



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2023

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV **Filière :** Sciences Agroalimentaire

Spécialité : Technologie agroalimentaire et contrôle de qualité.

Présenté par :

Amarouche Sara&Mebarki Chiraz

Thème

**Recherche de nouvelles sources de protéines ; application
dans l'alimentation des animaux**

Soutenu le: 04 / 07 /2023

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

M CHEDDAD

MCB

Univ. de Bouira

Président

Mme FERHOUM

MCB

Univ. de Bouira

Promotrice

Mme CHEKROUNE

MCB

Univ. de Bouira

Examinatrice

Année Universitaire : 2022/2023

Dédicace

C'est avec grand plaisir et gratitude que je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents

A mes frères et sœurs

FAROUK, CHALIZ, FARAH ,RAHMA ET YUCEF.

A ma chère tante.

A ma chère binôme SARA pour sa présence tout au long de mon parcours, sa patience, sa compréhension, son aide et ses conseils pour réaliser ce modeste travail, et à qui je souhaite tout le bonheur du monde.

A tous mes amis qui m'ont soutenu

A toute personne qui occupe une place dans mon cœur.

A tous les membres de ma famille et à tous ceux qui ont participé à ma réussite.

CHIRAZ

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

*A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse, celle qui m'a jamais fait sentir le manque et qui le sourire ne quitte jamais son beau visage : mon adorable mère **Sadia**.*

*A la mémoire de l'homme, que j'ai pris, je prends et je prendrai toujours comme exemple, celui qui m'a appris comment chanter, danser et profiter de la vie, à qui je dois ma vie, ma réussite, mon respect et amour : mon cher père **moussa**.*

*A mes frères **Gaya et Amar**, qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études, qui ont été l'épaule sur lequel je me reposé, et leurs adorables femmes **Hassina et Laetitia**.*

*A ma confidente, celle qui à toujours su me relever quand j'avais plus de force pour le faire, celle qui m'a fait vivre le rêve qu'elle à souhaité vivre, celle qui à cru en mes délires et mon excitation : ma deuxième mère, ma grande sœur **djedjiga**, son mari que je considère comme un frère **kamal** et leurs magnifiques deux garçons **Massyl et Amir**.*

*A mon mari, qui m'a encourager et aimer inconditionnellement, et grâce à qui j'ai su ce que c'est aimé et être aimé: **ALI***

*A mes meilleures amies **Katia et Celina**, pour lesquelles les mots me semblent insensés pour expliquer leur amour et confiance en moi, et les remerciements insuffisants pour combler leur soutien, celles avec qui j'ai partagé 5ans de ma vie et avec qui je partagerai beaucoup plus.*

*A ma chère **Chiraz**, ma binôme et mon amie, avec qui j'ai surmonté les hauts et les bas qu'on à pu rencontrer au long de ce travail, je la remercie pour son soutien et sa confiance, son amour et sa patience.*

Enfin, je veux me mercié moi-même, d'avoir resté toujours la même, et d'avoir su être à la hauteur et garder mon innocence malgré ce que la vie à pu me montrer.

sara

Remerciements

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Madame **FERHOUM.F**, on la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos remerciement s'adresse à Madame **MAHDI** pour son aide pratique durant la réalisation de ce projet.

Nous remercions, **M cheddad** pour l'honneur qu'il nous fait de présider notre jury et **M chekroune** d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nos remerciement s'adresse également à tout nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction Générale..... 1

Partie bibliographique

Chapitre I : mouches soldats noires

I.1	Biologie de l'insecte.....	4
I.1.1	Traitement des déchets par la MSN.....	5
I.1.2	Conditions optimales d'élevage de <i>Hermetia illucens</i>	7
I.1.3	Approches nutritionnelles et facteurs abiotiques :	7
I.2	Valeur nutritionnelle des larves de mouche soldat noire :	9

Chapitre II : Insectes utilisés en alimentation

II.1	Consommation d'insectes dans le monde.....	12
II.1.1	Insectes utilisés en alimentation animale.....	13
II.2	Animaux nourris à base d'insectes	14
II.2.1	Porcs.....	14
II.2.2	Volailles	15
II.2.3	Poissons.....	15
II.3	Bénéfices environnementaux liés à la production des insectes :	16
II.4	Nourriture pour les animaux de compagnie	18

Partie pratique

Chapitre III: Matériel et méthodes

III.1	Lieu de l'expérimentation.....	21
III.2	Echantillon utilisé	21

III.3	Conduite de l'élevage	21
III.4	Méthodes d'analyses	22
III.4.1	Caractérisation morphologique	22
III.5	Abattage.....	22
III.6	Dosage des protéines des larves MSN.....	23
III.6.1	Dosage des protéines solubles.....	23
III.6.2	Dosage des protéines par méthode de KJELDAHL.....	24
III.7	Détermination de taux de lipides (AFNOR, 1982) :.....	24
III.7.1	Extraction de lipides totaux.....	24
III.7.2	Mode opératoire	25
III.7.3	Expression des résultats	25
III.8	Potentiel hydrogène(méthode de pH-mètre).....	26
III.8.1	Mode opératoire	26
III.9	Réalisation des croquettes	26
III.9.1	Préparation	26
III.10	Ingestion alimentaire	27

Chapitre IV: Résultats et discussion

IV.1	Caractérisation morphologique.....	29
IV.2	Analyses physico-chimiques	29
IV.2.1	Teneur en eau matière sèche	30
IV.2.2	Potentiel hydrogéné (pH)	31
IV.2.3	Matière grasse (lipides)	32
IV.2.4	Teneur en protéines (KJELDAHL)	33
IV.2.5	Teneur en protéines (Bradford)	34
IV.2.6	Ingestion alimentaire	35
	Conclusion générale	39

Référence bibliographique

Annexe

Résumé

Liste des tableaux

Tableau 1: Compositions chimiques des larves d' <i>Hermetia illucens</i> ,	9
Tableau 2: méthode d'abattage des larves (asticots).....	23
Tableau 3: Ingrédients et proportions utilisé pour la réalisation des croquettes	26
Tableau 4: la teneur en eau et la matière sèche des larves, des mouches, pupe et des croquettes	30
Tableau 5: Pourcentage des protéines des larves, mouches et pupe	35

Liste des figures

Figure 1: Cycle de vie de la BSF (Jeroen De Smet et al., 2018).....	4
Figure 2: Conduite d'élevage des MSN (photo originale).....	21
Figure 3: les larves de mouches soldats noirs (photo originale).....	22
Figure 4: Distribution des fréquences du poids des larves.....	29
Figure 5: Potentiel Hydrogène (larves,mouches, pupes et croquettes)	31
Figure 6: teneur en matière grasse (larves,mouches,pupes).....	32
Figure 7: teneur en protéines (larves,mouches et croquettes)	33
Figure 8: l'ingestion alimentaire du chat	35
Figure 9: ingestion alimentaire du chien	36

Liste des abréviations

FAO	Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
UE	Union européenne
IDRC	Institut de recherche et d'action commerciale
MSN	Mouche soldat noire
BSF	Black soldier fly
HI	Hermetia illucens
MS	Matière sèche
GES	Gaz à effet de serre

introducción

Introduction Générale

Alors que la population mondiale continue de croître, le nombre de personnes sous-alimentées augmente, la production mondiale d'aliments riches en protéines doit également augmenter. De plus, la production de viande bovine nécessite beaucoup d'eau. Il est vrai que selon les estimations, la production de viande nécessite généralement plus de ressources alimentaires par unité de poids par rapport à la production d'insectes. On estime qu'environ 8 grammes de nourriture sont nécessaires pour produire 1 gramme de viande, alors que seulement environ 2 grammes sont nécessaires pour produire 1 gramme d'insectes.

En effet, les insectes comestibles ont suscité un intérêt croissant en tant qu'alternative protéique durable à la viande traditionnelle. Les nutritionnistes considèrent les insectes comme une riche source de protéines de haute qualité et **contiennent** également des acides aminés essentiels, des vitamines, des minéraux et des acides gras bénéfiques. Selon **Van Huis et al** en 2014 ; il faut reconnaître les insectes comestibles en tant que source alimentaire viable. Depuis lors, de nombreuses études et recherches supplémentaires ont été menées pour explorer les avantages nutritionnels des insectes et leur potentiel en tant que substitut protéique.

L'article rédigé par **(ewton et al., en 2005, a** probablement souligné les avantages potentiels de l'élevage d'insectes en tant qu'aliments pour animaux. Les insectes peuvent être élevés de manière plus efficace et durable que le bétail traditionnel, En effet, ils nécessitent moins de ressources et produisent moins de gaz à effet de serre. De plus, les insectes sont riches en protéines et en matières grasses, ce qui en fait une source de nourriture intéressante pour les animaux. En effet l'utilisation d'insectes comme substituts aux graines et aux matières grasses dans l'alimentation animale est une alternative envisagée sérieusement en raison de la hausse des prix des aliments. L'élevage d'insectes offre des avantages en termes de durabilité et d'efficacité, mais des défis subsistent dans l'adoption généralisée de cette technique.

Plus récemment, le débat sur l'utilisation des insectes comme ingrédient dans l'alimentation animale (**règlement CE56/2013**) a été lancé, Peut-être en partie à cause de leur nature exotique, mais surtout ils sont une excellente source de nourriture avec des taux de protéines comparables à ceux des insectes. Les insectes sont faciles à cultiver et à reproduire, ils présentent des avantages environnementaux car il sont hautement

transformables et peuvent être fabriqués à partir de déchets agricoles et alimentaires tels que le fumier animal et le fumier. De plus, les déchets peuvent être utilisés comme engrais organique. Les mouches domestiques, par exemple, pondent jusqu'à 1000 œufs par semaine, dont les larves éclosent dans les 72 heures.

