Protéines	23,00	25,29	100	%				
11	Déchets boulangerie	0,00	0,00	22,30	100,00				Matières grasses	0,00	3,58	100	%				
12			0,00	0,00					Acide linoléique	1,00	10,49	100	%				
13	Farine de vers	100,00	0,00	36,41	100,00				Cellulose brute	0,00	1,72	100	%				
14	0	0,00	0,00	0,00	0,00				Calcium	1,00	1,87	100	%				
15	0	0,00	0,00	0,00	0,00				Phosphore total	0,00	0,59	100	%				
16	0	0,00	0,00	0,00	0,00				Phosphore disponible	0,45	0,48	100	%				
17	0	0,00	0,00	0,00	0,00				Ca:P=2	0,00	0,03	0	-				
18	0	0,00	0,00	0,00	0,00				Potassium	0,30	3,51	100	%				
19	0	0,00	0,00	0,00	0,00				Chlore	0,20	0,55	100	%				
20	Carbonate calcique	1,53	0,00	0,00	100,00				Manganèse	60,00	70,62	100	mg/kg				
21	Calcaire	1,53	0,00	0,28	100,00				Sodium	0,20	0,79	100	%				
22	Phosphate défluoré	12,75	0,00	1,50	100,00				Zinc	40,00	89,08	100	mg/kg				
23	Phosphate de roche	13,75	0,00	1,50	100,00				Choline	1,30	1,71	100	mg/g				
24	Sel	2,78	0,00	0,30	100,00				Folate	0,55	0,81	100	mg/kg				
25	Vitamin Premix	168,00	0,25	0,25	0,25				ARG	1,25	2,04	100	%				
26	Mineral Premix	26,00	0,00	0,03	0,00				GLY	0,00	2,10	100	%				
27	DL-Methionine	100,00	0,00	0,00	0,00				SER	0,00	2,84	100	%				
28	L-Lysine HCl	110,00	0,00	0,00	0,00				GLY&SER	1,25	0,61	100	%				
29	Choline Cl -70%	90,00	0,00	0,16	0,00				HIS	0,35	1,37	100	%				
30	CuSO4	320,00	0,05	0,05	0,05				ILE	0,80	1,93	100	%				
31	Coccidiostat	320,00	0,05	0,05	0,05				LEU	1,20	3,62	100	%				
32	Antibiotique	320,00	0,05	0,05	0,05				LYS	1,10	2,16	100	%				
33									MET	0,50	0,65	100	%				
34	TOTAL			100,00					CYS	0,00	0,40	100	%				
35									TSAA	0,90	0,21	100	%				
36									PHE	0,72	1,74	100	%				
37									TYR	0,00	2,90	100	%				
38									TAAA	1,34	0,50	100	%				
39									THR	0,80	2,94	100	%				
40									TRP	0,20	0,28	100	%				
41									VAL	0,90	2,47	100	%				

Figure 28 : Formule expérimentale poulet démarrage : substitution d tourteau de soja par farine de vers (Ténébrion Meunier)

V.1.3 Formule standard poulet de chair finition :

À l'aide du même logiciel de formulation utilisé précédemment pour les deux formules, standard poulet démarrage et expérimentale avec substitution totale du tourteau de soja, nous avons pu réaliser une formule standard pour poulet de chair en période de finition, en utilisant les mêmes matières premières utilisées auparavant avec des taux d'incorporation différentes.

Avec l'incorporation de 24.00 % du tourteau de soja qui est la principale source de protéine et de 37,15 % du maïs, les résultats obtenus sont comme suite : 87,26 % de MS, 18.27 % de protéines et 7,44 % de matières grasses.

WUFFF DA					Prix de la formule #####				
!!! NE RIEN CHANGER DANS CETTE FENÊTRE !!!									
Nom de la formule					Exemple de formule				
matière première	Prix \$/cwt	Min. %	Quantité %	Max. %	Nutriment	Besoin	Apport	Max.	Unité
Maïs	50,00	0,00	37,15	100,00	Matières sèches	0,00	87,26	100	%
			0,00		Energie métabolisable	3,20	3,21	100	Kcal/g
Orge	35,00	0,00	10,14	100,00	Protéines	18,00	18,27	100	%
Huile de soja	600,00	0,00	3,00	100,00	Matières grasses	0,00	7,41	100	%
			0,00		Acide linoléique	1,00	2,53	100	%
T. soja (48%)	100,00	0,00	24,00	100,00	Cellulose brute	0,00	2,53	100	%
Déchets boulangerie	0,00	0,00	22,00	100,00	Calcium	0,80	1,11	100	%
0	0,00	0,00	0,00	0,00	Phosphore total	0,00	0,52	100	%
0	0,00	0,00	0,00	0,00	Phosphore disponible	0,30	0,31	100	%
0	0,00	0,00	0,00	0,00	Ca:P=2	0,00	-0,25	0	-
0	0,00	0,00	0,00	0,00	Potassium	0,30	0,76	100	%
0	0,00	0,00	0,00	0,00	Chlore	0,12	0,38	100	%
0	0,00	0,00	0,00	0,00	Manganèse	60,00	74,54	100	mg/kg
Calcaire	1,53	0,00	1,79	100,00	Sodium	0,12	0,31	100	%
Phosphate défluoré	12,75	0,00	0,55	0,00	Zinc	40,00	56,65	100	mg/kg
Phosphate de roche	13,75	0,00	0,87	100,00	Choline	0,75	1,41	100	mg/g
Sel	2,78	0,00	0,02	100,00	Folate	0,55	1,68	100	mg/kg
Vitamin Premix	168,00	0,25	0,25	0,25	ARG	1,00	1,14	100	%
Mineral Premix	26,00	0,00	0,03	0,00	GLY	0,00	0,84	100	%
DL-Methionine	100,00	0,00	0,05	0,00	SER	0,00	0,92	100	%
L-Lysine HCl	110,00	0,00	0,00	0,00	GLY&SER	0,97	1,99	100	%
Choline Cl-70%	90,00	0,00	0,00	0,00	HIS	0,27	0,45	100	%
CuSO4	320,00	0,05	0,05	0,05	ILE	0,62	0,77	100	%
Coccidiostat	320,00	0,05	0,05	0,05	LEU	0,93	1,51	100	%
Antibiotique	320,00	0,05	0,05	0,05	LYS	0,85	0,92	100	%
					MET	0,32	0,33	100	%
TOTAL			100,00		CYS	0,00	0,30	100	%
					TSAA	0,60	0,63	100	%
					PHE	0,56	0,86	100	%
					TYR	0,00	0,70	100	%
					TAAA	1,04	1,56	100	%
					THR	0,68	0,71	100	%
					TRP	0,16	0,24	100	%
					VAL	0,00	0,84	100	%

Figure 29 : Formule standard poulet finition

V.1.4 Formule expérimentale poulet finition : substitution de tourteaux de soja par farine de vers (Ténébrion Meunier) :

En tenant compte des résultats des recherches qui sont déjà cités sur la composition nutritionnelle du Ténébrion Molitor, on a opté à une nouvelle formule pour poulet en période de finition en basant sur la substitution totale du tourteau de soja par la farine de vers avec un taux de 21 % avec une baisse du pourcentage des autres ingrédients utilisés.

Les modifications apportées ont permis d'obtenir des résultats prometteurs. L'apport en protéines a augmenté d'une manière remarquable, passant de 18.27 % à 18.98 %. De plus, la formule présente une teneur intéressante en énergie métabolisable, atteignant 3,34 Kcal/g.

Suite à ces ajustements, nous avons aussi observé une augmentation des taux d'acides aminés permis par cette formule particulièrement la méthionine et la lysine ainsi que les d'autres AA.

WUFFF DA					Prix de la formule #####				
!!! NE RIEN CHANGER DANS CETTE FENÊTRE !!!									
Nom de la formule		Exemple de formule							
matière première	Priz \$/cwt	Min. %	Quantité %	Max. %	Nutriment	Besoin	Apport	Max.	Unité
Maïs	50,00	0,00	15,00	100,00	Matières sèches	0,00	76,76	100	%
		0,00	0,00	0,00	Energie métabolisable	3,20	3,34	100	Kcal/g
Orge	35,00	0,00	37,20	100,00	Protéines	18,00	18,98	100	%
Déchets boulangerie	0,00	0,00	23,00	100,00	Matières grasses	0,00	3,93	100	%
		0,00	0,00	0,00	Acide linoléique	1,00	6,39	100	%
Farine de vers	100,00	0,00	21,00	100,00	Cellulose brute	0,00	2,50	100	%
	0,00	0,00	0,00	0,00	Calcium	0,80	1,64	100	%
	0,00	0,00	0,00	0,00	Phosphore total	0,00	0,44	100	%
	0,00	0,00	0,00	0,00	Phosphore disponible	0,30	0,30	100	%
	0,00	0,00	0,00	0,00	Ca:P=2	0,00	-0,23	0	-
	0,00	0,00	0,00	0,00	Potassium	0,30	2,21	100	%
	0,00	0,00	0,00	0,00	Chlore	0,12	0,41	100	%
Carbonate calcique	1,53	0,00	0,00	100,00	Manganèse	60,00	70,29	100	mg/kg
Calcaire	1,53	0,00	1,70	100,00	Sodium	0,12	0,51	100	%
Phosphate défluoré	12,75	0,00	0,70	0,00	Zinc	40,00	72,86	100	mg/kg
Phosphate de roche	13,75	0,00	0,90	100,00	Choline	0,75	1,20	100	mg/g
Sel	2,78	0,00	0,02	100,00	Folate	0,55	0,92	100	mg/kg
Vitamin Premix	168,00	0,25	0,25	0,25	ARG	1,00	1,39	100	%
Mineral Premix	26,00	0,00	0,03	0,00	GLY	0,00	1,42	100	%
DL-Methionine	100,00	0,00	0,00	0,00	SER	0,00	1,83	100	%
L-Lysine HCl	110,00	0,00	0,00	0,00	GLY&SER	0,37	0,75	100	%
Choline Cl -70%	90,00	0,00	0,05	0,05	HIS	0,27	0,89	100	%
CuSO4	320,00	0,05	0,05	0,05	ILE	0,62	1,30	100	%
Coccidiostat	320,00	0,05	0,05	0,05	LEU	0,93	2,42	100	%
Antibiotique	320,00	0,05	0,05	0,05	LYS	0,85	1,39	100	%
			100,00		MET	0,32	0,44	100	%
TOTAL					CYS	0,00	0,30	100	%
					TSAA	0,60	0,27	100	%
					PHE	0,56	1,23	100	%
					TYR	0,00	1,82	100	%
					TAAA	1,04	0,65	100	%
					THR	0,68	1,87	100	%
					TRP	0,16	0,21	100	%
					VAL	0,00	1,65	100	%

Figure 30 : Formule expérimentale poulet finition substitution de tourteaux de soja par farine de vers (Ténébrion Meunier)

D'après les recherches effectuées sur l'utilisation de la farine de vers comme source alternative de protéines et selon nos résultats, l'incorporation de cette matière première dans les formules alimentaires est donc réalisable.

V.2 Incorporation de la farine de vers comme complément alimentaire dans les formules alimentaires pour poulet de chair :

V.2.1 Formule expérimentale poulet démarrage : substitution de la CMV par la farine de vers :

En utilisant les résultats de la formule poulet de chair démarrage représentés dans la figure 27, nous avons incorporé cette fois ci la farine de vers comme complément alimentaire en substituant ainsi le taux de la CMV dans la formule par cette dernière.

WUFF DA					Prix de la formule #####				
!!! NE RIEN CHANGER DANS CETTE FENÊTRE !!!									
Nom de la formule		Exemple de formule							
matière première	Priz \$/cwt	Min. %	Quantité %	Max. %	Nutriment	Besoin	Apport	Max.	Unité
Maïs	50,00	0,00	35,35	100,00	Matières sèches	0,00	88,91	100	%
		0,00	0,00		Energie métabolisable	3,20	3,32	100	Kcal/g
Huile de soja	600,00	0,00	3,00	100,00	Protéines	23,00	24,41	100	%
		0,00	0,00		Matières grasses	0,00	7,32	100	%
T. soja (48%)	100,00	0,00	36,41	100,00	Acide linoléique	1,00	3,21	100	%
Déchets boulangerie	0,00	0,00	22,30	100,00	Cellulose brute	0,00	2,47	100	%
		0,00	0,00		Calcium	1,00	0,21	100	%
Farine de vers	0,00	0,00	2,76	0,00	Phosphore total	0,00	0,38	100	%
		0,00	0,00		Phosphore disponible	0,45	0,14	100	%
		0,00	0,00		Ca:P=2	0,00	0,07	0	-
Carbonate calcique	1,53	0,00	0,00	100,00	Potassium	0,30	1,20	100	%
Calcaire	1,53	0,00	0,00	100,00	Chlore	0,20	0,38	100	%
Phosphate défluoré	12,75	0,00	0,00	0,00	Manganèse	60,00	32,17	100	mg/kg
Phosphate de roche	13,75	0,00	0,00	100,00	Sodium	0,20	0,31	100	%
Sel	2,78	0,00	0,03	100,00	Zinc	40,00	26,47	100	mg/kg
Vitamin Premix	168,00	0,25	0,00	0,25	Choline	1,30	1,42	100	mg/g
Mineral Premix	26,00	0,00	0,00	0,00	Folate	0,55	1,50	100	%
DL-Methionine	100,00	0,00	0,00	0,00	ARG	1,25	1,64	100	%
L-Lysine HCl	110,00	0,00	0,00	0,00	GLY	0,00	1,18	100	%
Choline Cl -70%	90,00	0,00	0,00	0,00	SER	0,00	1,37	100	%
CuSO4	320,00	0,00	0,05	0,05	GLY&SER	1,25	2,59	100	%
Coccidiostat	320,00	0,05	0,05	0,05	HIS	0,35	0,67	100	%
Antibiotique	320,00	0,05	0,05	0,05	ILE	0,80	1,10	100	%
					LEU	1,20	2,12	100	%
					LYS	1,10	1,39	100	%
					MET	0,50	0,39	100	%
TOTAL			100,00		CYS	0,00	0,39	100	%
					TSAA	0,90	0,71	100	%
					PHE	0,72	1,19	100	%
					TYR	0,00	1,11	100	%
					TAAA	1,34	1,98	100	%
					THR	0,80	1,10	100	%
					TRP	0,20	0,33	100	%
					VAL	0,90	1,21	100	%

Figure 31 : Formule expérimentale poulet démarrage substitution du CMV par la farine de vers

Les ajustements faits, ont montré une augmentation remarquable du taux des protéines brutes qui passe de 23.06% (figure 24) à 24.41 % ainsi qu'une teneur importante de l'énergie métabolisable. En revanche, Un léger manque de calcium, de manganèse et de zinc a été observé en ce qui concerne les minéraux, ainsi qu'une insuffisance de méthionine.

V.2.2 Formule expérimentale poulet démarrage : substitution du CMV par le complexe minéral-vitaminé-protéiné (CMVP) :

À l'aide de la feuille de calcul Excel que nous avons créée pour ajuster le CMVP à base de la farine de vers (Farine de TM) et en prenant compte des déficits rencontrés dans la formule précédente (figure 31). Les résultats correspondants sont affichés dans la figure 32.