Les espèces les mieux étudiées à ce jour et les plus faciles à produire à grande échelle sont les larves de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*) ou de la mouche domestique (*Hermetia illucens*), mais le potentiel est bien plus important. 2000 espèces d'insectes sont consommées par diverses populations humaines. Les larves d'insectes contiennent une abondance de protéines et une grande quantité d'acides aminés essentiels. Elles peuvent donc être commercialisées directement comme aliments pour animaux. C'est donc la source parfaite d'aliments sains et nutritifs pour animaux de compagnie. Certaines exigences légales à cet égard ont déjà été fixées : En aquaculture, il est agréé comme aliment pour animaux dans toute l'Union européenne depuis 2017. L'entomophagie est aussi une alternative intéressante pour les chiens et les chats.

L'autorisation d'utiliser des farines d'insectes dans l'alimentation du bétail est actuellement à l'étude au niveau de l'UE, et l'utilisation de protéines d'insectes dans l'alimentation des volailles et des porcs sera possible à l'automne 2021.

L'objectif de notre étude était de créer une alimentation pour chiens et chats en utilisant des larves de mouches noires qui se nourrissent de matières organiques en décomposition. Les larves de mouches soldats noires sont riches en protéines, en graisses saines et en nutriments essentiels, ce qui en fait une source de nourriture potentiellement bénéfique pour les animaux de compagnie.

Chapitre 1

Mouche soldat noire

I.1 Biologie de l'insecte

La mouche soldat noire (MSN), également connue sous le nom binomial *Hermetia illucens*, a été introduite par **Carl Von Linné en 1758**. Cet organisme fait partie de l'ordre des Diptères et de la famille des Laminocidae. Cette espèce est originaire des Amériques entre 40°N et 40°S de latitude et s'est répandue dans des régions du monde aux climats chauds, tropicaux ou subtropicaux. Sa présence est également répertoriée en France par l'INPN (Système d'Information de Référence des Données Naturelles), notamment dans la région sud. Cependant, Étant donné que le MSN n'est pas attiré par l'habitation humaine ou la nourriture, elle n'est pas considérée comme indésirable, Il n'a pas été identifié comme un porteur de maladies, comme en attestent les recherches de **Furman et al. en 1959** et de **van Huis et al., en 2013**. Cette espèce se développe naturellement dans des environnements clos où les résidus alimentaires s'accumulent, notamment dans les élevages d'animaux.

Les larves MSN sont des concurrents directs des larves de mouches domestiques (*Musca Domestica*) qui contrôlent la ponte des adultes.

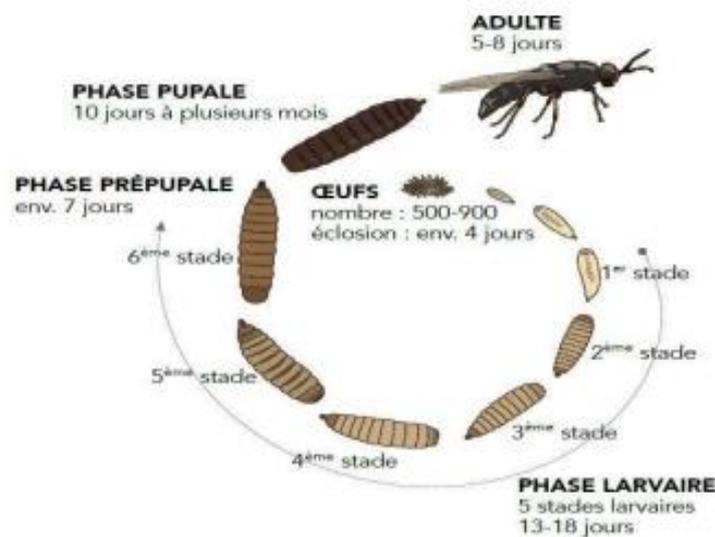


Figure 1: Cycle de vie de la BSF

La figure ci-dessus illustre le cycle de vie de la BSF ; il se compose de **4 phases**

I.1.1 Traitement des déchets par la MSN

La mise en place d'un contexte mondial pour l'élevage d'insectes se confronte à deux problèmes : Le défi que ce projet tente de résoudre est la gestion des déchets et la nécessité de garantir la sécurité alimentaire pour l'ensemble de la population d'ici 2050.

Effectivement, l'élevage des larves de mouche soldat noire (MSN) pour le traitement des déchets organiques se différencie des méthodes classiques telles que la digestion anaérobie, l'incinération et le compostage, car il crée une nouvelle source de protéines, utilisables, par exemple, pour l'alimentation des poulets ou des **poissons**. En plus de convertir les déchets en protéines alimentaires, les larves présentent également un contenu élevé en graisses extraites et en chitine, ce qui les rend précieuses pour diverses autres applications. Ces dernières années, cette approche novatrice a attiré une attention croissante de la part de la communauté scientifique.

Un système industriel de traitement des déchets se décompose en plusieurs phases, comme indiqué par **Dortmans et al., en 2017** et **Zurbrügg et al., en 2018** :

- **Prétraitement des déchets** : Cette étape implique la réduction des substances organiques, le séchage et l'extraction des composants inorganiques des déchets.
- **Traitement des déchets par les larves de MSN** : Les larves (âgées de 4 à 9 jours, pesant entre 1 et 2 mg) et les déchets à décomposer, tels que les engrais, les fruits, les légumes, et les aliments pour volaille, sont placés dans un récipient. Selon le ratio établi par **Diener et al., en 2009**, les larves sont alimentées avec une quantité de 100 à 125 mg de déchets par larve et par jour. Cette approche a été étendue par **Parra Paz et al., en 2015** pour permettre la fourniture de déchets organiques en une ou plusieurs portions, comme décrit par **Dortmans et al., en 2017**.
- **La récolte des larves de MSN**: Les larves sont récoltées (selon les conditions du système telles que la température, l'humidité, la nutrition et la densité) 15 à 52 jours après avoir atteint le stade prénympal (55 à 299 mg selon la source de 6 à 20 mm). Elles se déplacent seules des sources de nourriture vers les zones sèches. A cet effet, des rampes intégrées au système permettent une collecte naturelle sans intervention humaine. Si l'appareil ne contient pas de rampe, les larves peuvent être collectées en tamisant le substrat.

➤ **Le produit final à valeur économique selon la demande:**

Les pré-pupes peuvent être commercialisées soit vivantes, soit après avoir subi un processus de transformation. Lorsqu'elles sont transformées, les étapes peuvent inclure la mise à mort, le lavage, la stérilisation par ébullition, le séchage, puis la séparation des protéines, des lipides et de la chitine. En fin de compte, les résidus issus des larves peuvent être valorisés par le biais de méthodes telles que le compostage (y compris le lombricompostage) ou la digestion anaérobie.

La littérature sur la mouche soldat noire (MSN) a véritablement pris son essor en 2017, lorsque l'Union européenne a donné son aval pour l'utilisation d'insectes comme source de nourriture pour les poissons, en vertu du règlement (UE) 893 /2017, incluant sept espèces d'insectes, dont *Hermetia illucens*.

La première partie de la documentation porte sur la capacité de transformation des déchets, où la matière organique est convertie en protéines grâce aux larves de la MSN. Le premier système de gestion des déchets utilisant *Hermetia illucens* (HI) a été documenté par **Sheppard et al., en 1994**. Ce système s'occupait du fumier de poulet et a réussi à réduire de manière significative les déchets, transformant le fumier en 42 % de protéines et 35 % de matières grasses. **Diener et al., en 2011** ont répété l'expérience en explorant diverses rations alimentaires, et les résultats ont montré qu'une dose de 100 mg était la plus efficace, permettant d'atteindre un taux de conversion de protéines de 38,1 %. Les rations alimentaires supérieures à 200 mg n'ont pas montré la même efficacité, avec un taux de réduction des déchets se situant à seulement 26,2 %. **En 2011, Diener et al.,** ont également appliqué la même méthode à d'autres sources de déchets. Pour les boues fécales (167 mg par larve et par jour), le taux de réduction était de 54,7 %. En ce qui concerne les déchets organiques municipaux (507 mg par larve et par jour), la réduction atteignait environ 68 %. **En 2005, Newton et al.,** ont apporté qu'avec le fumier de porc, une réduction de 50 % était possible, avec une conversion en protéines d'environ 40 % et en lipides d'environ 30 %. **Kalova et al., en 2012** ont montré que la masse initiale de tissus végétaux avait été réduite de 66,53 %, les restes de 46,04 % et les déchets de jardin de seulement 8,47 %. Plus récemment, **en 2015, Nguyen et al.,** ont analysé la réduction à petite échelle et ont obtenu un taux de gaspillage alimentaire de 67,9 %, de farine de poisson de 74,2 % et de fruits et légumes de 98,9 %. Dans cette étude, le taux de conversion des protéines s'est avéré plus faible, en partie parce que les larves n'étaient nourries qu'après avoir consommé les déchets précédés.

I.1.2 Conditions optimales d'élevage de *Hermetia illucens*

Dans l'étude de MSN sur le traitement des déchets organiques, les chercheurs ont identifié des températures, une humidité et d'autres facteurs spécifiques, en fonction du stade de développement, pour améliorer l'efficacité du système de traitement. Le développement larvaire dure de 2 semaines à 4 mois.

Les températures optimales et l'humidité relative pour garder les mouches soldats noires sont:

30°C ou 70%. Il est aussi mentionné que:

➤ L'accouplement nécessite de la lumière, une humidité relative de 30 à 44°C ° et un volume suffisant pour la parade nuptiale.

➤ La ponte et l'éclosion des œufs nécessitent une humidité relative de 60% ou plus.

A une Éclosion supérieure à 80%. De plus, un mélange de La matière organique doit être placé à l'intérieur de l'enclos des insectes pour attirer les femelles. Au moment du ponte le pondoir doit être placé au dessus de ce mélange.

➤ Les larves ont besoin d'une température de 27-33°C pour faciliter la digestion.

Les larves évitent, la lumière contrairement aux adultes léger et facilement immergé dans la matière organique jusqu'à une profondeur de 50cm jusqu'à 10cm.

➤ Les pupes ont besoin d'un endroit sec et ombragé pour se transformer en mouches (Tanga et al., 2017).

I.1.3 Approches nutritionnelles et facteurs abiotiques :

Plusieurs recherches ont mis en évidence l'influence significative des macronutriments, à savoir les protéines, les glucides, les fibres et les lipides contenus dans le régime alimentaire des larves, sur leur croissance potentielle et leur valeur nutritionnelle.