Matiere première	Prix	Min. %	Quantité %	Max. %
Farine de TM			71,00	
			10,00	
			19,00	
0			0,00	
TOTAL			100,00	

Nutriment	Besoin	Apport	Unité
vitamine A (UI/kg)	0,01	21300,00	(UI/kg)
vitamine D2 (UI/kg)		0,00	(UI/kg)
vitamine D3 (UI/kg)	0,01	0,00	(UI/kg)
vitamine E (mg/kg)	53,68	1427,10	(mg/kg)
vitamine K (mg/kg)	3,00	0,00	(mg/kg)
vitamine C (mg/kg)		9230,00	(mg/kg)
vitamine B12 (mg/kg)	0,02	0,00	(mg/kg)
Thiamine (mg/kg)	3,00	291,10	(mg/kg)
Riboflavine (mg/kg)	9,00	1725,30	(mg/kg)
Pantothenic Acid (mg/kg)	15,00	3493,20	(mg/kg)
Niacin (mg/kg)	27,00	8094,00	(mg/kg)
Folic Acid (mg/kg)	2,00	213,00	(mg/kg)
Biotine (mg/kg)	0,15	71,00	(mg/kg)
Choline (g/kg)	1,30	308,21	(g/kg)
Fer (mg/kg)	60,00	4189,00	(mg/kg)
Cuivre (mg/kg)	15,00	1278,00	(mg/kg)
Manganèse (mg/kg)	60,00	3639,00	(mg/kg)
Ioide (mg/kg)	1,00	7,10	(mg/kg)
Zinc (mg/kg)	40,00	8875,00	(mg/kg)
Sélénium (mg/kg)	0,35	35,50	(mg/kg)
Phosphore (g/kg)	4,50	546,70	(g/kg)
Chloride (g/kg)	2,00	404,70	(g/kg)
Potassium (g/kg)	2,50	675,10	(g/kg)
Sodium (g/kg)	1,50	59,13	(g/kg)
Magnésium (g/kg)	0,60	156,20	(g/kg)
Calcium (g/kg)	10,00	550,40	(g/kg)
Méthionine %	1,1	19,2803	%
Lysine %	0,50	2,18	%
Energie métabolisable (kcal/g)		4,16	
Protéines %		44,80	

Figure 32 : Feuille de calcul Excel présente la composition chimique du CMVP ajusté

En utilisant les résultats obtenus dans notre feuille de calcul, nous les avons insérés dans la matrice de formulation du logiciel Wuffda volailles. Ces données ont été ensuite introduites dans la formule pour poulet démarrage. Ce qui a donné les résultats présentés dans la figure 33 :

WUFF DA					Prix de la formule #####				
!!! NE RIEN CHANGER DANS CETTE FENÊTRE !!!									
Nom de la formule					Exemple de formule				
matière première	Prix \$/cut	Min. %	Quantité %	Max. %	Nutriment	Besoin	Apport	Max.	Unité
Maïs	50,00	0,00	30,00	100,00	Matières sèches	0,00	89,97	100	%
		0,00	0,00	0,00	Energie métabolisable	3,20	3,22	100	Kcal/kg
Orge	35,00	0,00	9,20	100,00	Protéines	23,00	23,25	100	%
Huile de soja	600,00	0,00	2,50	100,00	Matières grasses	0,00	6,76	100	%
		0,00	0,00	0,00	Acide linoléique	1,00	2,20	100	%
T. soja (48%)	100,00	0,00	35,00	100,00	Cellulose brute	0,00	2,79	100	%
Déchets boulangerie	0,00	0,00	22,30	100,00	Calcium	1,00	4,81	100	%
	0	0,00	0,00	0,00	Phosphore total	0,00	5,03	100	%
	0	0,00	0,00	0,00	Phosphore disponible	0,45	0,14	100	%
CMVP	0,00	0,00	0,85	0,00	Ca:P=2	0,00	0,08	0	-
	0	0,00	0,00	0,00	Potassium	0,30	6,69	100	%
	0	0,00	0,00	0,00	Chlore	0,20	3,81	100	%
Carbonate calcique	1,53	0,00	0,00	100,00	Manganèse	60,00	63,45	100	mq/kg
Calcaire	1,53	0,00	0,00	100,00	Sodium	0,20	0,78	100	%
Phosphate défluoré	12,75	0,00	0,00	0,00	Zinc	40,00	99,10	100	mq/kg
Phosphate de roche	13,75	0,00	0,00	100,00	Choline	1,30	4,06	100	mq/kg
Sel	2,78	0,00	0,00	100,00	Folate	0,55	1,49	100	mq/kg
Vitamin Premix	168,00	0,25	0,00	0,25	ARG	1,25	1,51	100	%
Mineral Premix	26,00	0,00	0,00	0,00	GLY	0,00	1,06	100	%
DL-Methionine	100,00	0,00	0,00	0,00	SER	0,00	1,18	100	%
L-Lysine HCl	110,00	0,00	0,00	0,00	GLY&SER	1,25	2,55	100	%
Choline Cl-70%	90,00	0,00	0,00	0,00	HIS	0,35	0,58	100	%
CuSO4	320,00	0,00	0,05	0,05	ILE	0,80	0,99	100	%
Coccidiostat	320,00	0,05	0,05	0,05	LEU	1,20	1,88	100	%
Antibiotique	320,00	0,05	0,05	0,05	LYS	1,10	1,24	100	%
					MET	0,50	0,51	100	%
TOTAL			100,00		CYS	0,00	0,38	100	%
					TSAA	0,30	0,70	100	%
					PHE	0,72	1,09	100	%
					TYR	0,00	0,91	100	%
					TAAA	1,34	1,98	100	%
					THR	0,80	0,90	100	%
					TRP	0,20	0,32	100	%
					VAL	0,30	1,07	100	%

Figure 33 : Formule expérimentale poulet démarrage substitution du CMV par le CMVP

En remplaçant le taux du CMV par un taux de 0.85% du CMVP dans notre formule expérimentale, les résultats obtenus ont non seulement permis de résoudre les déficits précédemment rencontrés en minéraux notamment en zinc et manganèse ainsi qu'en méthionine, mais ont également révélé une augmentation du taux de protéines, et une teneur moyenne de 3.22 Kcal/kg d'énergie métabolisable. En diminuant ainsi les taux des ingrédients utilisés en particulier le tourteau de soja et le maïs d'une part et en introduisant un taux de 9.20% d'orge d'une autre part.

Selon les résultats de la formule expérimentale pour le poulet démarrage, dans laquelle le CMV a été remplacé par de la farine de vers à un taux de 2.76%, et ceux obtenus dans la formule expérimentale où le CMV a été substitué par un taux de 0.85% du CMVP, nous avons constaté que l'utilisation de la farine de vers comme substitut du CMV est intéressante sur le plan économique grâce à la disponibilité et l'accès facile à cette source. Cette dernière présente des apports minimes en certains nutriments contrairement au complexe minéral-vitaminé-protéiné, qui à un taux de 0.85 % il nous a permis non seulement de satisfaire les besoins recommandés par le logiciel, mais aussi de révéler une teneur importante en protéine brute, en acides aminés notamment la méthionine tout en réduisant les taux d'incorporation des autres matières utilisées.

De ce fait, le complexe minéral-vitaminé-protéiné présente une alternative nutritionnelle et économiquement avantageuse par rapport au complexe minéral-vitaminé standard en raison de sa capacité à fournir une supplémentation en protéines, qui n'est pas possible avec le CMV standard.

Conclusion

Conclusion

Ce travail nous a permis de répondre aux problématiques posées précédemment, ou nous avons pu constater que l'élevage de vers de farine est une opération simple, réalisable, avantageuse et garantit la production de larves de haute qualité.

L'élevage de vers de farine peut être une alternative économique à l'achat régulier d'appâts commerciaux. Une fois l'infrastructure mise en place, nous pouvons produire nos propres larves à moindre coût, ce qui peut entraîner des économies significatives à long terme.

L'examen des résultats de notre recherche ont clairement démontré que les vers de farine constituent une source très intéressante de protéines, ce qui justifie leur utilisation comme ingrédient principal dans la formulation du complexe minéral-vitaminé protéiné.

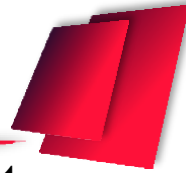
Nos résultats confirment que la substitution du tourteau de soja à 100% par la farine de vers est réalisable du même fait que le CMV. Certes dans ce cas il faudra l'ajuster pour répondre aux besoins recommandés et c'est ce que notre travail a mené en formulant ainsi un complément alimentaire riche en minéraux, vitamines, notamment en protéines.

En effet, grâce à ce complément alimentaire, il est possible d'apporter à l'organisme des vitamines, des minéraux et des protéines supplémentaires, ce qui pourrait contribuer à améliorer la santé des volailles et de booster d'une façon leur production.

En outre, l'utilisation d'insectes dans l'alimentation animale est une approche innovante, durable, prometteuse pour répondre aux besoins nutritionnels des animaux d'élevage spécifiquement les volailles tout en répondant aux enjeux environnementaux actuels.

Il est utile de poursuivre les essais d'utilisation de ce complexe dans l'alimentation des animaux d'élevage dans le but de réduire le prix des aliments et la dépendance alimentaire de l'étranger.

Partie Start-up



Présentation du projet

1 L'idée de projet :

L'idée du projet a commencé à travers une étude qui a révélé que le seul complément connu et couramment utilisé dans la nutrition animale en particulier la volaille est le CMV (Complexe Minéral-Vitaminé). En raison du coût élevé et de la variété des origines de ces matières premières, ces causes mettent en évidence la nécessité de trouver une source alternative crédible à effet d'un CMV.

Cela se fait par la mise au point d'une formule d'un complément alimentaire à base d'insectes facile à élever, dont le cycle de vie est rapide pour l'alimentation animale en général et des volailles en particulier.

2 Les valeurs proposées :

Le complément proposé aura comme avantage d'équilibrer à **moindre coût** les aliments incomplets et déséquilibrés utilisés pour l'alimentation animale et permettra, indirectement, d'améliorer les performances des animaux d'élevage et la qualité des produits.

Il permettra aussi la réduction des coûts de production en s'appuyant sur des sources naturelles disponible, en diminuant ainsi la dépendance de l'étranger.

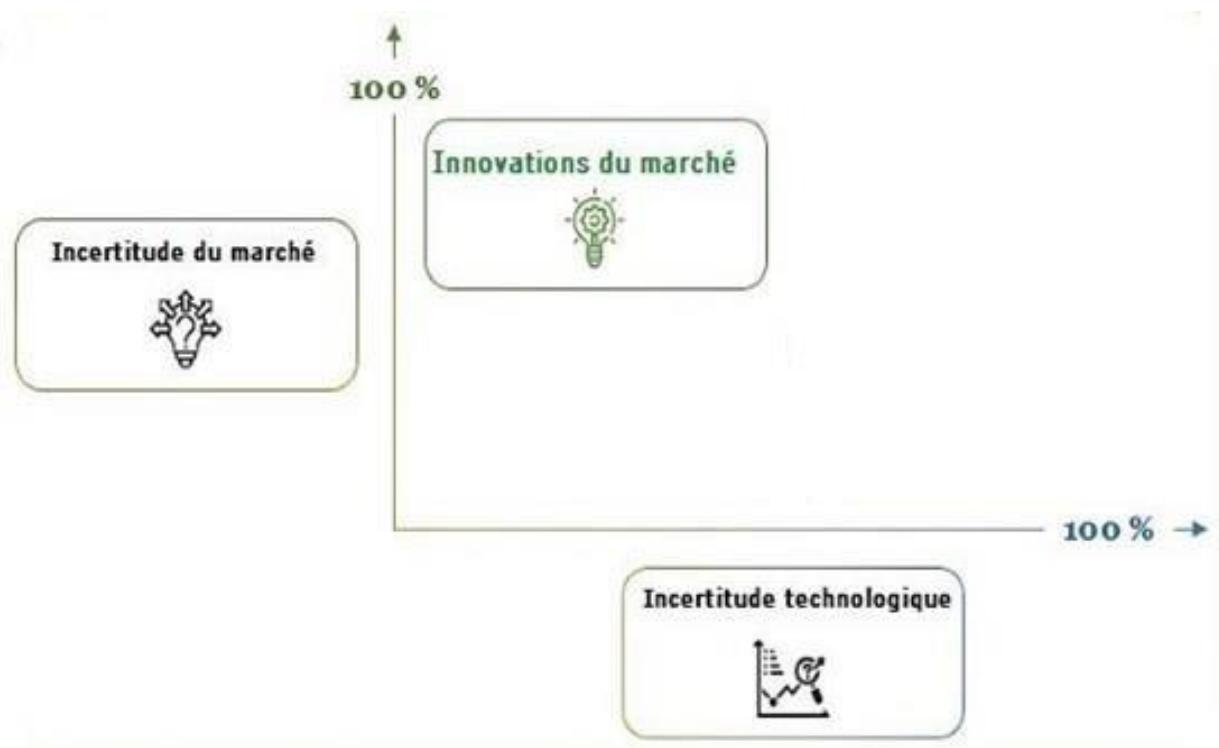
3 Objectifs du projet :

Notre objectif est de devenir le premier producteur d'un complément alimentaire qui apporte non seulement des minéraux et des vitamines mais aussi des protéines de haute qualité en Algérie au cours des cinq premières années. Et d'atteindre une part de marché de la production totale en Algérie des aliments destiné aux animaux d'élevage.

Deuxième Axe

Aspects innovants

1 Nature des innovations :



Cette innovation de marché d'élevage représente une opportunité de différenciation et de diversification pour les fabricants d'aliments pour animaux en particulier les aliments destinés aux volailles. Cela peut permettre de cibler de nouveaux segments du marché qui cherchent des solutions alternatives et durables pour nourrir leurs animaux.

De ce fait, c'est le premier projet en Algérie dans le domaine de la nutrition animale basé sur l'utilisation d'insectes comme matière principale dans les compléments alimentaires présentes sur le marché.

Valorisation des déchets organiques et leur utilisation pour l'alimentation des insectes qui sont les principaux ingrédients de notre produit, ce qui aidera à résorber d'une manière écologique ces déchets.

Analyse stratégique du marché

1 Le segment du marché :

1.1 Le marché potentiel :

- Les éleveurs professionnels des grandes exploitations agricoles ou de fermes spécialisées.
- Les coopératives agricoles qui regroupent les petits et moyens éleveurs.
- Unités de fabrication des aliments pour animaux d'élevage.
- Les revendeurs spécialisés dans les produits agricoles.

1.2 Le marché ciblé :

Les fabricants d'aliments pour les animaux d'élevage et les éleveurs des volailles indirectement, ce segment a été choisi par rapport à la cherté des matières premières qui offrent une haute valeur nutritionnelle.

2 Mesure de l'intensité de la concurrence :

Les concurrents les plus importants sur le marché algérien, produisent, pour la plupart, des compléments minéraux et vitaminés classiques et standards pour toutes les espèces.

Leurs atouts	Leurs faiblesses
Leur ancienneté sur le marché algérien et la force de leur marque.	La cherté des produits, ainsi que leurs recours à des matières premières importées.

3 La stratégie marketing :

Dans la commercialisation de notre produit, nous nous appuyons sur une stratégie de commercialisation à des prix compétitifs grâce à notre contrôle de la réduction des coûts, avec l'utilisation des sources naturelles disponibles et non exigeantes en Algérie.