Il a été observé que les larves nourries avec des fruits et des légumes ont une taille et un poids finaux plus modestes, et qu'elles prennent plus de temps pour atteindre leur maturité par rapport aux larves nourries avec des déchets ou du foie Cela s'explique probablement par la faible teneur en matières grasses et en protéines présentes dans les fruits et les légumes. Un

excès de protéines conduit à l'excrétion d'ammoniac, qui est responsable d'une mauvaise odeur, tandis qu'un manque de protéines rallonge la période de développement des larves

L'apport alimentaire des larves joue un rôle crucial dans le processus de transformation biologique. Si les larves reçoivent trop de nourriture, elles risquent d'être submergées, ce qui complique leur accès aux nutriments. En revanche, une alimentation insuffisante entraîne une compétition entre les larves a révélé que l'alimentation régulière des larves MSN pendant leur phase de croissance, par exemple, toutes les deux jours, favorise la transformation des larves en prénymphe par rapport à celles nourries en une seule fois au début de l'expérience. **Diener et al., (2009)** ont suggéré des quantités d'alimentation allant de 100 à 125 mg par larve par jour, à condition que l'humidité atteigne 60 %. L'humidité et le pH de la nourriture ont un impact sur les performances des larves pendant la transformation. Conformément aux observations de **Dortmans et al., (2017)**, les régimes alimentaires devraient généralement présenter une humidité comprise entre 70 % et 80 %. Des valeurs de pH inférieures à 2 se sont avérées mortelles pour les larves, tandis que des valeurs comprises entre 6 et 8 indiquent leur croissance et leur transformation, comme l'ont noté **Ma et al., (2018)**. La température ambiante influence également de manière significative le développement des larves. **Newby (1997)** a constaté que des températures élevées, comme 47°C, entraînaient une forte mortalité des larves. À l'inverse, des températures basses, inférieures à 15°C, réduisaient la consommation alimentaire des larves. Par conséquent, il a été recommandé que la température idéale pour l'alimentation des larves soit de 35 °C.

1.2 Valeur nutritionnelle des larves de mouche soldat noire :

La composition corporelle des larves de BSF ne diffère pas seulement entre les substrats. Comprend la teneur en protéines (37-63 % de la matière sèche ou MS), la teneur en matières grasses avec la plus grande variation) et la teneur en matières grasses avec la plus grande variation (7-39 % MS). Les larves de BSF ont une teneur moyenne élevée en protéines et en matières grasses, la composition corporelle des larves dépend de l'état de santé de l'animal.

La composition des larves dépend de la qualité et de la quantité de nourriture ingérée, Par exemple, les larves nourries au fumier de porc ont une teneur en protéines plus élevée que

les larves nourries au fumier de vache, et le régime alimentaire a une teneur en protéines plus élevée .

Par exemple, les larves nourries avec du fumier de porc ont une teneur en protéines plus élevée que les larves nourries avec du fumier de vache, et les régimes à base de drêches ont une teneur en protéines plus élevée. Il en va de même pour la graisse brute. La teneur en matières grasses était d'environ 30 % de la biomasse des larves de BSF fertilisées, tandis que le fumier de poulet favorisait la plus grande croissance larvaire et la plus grande teneur en matières grasses brutes (Li et al., 2011, Nguyen et al., (2015) ont découvert que les larves nourries de poisson et de foie contenaient plus de protéines et de graisses que les larves nourries de poulet. La composition corporelle peut également changer de manière significative au cours du développement larvaire. Par exemple, la teneur en protéines brutes diminue avec l'âge. Le pourcentage le plus élevé a été signalé pour les larves de 5 jours (61 %), mais il était inférieur pour les larves de 15 jours (44 %) et de 20 jours (42 %) .

Tableau 1: Compositions chimiques des larves d'*Hermetia illucens*

Composition	Valeurs	Référence
Protéines brutes	42,1 ± 1,0 (32,1 - 58,6)	Barragan Fonseca et al., 2017 – 2018
Fibre brutes	8,0 ± 4,0 (7,1- 14,3)	Gold et al., 2018.
Lipides brutes	26,0 ± 8,3 (15,0 - 39,8)	St-Hilaire et al., 2007
Cendre	10,6 ± 6,0 (6,4 - 18,4)	Makkar et al., 2014
Energie brute	22,1 ± 3,1 (20,1 - 30,4)	Cheng et al., 2017

Chapitre II

Insectes utilisés en alimentation

II.1 Consommation d'insectes dans le monde

La population mondiale est estimée à 9 milliards en 2050, ce qui signifie une augmentation de 70 % de la production agricole mondiale en raison de la diminution des ressources. Sur la base de cette observation, 1900 espèces d'insectes comestibles ont été identifiées dans le monde. Elles constituent une alternative durable, nutritionnelle, environnementale et économique aux protéines animales.

D'un point de vue nutritionnel, les insectes sont très riches en protéines. Il contient 3 à 4 fois la quantité de porc ou de poulet de même poids. Ce niveau varie considérablement selon les espèces d'insectes et le régime alimentaire. Certains insectes (criquets, grillons, sauterelles, vers de farine, vers à soie, termites, etc.) sont comparables au bœuf, aux crustacés et aux poissons. Ils sont également riches en fibres, vitamines et minéraux ainsi qu'en lipides et acides aminés (46- 96 % de sa teneur en nutriments). Ils présentent les décisions sanitaires dans tous les pays développés comme des solutions pour éradiquer la faim chez les personnes mal nourries. On peut l'observer dans des phénomènes pathologiques tels que l'obésité, vaisseaux sanguins vieillissants, artères obstruées, problèmes de foie et d'intestin.

Le nombre de personnes souffrant de malnutrition (principalement 1 milliard de personnes en Asie et en Afrique subsaharienne) augmente dans les régions les plus pauvres du monde pour des raisons économiques, culturelles et politiques, mais n'a rien à voir avec la rareté des ressources. L'une des carences majeures de ces régions est protéique, où les gens abandonnent peu à peu leurs régimes alimentaires ancestraux au profit de produits industriels.

Les insectes sont également avantageux d'un point de vue écologique et économique car ils consomment moins de gaz à effet de serre et d'ammoniac, participent à la pollinisation et à la fertilisation des sols, et consomment en réalité moins de plantes (2 kg de céréales donnent 1 kg d'insectes et 1 kg de viande donne 8 kg de céréales). Il nécessite moins d'eau et de terre que la viande et les légumes, et les déchets peuvent être utilisés comme nourriture. Dans les pays occidentaux, la consommation d'insectes a été évitée en raison de l'urbanisation et du développement économique. L'industrie de l'élevage fait face à une rentabilité à forte intensité de main-d'œuvre inadéquate.

Cependant, le rendement en protéines des insectes est trois fois supérieur à celui des bovins. Beaucoup d'énergie est utilisée pour réguler la température corporelle des insectes. La reproduction et la croissance des insectes se produisent rapidement. Par exemple, les vers à

soie prennent du poids en 35 jours. Ils permettent à d'autres espèces végétales et animales de prospérer, et leur perte sera encore plus importante que celle de nombreuses espèces de vertébrés.

En adoptant à l'échelle mondiale les pratiques d'agriculture intensive occidentale, l'utilisation de pesticides fera disparaître ces «aliments sauvages».

II.1.1 Insectes utilisés en alimentation animale

Certains des insectes qui servent de nourriture sont déjà en captivité. Il a déjà montré des bienfaits en nutrition animale et peut être consommé en grande quantité. Nous ne mentionnons ici

1.1.1 Les diptères

Les diptères représentent l'ordre des insectes qui comprend les espèces les plus susceptibles d'être utilisées comme aliments pour animaux. Les mouches sont les plus courantes dans cet ordre. Parmi les insectes responsables de cette tâche, on trouve la mouche soldat noire *Hermetia illucens*, la mouche domestique *Musca domestica*, ainsi que de nombreuses espèces de *Calliphoridae*, dont plusieurs centaines sont répertoriées dans le monde

- **Hermetia illucens**

Les chercheurs se sont particulièrement intéressés à *Hermetia illucens* en raison de sa capacité à se nourrir de matière organique en décomposition, ce qui constitue un résidu organique. De plus, cette mouche présente un contenu riche en macronutriments bénéfiques pour l'alimentation de certains animaux d'élevage, comme l'ont souligné des études antérieures. Une recherche menée par **Diener et al. en 2009** a mis en évidence la capacité des larves d'*H. illucens* à décomposer les matières fécales et les déchets organiques provenant des ménages en Suisse, en Thaïlande et au Costa Rica. Leurs résultats ont montré qu'en nourrissant ces mouches avec la même quantité de déchets, le gaspillage alimentaire des ménages pouvait être réduit de 65 à 75 %. Cette découverte

- **Musca Domestica :**

Un autre insecte qui pique la curiosité de la communauté scientifique en ce qui concerne son utilisation dans l'alimentation animale est la mouche domestique **Musca domestica (L.,**

1758), comme en témoignent les travaux de recherche antérieurs. Sa capacité à convertir la matière organique en une biomasse significative en fait une alternative crédible aux sources traditionnelles de protéines animales, comme cela a été évoqué dans des études précédentes.

• **Les Calliphoridae du genre *Lucilia* :**

Une autre mouche potentielle pour les animaux est la mouche verte *Lucilia sericata*. Les mouches ont longtemps été étudiées pour le rôle des sarcophages et des larves de nécrophages dans la décomposition des carcasses et des débris d'animaux. Plusieurs études scientifiques ont démontré le rôle du nettoyage des tissus nécrotiques pour la désinfection des plaies non cicatrisantes dans le domaine médical. De nombreuses espèces de cette famille ont été élevées comme source de nutrition pour les animaux. ont également mentionné les larves L3 et les pupes de *L. sericata* comme potentiel parties d'insectes à utiliser en remplacement à la farine de poissons et/ou de soja. Vu l'aptitude des larves de *L. sericata* à se nourrir sur du matériel animal, ces larves pourraient avoir une teneur en protéines non négligeable et constitueraient donc une bonne source de protéines bon marché.