Quatrième Axe

Plan financier

1 Les Coûts et charges :

	N	N+1	N+2
Charges du personnel	6804000	6804000	6804000
Charge des achats	9597338	2196988	2196988

2 Chiffre d'affaires :

	N	N+1	N+2
Quantité du produit	264	528	792
Prix HT du produit / q	35000	35000	36000
Ventes du produit / q	41650	41650	42650
Chiffre d'affaire globale	10995600	21991200	33778800

3 Les Comptes de résultats escomptés :

	N	N+1	N+2
Totale des ventes	10995600	21991200	33778800
Totale des charges	16401338	9000988	9000988
Solde	-5405738	7584474	24777812

Prototype expérimental

Notre prototype de projet vise à créer un complément alimentaire novateur destiné aux animaux d'élevage. Ce complément est basé sur l'utilisation d'insectes comme source de protéines, ce qui présente plusieurs avantages. Les insectes sont une alternative durable, car elles nécessitent moins de ressources pour leur production. De plus ils sont très riches en vitamines et nutriments. En incorporant ces insectes dans l'alimentation des animaux d'élevage, nous allons améliorer la santé, de ces derniers, réduire leur empreinte environnementale et enfin nous contribuons à une agriculture plus durable.



Références bibliographiques

1. AFZ et Feedipedia (www.feedipedia.org) - Crédit photo : DR - Réf IE : 0016 302 012 - Mai 2016
2. Alagawany, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., Tiwari, R., Yattoo, M. I., Karthik, K., ... & Dhama, K. (2021). Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health-a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*, 41(1), 1-29.
3. Alloui, M. N. (2011). Les phytobiotiques comme alternative aux antibiotiques promoteurs de croissance dans l'aliment des volailles. *Livestock Research for Rural Development*, 23(6), 133.
4. Amin, M., Mongin, P., Sauveur, B., & Dubois, D. (1970). Action de différentes doses de chlorure et sulfate de sodium sur la production de la poule pondeuse et la qualité de l'oeuf. *Annales de zootechnie*, 19(4), 367-383.
5. Andela Abessolo, C. M. (2008). Étude comparative des performances de croissance de poulet de chair permises par trois aliments chair sur le marché de Dakar. (Thèse vétérinaire No. 53). Cameroun.
6. Arbor acres. (2018). Guide d'élevage du poulet de chair. <https://pdfslide.tips/documents/arbor-acres-guide-d-elevage-du-poulet-dedaun-levage-de-poulets-de-chair.html>
7. Baghel, R. P. S., & Pradhan, K. (1988). Influence of dietary energy and protein-levels on the body-weight gain, feed-efficiency and retention of lysine, methionine and cystine in broilers. *Indian veterinary journal*, 65(10), 895-902.
8. Balolé, TV ; Legwaila, GM, 2006. Sorghum bicolor (L.) Moench. Enregistrement à partir de Protabase. Brink, M. & Belay, G. (éditeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays-Bas.
9. Biasato, I., Gasco, L., De Marco, M., Renna, M., Rotolo, L., Dabbou, S., ... & Schiavone, A. (2018). Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for male broiler chickens: effects on growth performance, gut morphology, and histological findings. *Poultry Science*, 97(2), 540-548.
10. Blair, R., 2008. Nutrition et alimentation des volailles biologiques. Série Cabi, CABI, Wallingford, Royaume-Uni.
11. Bordeaux, C., & Roinsard, A. (2015). Alimentation des volailles en agriculture biologique.
12. Bréchet, C., Leborgne, M.C., Fournier, E. (2013). Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. (3e éd., Vol. 2). Educagri Edition.
13. Bureau, L. (2016). Plantes, compléments alimentaires et nutraceutique, une réglementation complexe. *Actualités pharmaceutiques*, 55(561), 34-38.
14. Blair, R., 2008. Nutrition et alimentation des volailles biologiques. Série Cabi, CABI, Wallingford, Royaume-Uni
15. Caparros Megido, R., Alabi, T., Larreché, S., Alexandra, L., Haubruge, É., & Francis, F. (2015, May). Risques et valorisation des insectes dans l'alimentation humaine et animale.

In Annales de la Société entomologique de France (NS) (Vol. 51, No. 3, pp. 215-258). Taylor & Francis.

16. Caparros Megido R., Gierts C., Blecker C., Brostaux Y., Haubruge É., Alabi T., Francis F., 2016. Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. *Food Qual. Pref.* 52, 237–243, <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.05.004>
17. Catala-Gregori P, Mallet S, Travel A and Lessire M 2007 Un extrait de plante et un probiotique sont aussi efficaces que l'avilamycine pour améliorer les performances du poulet de chair. VIIeme Journées de la Recherche Avicole, Tours, France
18. Cavalcanti, WB ; Behnke, KC, 2004. Effet de la phytase de son de blé soumise à différentes températures de conditionnement sur l'utilisation du phosphore par les poussins de chair en fonction du poids corporel et des mesures de cendres d'orteil. *Int. J. Poult. Sci.*, 3 (3): 215-219
19. Celagri, (2021). *L'alimentation des volailles : Les bases de l'alimentation des volailles et les voies d'amélioration de la durabilité.*
20. Cetiom 2008 centre technique inter professionnel des oléagineux métropolitains. Le soja : des atouts agronomiques et environnementaux incontestables. www.Terresinovia.Fr/soja/cultiver-du-soja/atouts-points-cles/atouts-agronomiques.
21. Chapoutot, P., Rouille, B., Sauvant, D., & ReNAUD, B. (2018). Les coproduits de l'industrie agro-alimentaire: des ressources alimentaires de qualité à ne pas négliger. *INRA Productions Animales*, 31(3), 201-220.
22. Dajoz, R. (2006). *Précis d'Écologie* (8e éd.). Paris, France : Dunod.
23. Daga, H. C. (1984). Effets de la supplémentation de l'aliment en thréonine sur les performances zootechniques du poulet de chair (Doctoral dissertation, Université Cheikh Anta Diop de Dakar).
24. Dierl, W., & Ring, W. (1988). *Guide des insectes*. Édition française Delachaux et Nislet SA, Paris, (1992, 2009). 273 p.
25. Dobermann, D., Swift, J.A., Field, L.M. (2017). Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutr. Bull.* 42, 293–308.
26. Drougoul, C., Gaddoud, R., Josef, M. M., Lisberney, M.-J., Mangeol, B., Montméas, L., & Tarrit, A. (2004). *Nutrition et alimentation des animaux d'élevage* (Vol. II). Paris, France: p : 36-37, 204-211.
27. EFSA. (2015). Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*, 13(10), 4257. doi:10.2903/j.efsa.2015.4257
28. Fuller, MF, 2004. *L'encyclopédie de la nutrition des animaux de ferme*. CABI Publishing Series, 606 pages
29. GARCIN, A. (2009). L'argile kaolinite, une nouvelle méthode de lutte par barrière minérale protectrice contre le puceron vert du pêcher *Myzus persicae* Sulz. *Innovations Agronomiques*, 4, 107-113.

30. Guillot, J. F. (1998). Les probiotiques en alimentation animale. *Cahiers Agricultures*, 7(1), 49-54.
31. Hennequy, L. F. (1904). *Les Insectes: Morphologie-Reproduction-Embryogénie*. Masson.
32. Hardouin, J. & Mahoux, G. (2003). Zootechnie d'insectes – Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux. Bureau pour l'échange et la distribution de l'information sur le mini-élevage (BEDIM), 164 p.
33. Hill, D. S. (2002). *Ravageurs des denrées stockées et leur contrôle*. Éditions universitaires Kluwer, 476 p.
34. Heuzé, V., Tran, G., & Lebas, F. (2015). Sorghum grain. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. Retrieved from <https://www.feedipedia.org/node/224>
35. Heuzé, V., Tran, G., & Kaushik, S. (2020). Farine de soja. Feedipedia, un programme INRAE, CIRAD, AFZ et FAO. Récupéré de <https://www.feedipedia.org/node/674> le 4 mars 2020, à 18:25.
36. Heuzé, V., Tran, G., Nozière, P., Noblet, J., Renaudeau, D., Lessire, M., & Lebas, F. (2016). Barley grain. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/227>
37. Heuzé, V., Tran, G., & Lebas, F. (2017). Maize grain. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/556>
38. Heuzé, V., Tran, G., & Kaushik, S. (2020). Farine de soja. Feedipedia, un programme INRAE, CIRAD, AFZ et FAO. <https://www.feedipedia.org/node/674>
39. Hong, J., Han, T., & Kim, Y. Y. 2020. Mealworm (*Tenebrio molitor* Larvae) as an alternative protein source for monogastric animal: A review. *Animals*, 10(11), 2068.
40. ITAB. (2015). Cahier technique : Alimentation des volailles en agriculture biologique. <http://itab.asso.fr/publications/cahier-volaille.php>
41. ITAVI. (2016). Eau de boisson en élevage avicole : un levier majeur de réussite, mai 2016, 12 p.
42. Jamroz D, Wiliczekiewicz A, Wartecki T, Orda J and Scorupinska J (2005). Use of active substances of plant origin in chicken diets based on maize and domestic grains. *British Poultry Science* 46: 485-493.
43. Jamroz D, Wartecki T, Houszka M and Kamel C (2006). Influence of diet type on the inclusion of plant origin active substances on morphological and histochemical characteristics of the stomach and jejunum walls in chicken. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 90: 255–268.
44. Janet, C. (1909). Sur la morphologie de l'insecte (No. 27). Ducourtieux et Gout.
45. Jang I S , Ko Y H , Yang H Y , Ha J S , Kim J Y , Kang S Y , Yoo D H , Nam D S , Kim D H and Lee C Y (2004). Influence of essential oil components on growth performance and the functional activity of the pancreas and small intestine in broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 17: 394–400.