II.2 Animaux nourris à base d'insectes

II.2.1 Porcs

Les larves d'*H. illucens* se trouvent dans l'alimentation des porcs (remplacement de 50 % de la farine de soja) et sont riches en acides aminés, en acides gras et en calcium, ce qui entraîne une croissance stable. La farine d'asticots remplace 10 % de farine de poisson dans l'alimentation des porcelets en Thaïlande.

II.2.2 Volailles

Une attention particulière a été portée à l'ajout d'insectes dans l'alimentation des volailles. En fait, certaines études scientifiques ont été menées sur le remplacement partiel ou complet du poisson et de la farine/huile de soja dans l'alimentation des volailles, L'inclusion de 15 % de farine d'*Acrida cinerea* (Thunberg) dans l'alimentation des poulets de chair n'a pas réduit la croissance des poulets de chair, confirmant que ces insectes peuvent partiellement remplacer les ingrédients de base utilisés dans la composition de l'alimentation (Brah et al. 2017), ont remplacé la farine de poisson dans l'alimentation des poules pondeuses par différentes concentrations (25 %, 50 %, 75 %, 100 %) de farine de criquet et ont montré que la farine de criquet améliorerait la couleur du jaune. Plus intéressant encore, le taux de ponte, le

gain de poids et les taux d'albumine protéique n'ont pas montré de différences significatives par rapport aux poules pondeuses nourries de manière conventionnelle. Cette étude montre que la farine de criquet peut remplacer la farine de poisson.

Des essais se sont également concentrés sur l'inclusion de larves de mouches soldats noires dans l'alimentation des volailles, avec des résultats prometteurs. Les larves de *H. illucens* ont été incorporées dans 50 et 100 unités d'aliments pour poulets de chair et laissées se développer normalement. Cela suggère que les larves de la mouche soldat noire pourraient remplacer la farine de soja dans l'alimentation des poulets de chair. De même, **Maurer et al (2016)** ont mené des expériences similaires sur des poules pondeuses et ont constaté que le remplacement alimentaire à partir de larves séchées d'*H.illucens* précédemment élevées sur des débris végétaux n'affectait pas les performances technico-économiques (croissance, production d'œufs et alimentation quotidienne) des zoos de 50 % et 100 % (le régime conventionnel était le contrôle dans cette expérience). Diverses recherches supplémentaires ont confirmé l'importance des insectes dans l'alimentation des volailles. *Poissons*

Au cours des deux dernières décennies, un grand nombre d'études scientifiques ont abordé la possibilité d'intégrer les insectes dans le domaine de l'aquaculture, comme en témoignent les travaux de recherche menés par **Nguyen et al., (2009)**, **Barroso et al., (2014)** et **Cashion et al., (2017)**. Les essais d'alimentation de diverses espèces de poissons avec de la farine issue des larves de *H. illucens* ont donné des résultats variés en termes d'acceptabilité.

Parmi les espèces de poissons ayant été nourries avec la mouche soldat noire, on peut citer *Ictalurus punctatus*, un poisson-chat largement apprécié des consommateurs américains, le tilapia bleu *Oreochromis aureus*, un poisson d'eau douce présente en Afrique de l'ouest, au proche et/ou au moyen orient, *Oncorhynchus mykiss*, la truite arc-en-ciel que l'on trouve dans les pays nordiques et en Amérique du sud, ainsi que le *Salmo salar*, un poisson courant dans les eaux froides des régions tempérées d'Europe, comme l'ont exploré.

D'autre part, des études ont démontré l'efficacité des larves de vers à soie comme source d'alimentation pour les poissons d'élevage, obtenant des performances de croissance similaires à celles des aliments conventionnels, comme l'ont mis en **évidence Hossain , Nahar et Kamal en 1997**. L'intégration de 25 larves de vers de farine en tant que source de protéines dans l'alimentation des juvéniles de poisson-chat africain (*Clarias gariepinus*) n'a pas eu d'impact négatif sur leur développement. Malgré les nombreuses recherches sur la capacité

des insectes à remplacer les farines de poisson et de soja coûteuses, il est essentiel de faire le point sur les initiatives déjà mises en œuvre ou en cours de réalisation en Afrique.

II.3 Bénéfices environnementaux liés à la production des insectes :

Il est vrai que notre système de production actuel a un impact perceptible sur l'environnement, notamment en ce qui concerne les émissions de gaz à effet de serre (GES). La production de bétail, en particulier, est une source majeure d'émissions de GES et nécessite une utilisation importante des terres agricoles. Cependant, la production d'insectes semble être une solution viable et durable pour réduire notre impact sur l'environnement.

La production d'insectes nécessite moins d'espace et produit plus de biomasse que tout autre animal d'élevage dans une période de temps donnée.

De nombreux insectes peuvent absorber la capacité de consommation de la matière organique, ce qui en fait des nettoyeurs efficaces de l'environnement. Par exemple, *Hermetia illucens* affiche des taux de conversion, c'est-à-dire la quantité d'aliments nécessaire pour obtenir un gain de poids de 1 kg, allant de 10 à 15. Ces insectes, dont les larves sont omnivores, peuvent se nourrir de divers substrats, qu'ils proviennent de sources végétales ou animales. En effet, une seule larve peut consommer quotidiennement entre 25 mg et 500 mg de matière organique. Ainsi, la mouche soldat noire se révèle être une espèce prometteuse pour la conversion des résidus organiques en biomasse. De plus, les larves de cette mouche présentent une composition nutritionnelle qui répond aux besoins alimentaires de certains animaux d'élevage, notamment les poissons et la volaille.

L'élevage d'insectes nécessite considérablement moins d'eau et de terres que les méthodes d'élevage conventionnelles. Par exemple, pour produire 1 kg de poulet, on estime qu'il faut en moyenne 2300 litres d'eau, alors que la production de la même quantité d'insectes nécessite beaucoup moins, notamment parce que certaines espèces peuvent survivre dans des conditions environnementales extrêmes.

Un autre avantage de l'utilisation des insectes à des fins alimentaires réside dans la réduction des ravageurs des cultures. En effet, certains insectes préférés comme des nuisibles pour les cultures se sont avérés être d'excellentes sources de nutriments. Par exemple, les larves de charançons des palmiers, qui sont redoutables pour les plantations de palmiers à huile, sont comestibles et sont même incluses dans les régimes alimentaires des animaux. Il en

va de même pour les criquets et les sauterelles, qui causent des ravages dans des cultures telles que les céréales, mais qui sont également appréciés en tant que sources de protéines.

Effectivement, la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*) possède la capacité de réduire certaines bactéries, comme *Escherichia coli*, présentes dans les excréments d'animaux. Cependant, elle n'est pas efficace pour éliminer les contaminants. Des études, telles que celle menée par **(Liu et al. en 2008)**, ont démontré cette capacité de réduction des bactéries.

L'un des avantages de la mouche soldat noire est qu'elle se trouve généralement sur des matières en décomposition, éloignées des habitations. De plus, il a été prouvé que cette mouche surpasse les mouches ordinaires lorsque les deux espèces coexistent dans le même environnement, comme l'ont démontré les recherches de **Newton et al. En 2005** et **Gligorescu et al. en 2018**.

Dans l'ensemble, les insectes offrent une solution alternative complémentaire aux ingrédients de base nécessaires à l'alimentation des animaux d'élevage.

II.4 Nourriture pour les animaux de compagnie

En 2013, le Québec comptait plus de 2,5 millions de chats et de chiens. Dans la Ville de Montréal, il y aurait environ 267 000 chats et 118 500 chiens (Association des médecins vétérinaires du Québec en pratique des petits animaux, 2013). Ces animaux de compagnies mangent généralement de la moulée contenant des portions variables de viande d'élevage. L'élevage d'insectes pourrait aussi contribuer à augmenter la teneur en protéines des aliments de ces animaux carnivores tout en réduisant la quantité de viande d'élevage nécessaire (bien que plusieurs marques de nourriture pour chiens et chats utilisent des résidus de viande non destinés à l'alimentation humaine). **Ynsect**, compagnie d'élevages d'insectes et de transformation en divers produits située à 35 km au sud de Paris, propose d'ailleurs une nourriture pour chiens et chats. Considérant la densité de chats et de chiens en ville, les arguments pour produire en milieu urbain une partie de la nourriture destinée à ces animaux de compagnie sont les mêmes que pour l'alimentation humaine. D'ailleurs, dans certains pays industrialisés, l'intégration d'insectes à l'alimentation n'est autorisée que pour les chats et les chiens .

Chapítter III

Matériél et méthodes

L'objectif de notre travail de fin d'études est de trouver de nouvelles sources de protéines (larves de mouche soldats noirs), pour le développement des croquettes pour chiens et chats. Ces larves sont riches en protéines, en lipides et constituent une alternative alimentaire intéressante.

III.1 Lieu de l'expérimentation

Le travail a été effectués au sein du laboratoire F de l'université Akli Mouhend Oulhadj Bouira , faculté des science de la nature et de la vie et science de la terre.

III.2 Echantillon utilisé

Les mouches soldats noires, également connues sous le nom de black Soldier fly en anglais, trouvent leur origine en Amérique du Sud et sont désormais répandues dans le monde entier, colonisant des régions où les conditions environnementales sont propices à leur développement et à leur survie, comme indiqué dans l'étude de **McCallan en 1974**.

L'échantillon utilisé dans cette étude a été acheté chez un éleveur des MSN, dans la region de Blida.

III.3 Conduite de l'élevage

L'élevage des mouches soldats noirs est effectué au niveau de laboratoire (F) de la faculté SNVST, ou on construit une boîte en bois couverte d'un tulle, à l'intérieur de cette boîte on installe des bassines en plastique pour l'alimentation des larves.



Figure 2: Conduite d'élevage des MSN (photo originale)

Mises dans des conditions favorables pour leur développement, les femelles des MSN déposent des œufs. On a suivi leur croissance jusqu'à ce qu'elles atteignent **la phase prépupale**,

On utilise des larves en phase prépupale (phase 6), car elles atteignent la taille maximale et sont plus riche en protéines.

III.4 Méthodes d'analyses

III.4.1 Caractérisation morphologique

La caractérisation est réalisée sur 100 larves de mouches soldats noirs prélevés au hasard sur lesquels on a déterminé :

- Les dimensions des larves entière (longueur et largeur) à l'aide d'un pied à coulisse
- Le poids des larves à l'aide d'une balance analytique.



Figure 3: larves de mouches soldats noirs (photo originale)

III.5 Abattage

L'abattage est effectué suivant la méthode de (**Vernier et Frédéric,2021**) (tableau 01) avec quelques modifications, afin de choisir la meilleure méthode qui préserve le mieux les protéines. Pour cela, on a préparé 3 échantillons de larves des mouches soldats noirs.

Tableau 2: méthode d'abattage des larves (asticots).

Congélation	Ebouillantage	Vapeur
On a pris une quantité de larve préalablement trié on les a congelés à (-32 C°) pendant 5h	Les larves sont mis dans l'eau bouillante à (100C°) pendant 14 min puis séchées dans l'étuve à l'air chaud à 60c°pendant 6 h	Les larves sont soumis à la vapeur pendant 15 min puis congelés à (-30c°) de 12 à 24 h puis stockées à (-18c°) ou (-20c°)

III.6 Dosage des protéines des larves MSN

III.6.1 Dosage des protéines solubles

III.6.1.1 Principe

Le dosage des protéines solubles totales des larves a été effectué selon la méthode préconisée par (**Bradford, 1976**). Cette méthode est basée sur le changement de couleur du Coomassie Brilliant Blue G250 lorsqu'il se lie aux protéines. L'intensité de la couleur est liée à la quantité de protéines dans les larves MSN

Le réactif de Bradford est préparé en mélangeant :

- ❖ 100 mg de bleu de coomassie
- ❖ 100ml de l'acide phosphorique à 85%
- ❖ 50 ml d'éthanol à 95%
- ❖ 1000 ml d'eau distillée.

Ce réactif peut être conservé pendant 1 mois à 4 °C à l'obscurité.

III.6.1.2 Mode opératoire

Prendre 100µl de l'extrait protéique, après ajouter 4 ml de réactif de Bradford, le mélange est agité et incubé à la température ambiante pendant 5 min à l'abri de la lumière, l'absorbance de la solution est mesurée à 595 nm.

La concentration de protéines est déterminée à partir de la courbe d'étalonnage de la B.S.A. (Bovin Sérum Albumine).

III.6.2 Dosage des protéines par méthode de KJELDAHL

III.6.2.1 Principe

Cette méthode est très simple, rapide et très peu coûteuse, elle a été décrite par le chimiste danois Johan Kjeldahl en 1883. la méthode est basée sur la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur.

III.6.2.2 Mode opératoire

On pèse 0,25g de chaque échantillons (larve, mouche, croquette) dans des béchers différents, puis on ajoute 15g du sulfate de potassium, 15g du sulfate de cuivre et 25ml d'acide sulfurique 0.05 N Pour chaque bécher. On mélange bien puis on les met dans des chauffe-ballons en les chauffants pendant deux heures jusqu'à ce que la couleur devienne verte, ensuite On enlève le mélange du chauffe-ballon en le laissant se reposer jusqu'à ce qu'il change de couleur (bleu).

On ajoute 250ml d'eau distillée et on mélange bien, puis on verse 100 ml de NaOH à 35%, 25 ml Acide borique 25% (40 g/l) et des gouttes de bleu méthylène dans le bécher qui contient notre solution, pour finalement faire le titrage de l'Acide sulfurique concentré (H₂SO₄) jusqu'à ce que la couleur devienne violet.

Un témoin est réalisé dans les mêmes conditions sans échantillon.

La teneur en azote total est déterminée par la formule suivante :

$$N (\%) = \frac{\frac{V}{V'} \cdot (N - N') \cdot 0,05 \cdot 1,4}{P}$$

Où:

V: le volume de la solution minéralisée (ml)

V': le volume de la solution de soude ajoutée (ml)

N: la quantité d'acide sulfurique lue après titrage (ml) avec l'acide sulfurique de normalité 0,05 N

N': le volume de l'acide sulfurique dépensé dans le titrage du témoin (ml)

P: le poids de la prise d'essai (g).

III.7 Détermination de taux de lipides (AFNOR, 1982) :

III.7.1 Extraction de lipides totaux

III.7.1.1 Principe

Les lipides totaux des échantillons des larves sont extraits par l'éther de pétrole avec l'appareil de soxhlet.

III.7.1.2 Mode opératoire

Après séchage du ballon de 250 ml à l'étuve à 105 °C pendant une heure et le refroidissement au dessiccateur pendant 30 min, on le pèse à la précision de 0.001g. puis environ 5 g d'échantillon broyé est introduit dans la cartouche de papier filtre.

La cartouche est placée avec la prise d'essai à l'intérieur de l'appareil Soxhlet et 200 ml de solvant d'extraction est versé dans le ballon. On possède à un chauffage du ballon pendant 5 heures jusqu'à l'épuisement de la matière grasse. Après, éliminer le solvant du ballon par distillation et sécher le résidu du ballon dans une étuve à 70-80 °C puis le refroidir au dessiccateur pendant 30 min, à la fin on le pèse avec l'huile à la précision de 0.001g. répéter l'opération de séchage jusqu'à obtention d'un poids constant du ballon.

III.7.1.3 Expression des résultats

Le rendement d'extraction correspondant au taux de lipides (matière grasse) obtenue est calculé selon la formule suivante :

$$\text{MG}\% = \frac{P2-P1}{P3} \times 100$$

Soit :

P1 : Poids du ballon vide (g).

P2 : Poids du ballon avec l'huile extraite (g).

P3 : Poids de la prise d'essai (g).

1. Matière sèche (AFNOR, 1994)

III.7.2 Mode opératoire

on prend 2 g de chaque échantillon (3 échantillon), on les places dans une boîte pétri en verre d'un poid bien déterminé puis Après les avoir placés dans une étuve réglée à une température de 105 °C pendant 2 heures, les échantillons sont transférés dans un dessiccateur jusqu'à ce que leur poids demeure constant.

III.7.3 Expression des résultats

La matière sèche est obtenue et calculé selon la formule suivante:

$$\text{H} = \text{MS} / 100\%$$

III.8 Potentiel hydrogène(méthode de pH-mètre)

III.8.1 Mode opératoire

On a pris une pesée de 2g de chaque échantillons (croquettes, mouches, larves et pupes), puis on les a broyées et on ajoute trois fois son volume d'eau distillée. Ensuite, on a filtré les mélanges à l'aide du papier filtre et enfin on a émerger le pH mètre dans les solutions, en prenant soins que l'électrode soit complètement immergée dans la solution, et cela après avoir étalonner le pH mètre par l'eau distillée à pH =7, afin d'obtenir des résultats justes et corrects.

III.9 Réalisation des croquettes

Nos croquettes pour chiens et chats sont effectuées en suivant le catalogue des recettes (L'expérience nutritionnelle) de **Daniel Detraz** Nutritionniste animal Français, avec des modifications afin que ça soit préparé à la maison.

Les ingrédients utilisés pour la réalisation de ces croquettes sont mentionnés dans le tableau 02.

Tableau 3: Ingrédients et proportions utilisé pour la réalisation des croquettes.

Ingrédient	Proportion
➤ Légumes	➤ 250g
➤ Blanc de poulet	➤ 250g
➤ Œufs	➤ 02
➤ Vitamines AD3E	➤ 10ml
➤ Farine de riz	➤ 350g
➤ Larves MSN	➤ 200g

III.9.1 Préparation

On coupe les légumes (pomme de terre, carottes, courgette) et le poulet, puis on les cuit dans l'eau bouillante avec de l'huile de tournesol pendant 20 min. Ensuite on hache le tout à l'aide d'un mixeur, et on ajoute les œufs, les vitamines (AD3E), la farine de riz, ainsi que les larves broyées à la préparation précédente jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène. On verse le tout dans un plat allant au four préalablement recouvert du papier sulfurisé, et on laisse cuire au four préchauffé à 180°C pendant environ 30 à 40min, jusqu'à ce que la pâte sèche. On retire la préparation et on la découpe en dés avant de la remettre au four.

III.10 Ingestion alimentaire

La quantité des croquettes obtenu est distribuée en 2 portions de 150g, une destinée pour un chat et l'autre pour un chien, afin de suivre la variation de consommation pendant 3 jours et cette dernière sera noté et sera comparé ensuite avec la variation de consommation des croquettes industrielles des 3 jours qui suivent.

L'ingestion alimentaire : l'apport alimentaire (QAI) est calculé comme suit :

$$\mathbf{QAI=(QAD-RF)/effectif}$$

Avec:

QAD: quantité d'aliments distribuée dans chaque période (3 jours)

RF: refus alimentaire

Chapitre IV

Résultats et discussion

IV.1 Caractérisation morphologique

Pour déterminer le poids et la longueur des larves, 100 larves ont été échantillonnées aléatoirement, la masse de chaque larve est déterminée au moyen d'une balance analytique de à 0,001g de précision, et la longueur en cm par un pied à coulisse.