46. Johnson, D.V. (2010). The contribution of edible forest insects to human nutrition and forest management. In: Forest insects as food: humans bite back, FAO of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok. 5-22.
47. Józefiak, D., A. Józefiak, B. Kieronczyk, M. Rawski, S. Świńcówka, J. Długosz, and R. M. Engberg (2016). Insects – a natural nutrient source for poultry – a review. *Ann. Anim. Sci.* 16: 297–313.
48. Juin, H. (2015, December). L'alimentation protéique des volailles. In 6. Rencontres régionales Poitou-Charentes de la recherche et du développement (pp. 42-p).
49. Khanal, P., Pandey, D., Næss, G., Cabrita, A. R., Fonseca, A. J., Maia, M. R., & Overrein, H. (2023). Yellow mealworms (*Tenebrio molitor*) as an alternative animal feed source: A comprehensive characterization of nutritional values and the larval gut microbiome. *Journal of Cleaner Production*, 389, 136104.
50. Kieronczyk, B., M. Rawski, A. Józefiak, J. Mazurkiewicz, S. Świńcówka, M. Siwek, M. Szumacher–Strabel, A. Cieślak, A. Benzertiha, and D. Józefiak (2018). Effects of replacing soybean oil with selected insect fats on broilers. *Anim. Feed Sci. Tech.* 240:170–183.
51. Kpodékon, T. M., Youssao, A. K. I., Koutinhoun, G. B., Fayomi, J., Fagbohoun, A., & Djago, Y. (2009). Substitution du tourteau de palmiste par le tourteau de tournesol dans l'alimentation des lapins à l'engraissement. *Livestock Research for Rural Development*, 21, 6.
52. Klasing, K. C., Thacker, P., Lopez, M. A., & Calvert, C. C. (2000). Augmentation de la teneur en calcium des vers de farine (*Tenebrio molitor*) pour améliorer leur valeur nutritionnelle pour la minéralisation osseuse des poussins en croissance. *J. Zoo Wildlife Med.*, 31(4), 512-517
53. Landry, Y. (2013). Initiation à la connaissance du médicament-UE6: PACES. Dunod.
54. Larbier, M., & Leclercq, B. (1992). Nutrition et alimentation des volailles. *Nutrition et alimentation des volailles*, 1-358.
55. Leclercq, B., Lessire, M., Guy, G., Hallouis, J. M., & Conan, L. (1989). Utilisation de la graine de colza en aviculture. Revue bibliographique et résultats de deux essais. *INRAE Productions Animales*, 2(2), 129-136.
56. Lee, C. W., Hong, D. H., Han, S. B., Park, S. H., Kim, H. K., Kwon, B. M., & Kim, H. M. (1999). Inhibition of human tumor growth by 2'-Hydroxy- and 2'-benzoyloxy-cinnamaldehydes. *Planta medica*, 65(03), 263-266.
57. Lee, K. W., Everts, H., Kappert, H. J., Frehner, M., Losa, R., & Beynen, A. C. (2003). Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. *British poultry science*, 44(3), 450-457.
58. Magnin, M., & Bouvarel, I. (2011). Gérer l'alimentation pour contribuer au bien-être des poulets de chair. *INRAE Productions Animales*, 24(2), 181-190.
59. Mancini, S., Fratini, F., Tuccinardi, T., Degl'Innocenti, C., & Paci, G. (2020). *Tenebrio molitor* reared on different substrates: is it gluten free?. *Food Control*, 110, 107014.

60. Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal feed science and technology*, 197, 1-33.
61. Mignon, J. (2002). L'entomophagie: une question de culture?. *Tropicultura*, 20(3).
62. Ninelle, N. O. S. (2009). Effets de la nature des céréales et de la taille particulière sur les performances zootechniques des poulets de chair. Doctoral dissertation, Kansas State University.
63. Nir, I., Shefet, G., & Aaroni, Y. (1994). Effect of particle size on performance.: 1. Corn. *Poultry Science*, 73(1), 45-49.
64. Nogales-Merida, S., Gobbi, P., Jozefiak, D., Mazurkiewicz, J., Dudek, K., Rawski, M., Kieronczyk, B., Jozefiak, A. (2018). Insect meals in fish nutrition. *Rev. Aquac.* 11, 1080–1130.
65. Nys, Y. (2001). Oligo-éléments, croissance et santé du poulet de chair. *INRAE Productions Animales*, 14(3), 171-180.
66. OCDE. (2004). Document de consensus sur les considérations de composition pour les nouvelles variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.) : éléments nutritifs et antinutriments essentiels pour l'alimentation humaine et animale. Série sur la sécurité des nouveaux aliments destinés à l'alimentation humaine et animale n° 12, réunion conjointe du comité des produits chimiques et du groupe de travail sur les produits chimiques, les pesticides et la biotechnologie, OCDE
67. Peyronnet, C., Pressenda, F., Quinsac, A., & Carré, P. (2012). Impact du décorticage du tournesol sur la valeur nutritionnelle et l'intérêt économique des tourteaux en fabrication d'aliments composés. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 19(6), 341-346.
68. Piccioni, M. (1965). Dictionnaire des aliments pour les animaux.
69. Polepole, P., Laroumagne, L., Muafor, F. J., Le Gall, P., & Brice, L. (s.d.). Introduire les insectes comestibles dans l'alimentation animale au Cameroun-une nouvelle opportunité ? *Revue de la littérature*.
70. Ramos-Elorduy, J., González, E. A., Hernández, A. R., & Pino, J. M. (2002). Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of economic entomology*, 95(1), 214-22
71. Remond, D. 2016. La diversité de composition des graines de légumineuses disponibles, au bénéfice de la nutrition humaine et animale. In 1. Rencontres Francophones sur les Légumineuses (RFL1) (p. np).
72. Remond, D., & Walrand, S. (2017). Les graines de légumineuses: caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. *Innovations Agronomiques*, 60, np.
73. Sauvant, D., Perez, J. M., & Tran, G. (2004). Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage (Porcs, volailles, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons) (pp. 301-p). INRA éditions.
74. Sauvant, D., Heuzé, V., Tran, G., & Chapoutot, P. (2014). Drêches de céréales issues de la production de bioéthanol: une revue.