Les résultats obtenus ont été transformés en fréquences et centres de classe pour pouvoir étudier la distribution de ces dernières figures ci-après

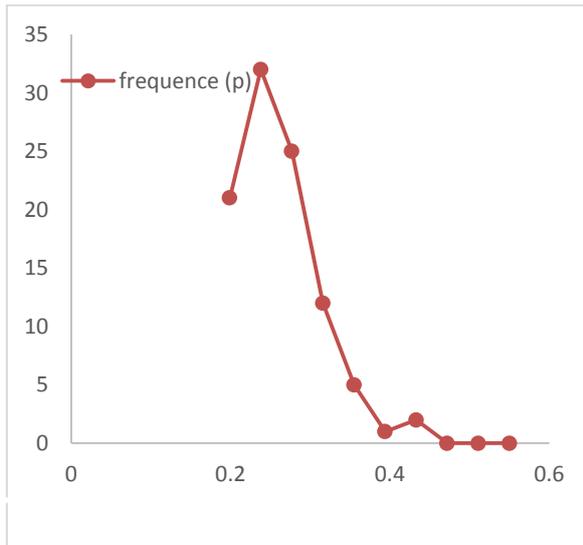


Figure 4: Distribution des fréquences du poids des larves

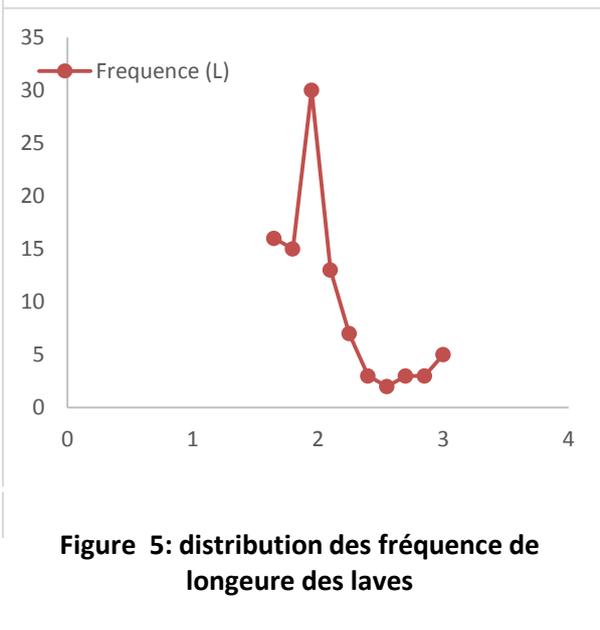


Figure 5: distribution des fréquences de longueur des larves

Les résultats obtenus de poids et de longueur révèlent une distribution hétérogène des fréquences, ce qui signifie que nos larves étaient à des stades différents.

IV.2 Analyses physico-chimiques

Le taux de la matière sèche ainsi que l'humidité des différents échantillons sont illustrés dans le tableau suivant :

IV.2.1 Teneur en eau matière sèche

Tableau 4: la teneur en eau et la matière sèche des larves, des mouches, pupes et des croquettes

	larve	mouche	pupe	croquette
Teneur en eau	45,8 ± 0.015	0.19 ± 0.037	0.10 ± 0.041	0.11 ± 0.015
Matièresèche	54,2±0.43	99.80±0.037	99.89±0.041	99.88±0.015

Le taux de matière sèche contenu dans l'échantillon larvaire est de 54,2 %, ce qui se révèle nettement inférieur aux taux de matière sèche observés chez les mouches, pupes et croquettes (99.8%, 99.89%, 99.88%) respectivement.

Selon les résultats trouvés par (**Baudin et Victoire, 2021**), la matière sèche des larves étudiées varie entre 35% et 40%.

D'après (**Mammar et Makboul, 2022**), la MS% des larves de MSN est de 42%. Avec 93.47% pour les mouches soldats noirs et 93.2% pour les pupes. En comparant ces résultats avec les notre, on remarque que nos résultats de MS% pour les larves, mouches et pupes sont beaucoup plus élevés (54,2%, 99.8%, 99.89%) respectivement.

En consultant l'étiquetage des croquettes de marques pour chat et chien, on constate que le pourcentage de leurs MS% varie respectivement entre 90% et 91% qui représente un pourcentage inférieur à celui de nos croquette (99.88%)

L'humidité nous permet de rapporter des résultats sur la composition biochimique des substances sec, une faible teneur en humidité indique une teneur élevée en matière sèche.

D'après les résultats du travail réalisé par (**Baudin et Victoire, 2021**), la teneur en eau des larves étudiées varie entre 60% et 65%, un pourcentage beaucoup plus élevé par rapport à nos résultats.

les résultats trouvé par (**Mammar et Makboul, 2022**), démontre que l'humidité de l'échantillon larvaire (58%) est supérieur à celle trouvé durant notre étude (45,8%) en s'appuyant sur les résultats des deux travaux cités, la teneur en eau de nos larves est un peu faible ce qui explique en revanche, la matièresèche élevée.

D'après les résultats de (**Gutiérrez, Ruiz et Vélez, 2023**), l'humidité de la farine de larves MSN trouvé dans 3 laboratoires différents varie entre 7% jusqu'à 10%

Les mouches soldats noirs et les pupes représentent une valeur de 0.19% et 0.10% d'humidité respectivement. En comparant cette valeur avec celle trouvé par (**Mammar et Makboul,**

2022) qui est de 6.53% et 6.8% pour les MSN et pupe respectivement, on constate une différence énorme.

En ce qui concerne l'humidité de nos croquettes à base de larves de MSN, par rapport aux croquettes de marque (**Lindo**) à base du boeuf et du poulet, son humidité est à 9%.

Les croquettes pour chien de marque (**Kalina**) qui est à base de viande d'agneau, son humidité est à 10% le même pourcentage pour les croquettes pour chat de marque (**sam's field**) à base de poisson.

En comparant les pourcentages des autres croquettes en humidité, jugé moyenne, nos croquettes ont le pourcentage le plus faible (0.11%).

IV.2.2 Potentiel hydrogéné (pH)

La figure ci-dessous représente les pH obtenus des larves, mouches, pupe et croquettes par ordre.

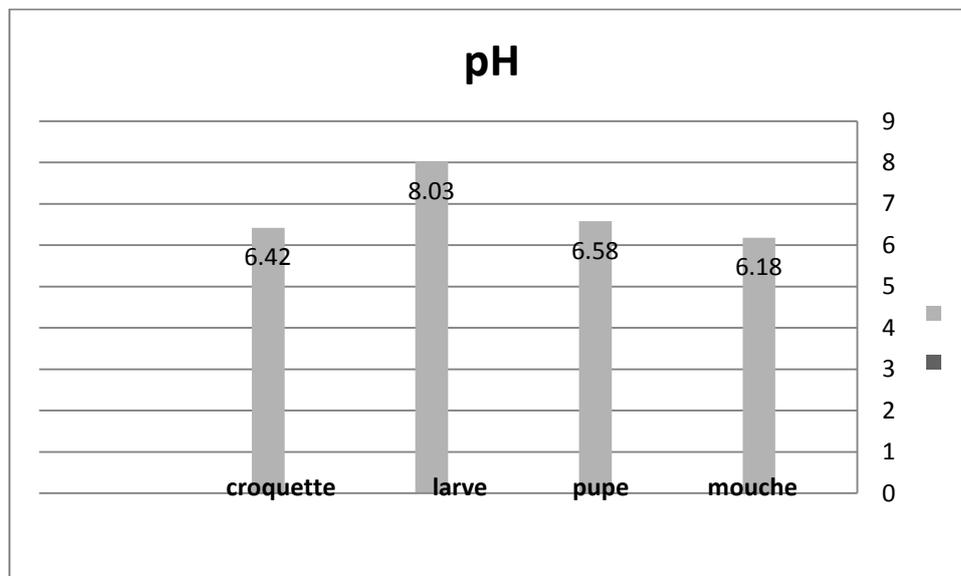


Figure 5: Potentiel Hydrogène (larves, mouches, pupes et croquettes)

D'après la figure 02, le pH de larves des MSN est le plus élevé (8.03), par rapport aux échantillons de mouche, pupe et croquette (6.18, 6.58, 6.42) respectivement.

En comparant la valeur du pH des larve de MSN avec d'autres sources de protéines (poulet et dinde, bœuf, crevettes, saumon) qui sont utilisés effectivement dans les croquettes des chats et chiens, on a constaté ce qui suit:

Selon (**benyamina, 2017**), les valeurs du pH d'escalope de dinde et du poulet sont beaucoup proche avec (5.86 et 5.93) respectivement. Et celles du pilon de dinde et du poulet aussi avec (6.36 et 6.39) respectivement.

On remarque une légère supériorité des valeurs du pH d'éscalope par rapport à celle du pilon, mais reste inférieurs à celle des larves des MSN (8.03).

En suivant la liste des pH des aliments de (Mapaq, 2018), on constate que le pH du bœuf varie entre 5.6 à 6.2, celui des crevettes entre 6.8 à 7 enfin le saumon avec un pH de 6.1 à 6.3.

IV.2.3 Matière grasse (lipides)

La teneur en matière grasse des 3 échantillons de larve (congélation, vapeur et ébouillantage), des mouche et pupes avec la méthode de soxhlet, on a traduit ces derniers en colonnes ci-dessous

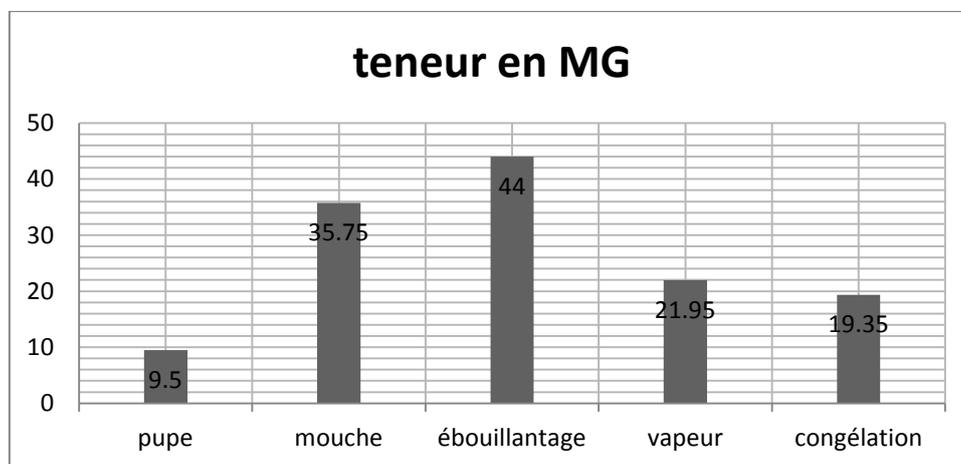


Figure 6: teneur en matière grasse (larves, mouches, pupes)

La teneur en lipide (matière grasse) dans l'échantillon de larves abattues par ébouillantage s'élève à 44 %, ce qui représente une proportion considérablement plus élevée que celle observée dans les mouches et les pupes, respectivement de 35,75 % et 9,5 % et des autres larves congelées et vaporiser (19.35% et 21.95%) respectivement.

Les résultats obtenus par (Baudin et Victoire ,2021) montre que la teneur en matière grasse (lipide) des larves est de l'ordre de 10.9%, 8.9% et 13.8% respectivement pour les larves abattues par ébouillantage (immersion dans de l'eau), vapeur et congélation, ces résultats sont beaucoup plus inférieurs à ceux de notre étude.

D'après les résultats trouvés par (Mammar et Makboul, 2022), la teneur en MG% des larves, mouche et pupes, représentent (1.715%, 0.5.3% et 0.5, Nos résultats montrent des valeurs inférieures à ceux-ci

D'après (Gutiérrez, Ruiz et Vélez, 2023), la teneur en lipide de la farine de larves varie entre 18% à 23%.

Les variations dans les teneurs en lipides des larves d'une étude à l'autre sont attribuables aux types d'aliments utilisés pour les nourrir. Par exemple, les larves nourries avec du fumier de porc présentent une teneur en lipides de 28 %, tandis que celles nourries avec du fumier de bovins affichent un taux de 35 %. Les larves alimentées avec des déchets alimentaires riches en huile montrent des teneurs en lipides allant de 42 à 49 %, tandis que celles nourries avec des déchets de noix de coco présentent un taux de 57,9 %.

En comparant nos résultats sur la teneur en lipides des larves des MSN avec les résultats du travail de (**Benyamina, 2017**) sur la viande de dinde et du poulet (d'autres sources de protéines utilisés pour l'alimentation animale), on constate que la teneur en lipides présente dans les escalopes de dinde et du poulet est de 1.27 % et 1.40% respectivement. Et celle du pilon de dinde et du poulet est respectivement 2.87% et 3.03%, ces pourcentages sont beaucoup plus faible par rapport à nos résultats.

Dans l'ensemble, la viande et la volaille fournissent la viande la moins grasse et la moins énergétique par rapport aux larves des mouches soldats noirs.

IV.2.4 Teneur en protéines (KJELDAHL)

Les résultats de la teneur en protéines des 3 échantillons de larve, mouche et des croquettes sont illustrés dans la figure 04.

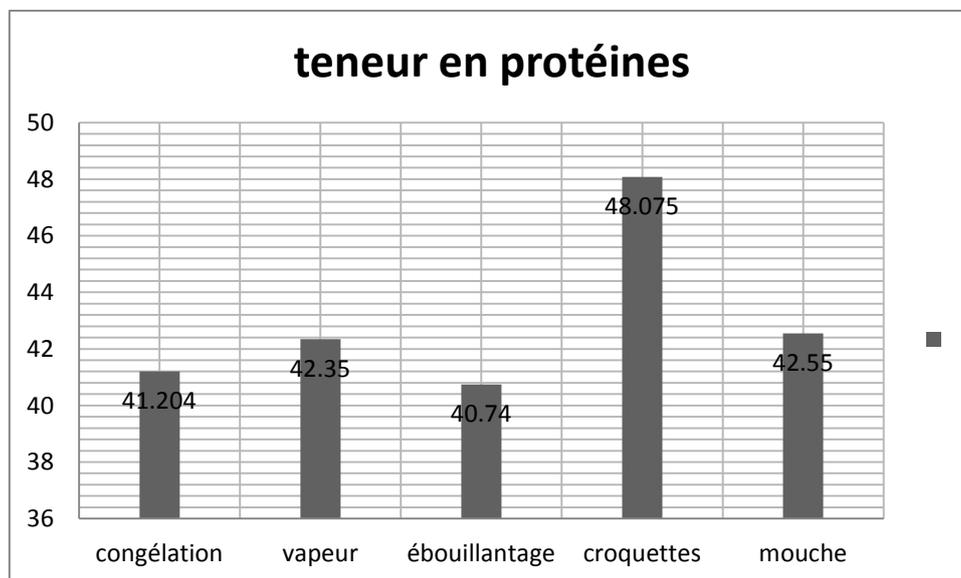


Figure 7: teneur en protéines (larves, mouches et croquettes)

Les échantillons larvaires présentent une teneur de protéines considérablement élevée (supérieure à 30%), qui en comparant avec les résultats obtenus par (**Baudin et Victoire, 2021**), à partir des larves (congélation, vapeur et ébouillantage) avec 18.6%, 21% et 22.5%

respectivement, et en prenant en considération les teneur en protéines obtenue par (**Mammar et Makboul, 2022**) des larves (utilisé pour l'alimentation des volaille) est de 39.513%, restents inférieurs a nos résultats.

La teneur en protéine trouvé dans la farine de larves des MSN par (**Gutiérrez, Ruiz et Vélez, 2023**) est élevé et varie entre 36% jusqu'a 39%.

D'après le travail élaboré par (**Mammar et Makboul, 2022**), la teneur en protéines des mouches est de 35.853% qu'on considère proche de nos résultats (42.55%).

On compare des résultats d'autres sources de protéines avec celles de nos larves, selon (**Benyamina, 2017**), le pourcentage des protéines trouvé dans l'escalope de dinde et du poulet est de 19.18% et 16.03% respectivement, considéré très élevé par rapport aux pilons de dinde et du poulet avec 16.62% et 15.32% respectivement, donc elles sont inférieurs à nos larves.

Nos résultats montrent que les larves des MSN, sont extrêmement plus efficaces pour répondre aux besoins des chats et des chiens en matière de nutrition.

La teneur en protéines des croquettes est remarquablement plus élevée (48.075%), Cependant, il est intéressant de noter une légère divergence entre les valeurs mesurées expérimentalement et les informations fournies sur les étiquettes nutritionnelles des emballages des croquettes industrielles, en comparant nos résultats avec la composition des croquettes (**Lindo**) à base de bœuf et de poulet, pour chien et chat, qui contient une teneur de 30%. donc nos croquettes sont respectivement plus riche en protéines.

la teneur en protéines présente dans les croquettes pour chat à base de volaille de marque (**kalina**) est de 34%, elle est proche de nos résultats, mais qui reste toujours inférieur. 37% est le pourcentage des protéines trouvé dans des croquettes pour chiens toujours de la même marque à base de volaille.

Utilisation du poisson (saumon et hareng) dans les croquettes pour chiens, comme dans la marque (**sam's field**), assure une teneur en protéines de 30%, elle représente une teneur élevé en protéine, ce qui est bénéfique pour les chiens.

Pour les chats, les croquettes de marque sam's field à base de poisson (poisson blanc et saumon) la teneur en protéines est de 35%.

Nos croquettes sont beaucoup plus riche en protéines brute, pour la simple et bonne raison qu'on à utilisés des larves des MSN (45% des protéines).

IV.2.5 Teneur en protéines (Bradford)

Les concentrations en protéines soluble sont calculer à l'aide de l'équation de la courbe d'étalonnage BSA qui s'écrit comme suite : $y=0.608x-0.015$

Les résultats des concentrations des protéines soluble sont exprimés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5: Pourcentage des protéines des larves, mouches et pupe

	vapeur	congélation	ébullition	mouche	pupe
Concentration	2,9±0.160	12.430±0.011	8,88±0.018	8,52±0.218	1,36±0.105

D'après nos résultats exprimés dans le tableau 02, le pourcentage des protéines trouvé dans les larves des MSN abattue avec congélation (12,43%) est la plus élevée par rapport à celle de vapeur et ébullition (2,9%, 8,88%) respectivement.

En outre, les concentrations en protéines des mouches et pupes sont de 8,52% et 1,36% respectivement.

En comparant nos résultats avec ceux trouvés par (Gutiérrez, Ruiz et Vélez, 2023), on remarque que la farine de larves utilisée pour leurs études à une concentration plus élevée en protéines ($81,577 \pm 1,24$). cela peut s'expliquer par la différence de la méthode utilisée.

IV.2.6 Ingestion alimentaire

L'ingestion alimentaire du chat et chien est calculée et représentée dans la figure 05 et 06

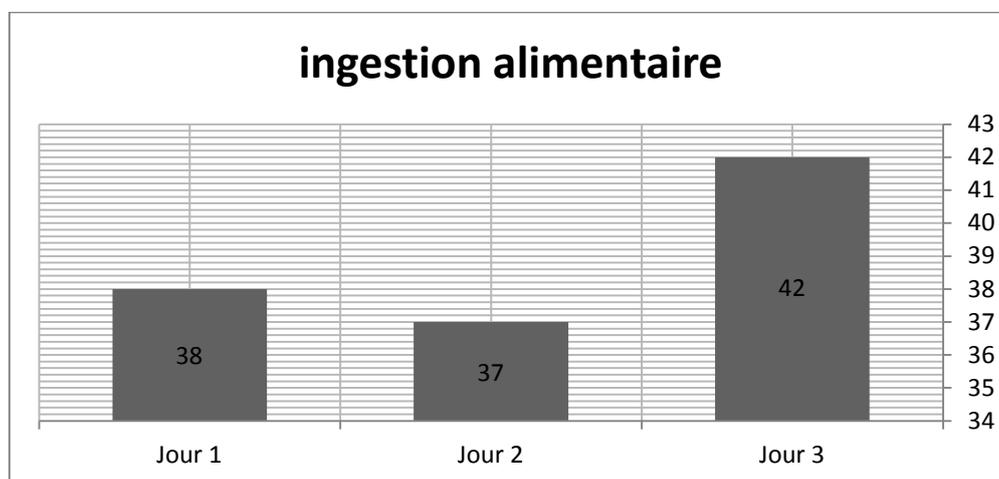


Figure 8: l'ingestion alimentaire du chat

L'ingestion alimentaire du chien est représentée dans la figure 06

D'après les résultats obtenus, on remarque qu'il y a un changement d'ingestion alimentaire observé chez le chat consommant les croquettes avec des larves de MSN, l'ingestion alimentaire est presque la même durant toute la période (3 jours). durant les 3 jours

il ya une augmentation remarquable d'ingestion alimentaire (38%, 37%, 47%). Au deuxième jour on observe une légère diminution de l'ingestion.