75. Smith, A. J., & Nicou, R. (1992). L'élevage de la volaille. Le Technicien d'agriculture tropicale.
76. Tran G., Gnaedinger C., Mélin C. (2019). Ver de farine (*Tenebrio molitor*) . Feedipedia, un programme INRAE, CIRAD, AFZ et FAO. <https://www.feedipedia.org/node/16401> Dernière mise à jour le 12 juin 2019, 13:29
77. TRINTIGNAC, P., & Métivier, R. (2019). Pré étude régionale sur l'utilisation d'insectes dans l'alimentation des poissons d'élevage.
78. Underwood E.J. (1997). Trace elements in human and animal nutrition. Academic Press, New York, 545 p.
79. Valérie Heuzé et Gilles Tran (AFZ : Association Française de Zootechnie) - Benoît Rouillé (Institut de l'Élevage)
80. Van Huis, A., J. Van Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir and P. Vantomme. (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security (No.171). Food and Agriculture Organization of the United Nations. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
81. Van Ginkel, M., Villareal, RL. (1996). Triticum L.. Enregistrement de Proseabase. Grubben, GJH & Partohardjono, S. (éditeurs). Fondation PROSEA (Plant Resources of South-East Asia), Bogor, Indonésie.
82. Vermorel, M., Fayet, J. C., Baudet, J. J., Anglaret, Y., Duboisset, F., Donnat, J. P., ... & Souchet, R. (1978). Valorisation du tourteau de colza. 1.—Influence de l'élimination des glucosinolates, du dépelliculage et de l'extraction des alpha galactosides sur sa valeur nutritive. Étude sur le rat en croissance. In Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique (Vol. 18, No. 6, pp. 1393-1412). EDP Sciences.
83. Vias, F. S. G. (1995). Contribution à l'étude comparée de la valeur nutritive du maïs (*Zea mays*) et des sorghos (*Sorghum vulgare*) dans la ration des poulets de chair en zone tropicale sèche.
84. Wegier, A., Alavez, V., Pérez-López, J., Calzada, L., & Cerritos, R. (2018). Beef or grasshopper hamburgers: The ecological implications of choosing one over the other. *Basic and Applied Ecology*, 26, 89-100.
85. Wigglesworth, V. B. (1956). *Insect Physiology*. Methuen
86. Williams, J. ; Mallet, S. ; Leconte, M. ; Lessire, M. ; Gabriel, I. (2008). Les effets des fructo-oligosaccharides ou du blé entier sur les performances et le tube digestif des poulets de chair. *Br. Poule. Sci.*, 49 (3): 329-339
87. Yi, L., Lakemond, C. M., Sagis, L. M., Eisner-Schadler, V., van Huis, A., & van Boekel, M. A. (2013). Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food chemistry*, 141(4), 3341-3348.

Cites internetes consultés :

88. <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/nutrition-et-alimentation/fr/> (FAO,2023) 1
89. <https://champrix.com/fr/articles/un-bref-apercu-de-la-nutrition-et-de-l-alimentation-des-volailles> 2
90. <https://www.aquaportail.com/definition-5348-cereale.html> 3
91. M. Martinez (INRA), Aout, 2013 <https://ephytia.inra.fr/fr/C/7503/Info-Insectes-Generalites> (4)
92. <https://www.africmemoire.com/part.3-chapitre-1-generalites-sur-les-insectes-et-sur-lentomophagie-2054.html> (5)
93. <https://www.lesechos.fr/industrie-services/conso-distribution/comment-la-france-est-devenue-pionniere-dans-lelevage-dinsectes-1163807> (6)
94. L'élevage d'insectes et l'hydroponie pourraient doper la sécurité alimentaire, l'activité des entreprises et l'économie circulaire (banquemonde.org) (7)
95. <https://www.naturaforce.com/tout-savoir-sur-les-vitamines/complements-multivitamines/> (8)
96. <https://www.arkema.com/global/fr/resources/post/methionine-a-key-to-improve-use-of-agricultural-resources/> 9
97. <http://www.kdlfeed.com/fr/product/choline-chloride/choline-chloride-powder-poultry-feed-addictive-vitamin-b/> 10
98. https://pavot-svt.fr/wp-content/uploads/2022/09/cx_V_A_act_1.pdf
99. <file:///C:/Users/hamda/Downloads/Elevage-du-Ver-de-farine.pdf>

ANNEXES

Élevage des vers à farines

Larve (vers à farine)	Nymphe	Jeune adulte	Ténébrion adulte
			
<p style="text-align: center;">Cycle de vie:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Les oeufs de larves éclosent 10 jours après la ponte à une température de 30° C. (ce temps s'allonge si la température est plus fraîche) - La durée de vie de la larve diffère aussi selon la température. Elle peut varier entre 10 et 15 semaines (si la température est très basse, son cycle peut s'étendre sur 1 an...) -La croissance est discontinue; c'est-à-dire qu'elle s'effectue uniquement au moment des mues. -La larve subie 10 à 16 mues (au cours desquelles elles se débarrassent de leurs carapaces) -Lorsque sa croissance est terminée, elle se transforme en nymphe -Les carapaces de mues, appelés "exuvies", se retrouvent au fond du bac d'élevage -Les larves fuient la lumière en s'enfouissant dans la farine. 	<p style="text-align: center;">Cycle de vie :</p> <ul style="list-style-type: none"> -La nymphe est l'équivalent de la chrysalide chez le papillon -Elle est immobile et ne s'alimente pas. -Ce stade nymphale dure une 20 aine de jours. -Ce stade se termine avec une mue au cours de laquelle éclot le jeune adulte appelé "imago" 	<p style="text-align: center;">Cycle de vie :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Le jeune ténébrion adulte (imago) est blanchâtre et mou.. -sa carapace va rapidement durcir et prendre sa couleur noire. 	<p style="text-align: center;">Cycle de vie :</p> <ul style="list-style-type: none"> -L'adulte a une durée de vie d'environ 6 mois. -Il doit y avoir plusieurs adultes ensembles pour l'accouplement. -Les mâles sont pratiquement impossibles à distinguer des femelles -Les femelles peuvent pondre entre 200 et 300 œufs -Le cycle de vie complet dans des conditions favorable s'échelonne sur une période d'environ 2 à 4 mois

Composition chimique des vers de farine (feedtables)

Composition élémentaire

Paramètre	Brut	Sec	Unité	Autre	Unité
Matière sèche	94.6	100	%	-	
Protéines brutes	47.7	50.4	%	-	
Cellulose brute	4.8	5.1	%	-	
Matières grasses brutes	33.7	35.6	%	-	
Matières minérales	3.4	3.6	%	-	
Cendres insolubles	0.2	0.2	%	-	
NDF	11.4	12	%	-	
ADF	6.4	6.7	%	-	
Lignine	0	0	%	-	
Parois végétales	10.6	11.2	%	-	
Amidon	0	0	%	-	
Amidon, méthode enzymatique	0	0	%	-	
Sucres totaux	0	0	%	-	
Energie brute (kcal)	6280	6630	kcal/kg	-	

Minéraux

Paramètre	Brut	Sec	Unité
Calcium	2.2	2.4	g/kg
Phosphore	7.3	7.7	g/kg
Phosphore phytique	0	0	g/kg
Magnésium	2.1	2.2	g/kg
Potassium	9	9.5	g/kg
Sodium	0.79	0.83	g/kg
Chlore	5.4	5.7	g/kg
Bilan électrolytique	114	121	mEq/kg
Manganèse	9	9	mg/kg
Zinc	118	125	mg/kg
Cuivre	17	18	mg/kg
Fer	55	59	mg/kg
Sélénium	0.4	0.5	mg/kg
Iode	0.1	0.1	mg/kg

<https://feedtables.com/fr/content/larves-de-ver-de-farine-deshydratees>

Élevage des vers à farine : méthode simple et matériel

- 1- vivarium avec parois lisse d' Au moins 6 pouces de haut et couvercle aéré -De la nourriture (germe de blé, gruau, blé, farines entières, graines d'oiseau...) -Des morceaux de cartons d'œufs, ou des déchirures de boites de cartons gaufrées -Quartiers de pommes ou de pommes de terre, carotte... Méthode : 1- Étendre le germe de blé, gruau, blé... etc... au fond du vivarium
- 2- Déposer les larves de ténébrion
- 3- Mettre à leur disposition les cartons (pour que les adultes y déposent leurs œufs et ils semblent apprécier en grignoter un peu)
- 4-Déposer également les pommes ou les pommes de terre pour un maintien d'humidité constant. Ces derniers sont à changer environ aux 3 jours pour éviter les moisissures et pour assurer un bon taux d'humidité.
- 5- En vous fiant aux cycles de vie de cet insecte, récolter les vers au besoin.
- 6- Lorsque le fond de la litière est jonché de résidus de nourriture, vous devrez nettoyer le vivarium. Entretenez-le régulièrement et veillez à ce qu'il ne manque jamais de nourriture
- 7- Il se peut que dans les résidus, vous ayez encore de petites larves ou des œufs que vous n'avez pas détectés. Si vous le souhaitez, vous pouvez mettre ces résidus en 40aine quelques temps et récolter les individus qui en émergeront.

*** Les résidus de litières sont les excréments. Semblable à leur nourriture, mais broyée en de fines particules.

*** Ne pas leur donner d'eau. Pas besoin et risque de noyade ou trop grande humidité

*** Ne pas leur donner d'eau. Pas besoin et risque de noyade ou trop grande humidité

Élevage des vers à farine méthode à trois bacs Matériel :

- Trois bacs de plastique avec parois de 6 pouces ou + (ou un meuble de type rubbermaid à 3 tiroirs avec les même caractéristiques)
- De la nourriture (germe de blé, gruau, blé...)
- Des morceaux de cartons d'œufs, ou des déchirures de boites de cartons gaufrées
- Quartiers de pommes ou de pommes de terre, carotte...

Méthode :

- 1- Déposer de la nourriture au fond de chacun des bac (ou tiroirs)
- 2- Déposer un quartier de fruit ou de légume (pommes, pommes de terre, carottes) dans chacun des bacs (ou tiroirs) pour le maintien d'une bonne humidité. Vous renouvelerez ces fruits/légumes à tous les 2 – 3 jours pour éviter les moisissures et maintenir le bon taux d'humidité.
- 3- Déposer les morceaux de cartons dans chacun des bacs (ou tiroirs) pour que les adultes y pondent et que les larves/nymphes/ténébrions les grignotent
- 4- Dans le premier bac (tiroir) : Déposer les larves.
- 5- Au fur et à mesure que se forment les nymphes, prélevez ces dernières et déposez-les dans le 2e bac (tiroir).
- 6- Dans le bac des nymphes, surveillez l'apparition des adultes ou jeunes adultes. Lorsque ceux-ci sont formés, transférez-les dans le 3e bac (tiroir). Retirez également les adultes qui meurent.
- 7- Lorsque les bébés vers commencent à sortir de leurs œufs, les transférer dans le 1er bac (tiroir)
- 8- Nettoyer régulièrement les bacs (tiroirs) pour en retirer les résidus de litière (excréments) et remettre de la nourriture fraîche.
- 9- Mettre les résidus de côté quelques temps puisque des œufs peuvent avoir été oubliés et vous aurez certainement d'autres petit vers qui éclore.

➤ **Pour plus d'information consulter ce site**

<file:///C:/Users/hamda/Downloads/009%C3%89levage%20de%20vers%20%C3%A0%20farine.pdf>

BUSINESS MODEL CANVAS

Pour complément minéral vitaminé protéiné (CMVP) à base d'insectes

<p style="text-align: center; color: #4F81BD;">Partenaires</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fournisseurs de l'alimentation des insectes • Fournisseurs des équipements d'élevage • Fournisseurs de l'emballage du produit • Fournisseurs d'autres matières premières qui constituent le complément. 	<p style="text-align: center; color: #4F81BD;">Activités clés</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevage d'insectes pour obtenir une source régulière et de qualité • Fabrication du complément alimentaire en grandes quantités • Distribution du complément • Distribution des insectes vivants dans le cas demandé 	<p style="text-align: center; color: #4F81BD;">Proposition de valeur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obtention d'un produit bio à base d'insectes • Fournir une source durable et naturelle pour la nutrition animale. • Réduire la dépendance aux sources de protéines traditionnelles, telles que le soja. • Valoriser les insectes par leur élevage • Promouvoir une consommation indirecte des nutriments présents dans les insectes pour l'alimentation humaine • Contribuer à la croissance du pays 	<p style="text-align: center; color: #4F81BD;">Relation client</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réduire le taux de matières premières importées pour les fabricants d'aliments • Fournir un complément alimentaire à base d'insectes, riche en vitamines, minéraux et protéines essentiels pour les volailles. • Obtention d'un produit bio à moindre coûts • Fournir des informations sur les avantages nutritionnels des insectes et leur utilisation optimale dans l'alimentation des volailles. 	<p style="text-align: center; color: #4F81BD;">Segmentation du marché</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fabricants des aliments pour les animaux d'élevage en particulier ceux spécialisés dans les volailles • Eleveurs de volailles • Grossistes des produits vétérinaires • Les détaillants des aliments pour animaux • Cibler le marché sportif
	<p style="text-align: center; color: #4F81BD;">Ressource clés</p> <ul style="list-style-type: none"> • Banque • L'ASF • L'ANAD • Notre propre capital 		<p style="text-align: center; color: #4F81BD;">Distribution</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pharmacies vétérinaires • Points de vente des usines de fabrication d'aliments • Réseaux sociaux • Salon agricole et les foires commerciales 	
<p style="text-align: center; color: #4F81BD;">Structure des coûts</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coûts administratifs et de gestion générale de l'entreprise (la main d'œuvre, charges fixes...) • Coûts marketing et de promotion pour atteindre les clients ciblés (publicités et tout ce qui fait connaître le produit) • Coûts de l'emballage et étiquettes. • Coûts des livraisons 		<p style="text-align: center; color: #4F81BD;">Sources de revenu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vente du produit (complément alimentaire) • Vente des insectes 		

Résumé

Notre projet consiste en la mise au point d'une formule d'un complément alimentaire à base d'insectes pour l'alimentation animale en général et des volailles en particulier. En effet, la formulation des aliments concentrés destinés aux animaux d'élevage en Algérie est basée quasi-exclusivement sur le tourteau de soja comme source de protéines et quelques céréales (surtout le Maïs) comme source d'énergie. Le seul complément connu et utilisé dans le domaine et d'une manière routinière est le CMV (Complexe Minéral-Vitaminé). Malheureusement, à cause de la cherté et de la multitude des provenances de ces matières premières, la majorité des aliments concentrés disponibles sur le marché algérien au jour d'aujourd'hui sont incomplets et déséquilibrés. Le complément que nous proposons aura comme avantage d'équilibrer moindre coût ces aliments industriels et permettra, indirectement, d'améliorer les performances des animaux d'élevage et la qualité des produits. Il sera formulé à base d'insectes faciles à élever, dont le cycle est rapide et dont les aliments consommés ne sont pas concurrentiels de l'Homme et très souvent constitués de déchets organiques, ce qui aidera à résorber d'une manière écologique ces déchets. Cette formule est indépendante du temps et de l'espace.

Abstract

Our project involves the development of an insect-based feed supplement formula for animal feed in general, and poultry feed in particular. Indeed, the formulation of concentrated feeds for livestock in Algeria is based quo-exclusively on soybean meal as a source of protein and a few cereals (especially corn) as a source of energy. The only supplement known and routinely used in this field is VMC (Vitamin-Mineral Complex). Unfortunately, due to the high cost and multitude of sources of these raw materials, the majority of concentrated feeds available on the Algerian market today are incomplete and unbalanced. The supplement we are proposing will have the advantage of balancing these industrial feeds at lower cost and will indirectly improve livestock performance and product quality. It will be formulated on the basis of insects that are easy to rear, whose cycle is rapid and whose food consumption does not compete with that of humans, and very often consists of organic waste, which will help to absorb this waste in an environmentally-friendly way. This formula is independent of time and space.