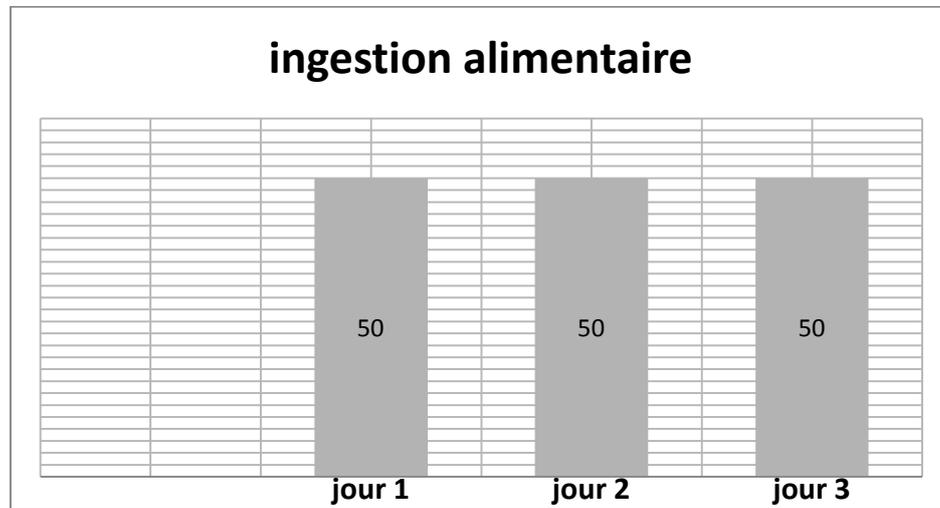


Figure 9: ingestion alimentaire du chien

D'après les résultats obtenus, on remarque que Il ya aucun changement d'ingestion alimentaire observé chez le chien consommant les croquettes avec des larves de MSN, l'ingestion alimentaire est la même durant toute la période (3 jours) .durant les 3 jours il ya une stabilité remarquable d'ingestion alimentaire (50%)

CONCLUSIÓN

Conclusion générale

À l'issue de cette étude, nous avons tiré certaines conclusions concernant les caractéristiques des larves de mouches soldat noires provenant de la région de Blida. Une analyse approfondie de la composition des larves, des mouches et des pupes nous a permis d'observer des distinctions très marquées entre les trois groupes. On a constaté que les larves ont une faible teneur en matière sèche par rapport aux autres lots. Une teneur en matière grasse très élevée dans le cas des larves abattu par la méthode d'ébouillantage. Les mouche des MSN ont une teneur en protéines beaucoup plus élevée par rapport aux larves, mais une concentration en protéine supérieures à celles des autres échantillons, en ce qui concerne nos croquettes, on a remarqué une teneur en eau très faible, et une teneur en protéines très élevée, ce qui prouve que notre projet est réussi.

A la fin on conclue que l'incorporation de larves des MSN dans la préparation des croquettes pour chiens et chats ne présente aucun effet négatif sur la santé de l'animal, au contraire ça représente une source très importante de protéine pour ce dernier.

Ainsi, les résultats des tests réalisés sur nos larves et les croquettes, ainsi que ceux de l'ingestion alimentaire, sont prometteurs. Cependant, leur validation pourrait être renforcée par la répétition des expériences dans des conditions similaires, bien que conduites avec une approche différente.

- Faire nourrir nos larves avec des déchets alimentaires riches.
- Améliorer la qualité organoleptique de nos croquettes (gout, couleur, texture)
- Humidifier nos croquette un peu plus pour aider l'animal à les digérer.

Liste de références

1. Aniebo, A., Wekhe, S., Erondu, E., Owen, O., Ngodigha, E. & NO, I. (2008a). Sustainable commercial maggot production (maggotry) for animal & aquafeeds in rivers state, South South Nigeria. *Int. J. Biotechnol. Biochem.* 4, 197–205.
2. Arango Gutiérrez, G. P., Vergara Ruiz, R. A., & Mejía Vélez, H. (2004). *Compositional*,
3. Barragan-Fonseca, K., Pineda-Mejia, J., Dicke, M., & van Loon, J. J. (2018a). Performance of the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) on Vegetable Residue-Based Diets Formulated Based on Protein and Carbohydrate Contents. *Journal of economic entomology*.
4. Barragan-Fonseca, Karol B., Dicke, M., & van Loon, J. J. (2018b). Influence of larval density and
5. Barroso, F.G., Sánchez-Muros, M.-J., Segura, M., Morote, E., Torres, A., Ramos, R. & Guil, J.-L. (2017). Insects as food: Enrichment of larvae of *Hermetia illucens* with omega 3 fatty acids by means of dietary modifications. *J. Food Compos. Anal.* 62, 8–13.
6. Bondari, K. & Sheppard, D.C. (1987). Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). *Aquac. Res.* 18, 209–220.
7. Bosch., G, et al., (2019), « Conversion of organic resources by black soldier fly larvae: Legislation, efficiency and environmental impact », *Journal of Cleaner Production*, 222, 355-363
8. Bracher,A .2019 ,Les insectes comme alternative aux proteines importées .360-371,consulté [surhttps://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/pdf_archive/2019_10_f_2500.pdf](https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/pdf_archive/2019_10_f_2500.pdf)
9. Brah, N., Issa, S. & Houndonougbo, F.M. (2017). Effect of grasshopper meal on laying hens' performance and eggs quality characteristics. *Indian J. Anim. Sci.* 87, 1005–1010.
10. Carvalho, M. J. A., & Mirth, C. K. (2017). Food intake and food choice are altered by the developmental transition at critical weight in *Drosophila melanogaster*. *Animal Behaviour*, 126, 195–208.
11. Carvalho, M. J. A., & Mirth, C. K. (2017). Food intake and food choice are altered by the developmental transition at critical weight in *Drosophila melanogaster*. *Animal Behaviour*, 126, 195–208

12. Cheng, J. Y., Chiu, S. L., & Lo, I. M. (2017). Effects of moisture content of food waste on residue separation, larval growth and larval survival in black soldier fly bioconversion. *Waste Management*, 67, 315-323.
13. Čičková, H., et al., (2015). « The use of fly larvae for organic waste treatment. », *Waste Management*, 35, 68–80
14. CORSON, M., et DOREAU, M. 2013. Évaluation de l'utilisation de l'eau en élevage. *INRAE Productions Animales*, 26(3), 239–248. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2013.26.3.3152>.
15. DANIELS, S., Simkiss, K. & Smith, R.H. (1991). A simple larval diet for population studies on the blowfly *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae). *Med. Vet. Entomol.* 5, 283–292.
16. De Smet, J., Wynants, E., Cos, P., & Van Campenhout, L. (2018). Microbial community dynamics during rearing of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) and impact on exploitation potential. *Appl. Environ. Microbiol.*, 84(9), e02722–17.
17. Devic, E., Leschen, W., Murray, F. & Little, D.C. (2018). Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. *Aquac. Nutr.* 24, 416–423
18. Diener, S. et al., (2009), « Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates », *Waste Management and Research*, 27, 603- 610
19. Diener, S., et al., (2011), « Black soldier fly larvae for organic waste treatment—prospects and constraints. » Paper presented at the WasteSafe 2011, 2nd International Conference on Solid Waste Management in Developing Countries, Khulna, Bangladesh, 13–15
20. dietary nutrient concentration on performance, body protein, and fat contents of black
21. Dobermann, D., Swift, J.A., & Field, L.M., 2017. Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. In *Nutrition Bulletin*, 42, pp. 293–308
22. Dortmans, B., et al., (2017), « Black soldier fly biowaste processing: a Step-by-Step Guide », Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Dübendorf, Switzerland.
23. Dortmans, B., et al., (2017), « Black soldier fly biowaste processing: a Step-by-Step Guide », Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Dübendorf, Switzerland.

24. El Boushy, A.R. (1991). *House-fly pupae as poultry manure converters for animal feed: a review*. *Bioresour. Technol.* 38, 45–49.
25. FAO, 2013a. *Edible insects - future prospects for food and feed security*. FAO Forestry Paper n° 171, van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir & Vantom, P., (Eds.), FAO Forestry Department & Wageningen University (2013). 187 p
26. FAO, Comité de la sécurité alimentaire mondiale. 2008. *Evaluation de la sécurité mondiale en matière de sécurité alimentaire et de nutrition*. <https://www.fao.org/3/k3175f/k3175f.pdf>
27. Furman et al., (1959), « *Hermetia illucens* (Linnaeus) as a factor in the natural control of *Musca domestica* Linnaeus », *Journal of Economic Entomology*, 52, 917- 921
28. Gobbi, P., Martinez-Sanchez, A., & Rojo, S. (2013). *The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *European Journal of Entomology*, 110(3), 461.
29. Gold, M., et al., (2018), « *Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review* », *Waste Management*, 82, 302-3018
30. Jucker, Costanza, Erba, D., Leonardi, M. G., Lupi, D., & Savoldelli, S. (2017). *Assessment of Vegetable and Fruit Substrates as Potential Rearing Media for Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larvae. *Environmental entomology*, 46(6), 1415–1423.
31. Kalova, M., et al. (2013), « *Voracious larvae Hermetia illucens and treatment of selected types of biodegradable waste* », *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, LXI, 1, 77–83
32. Kenis, M., Koné, N., Chrysostome, C.A.A.M., Devic, E., Koko, G.K.D., Clottey, V.A., Nacambo, S. & Mensah, G.A. (2014). *Insects used for animal feed in West Africa*. *Entomologia*
33. L.(Diptera: Stratiomyidae) at Angelópolis-Antioquia, Colombia. *Revista Facultad*
34. Li, Q., Zheng, L., Cai, H., Garza, E., Yu, Z. and Zhou, S., 2011a. *From organic waste to biodiesel: black soldier fly, Hermetia illucens, makes it feasible*. *Fuel* 90: 1545-1548.
35. Ma, J., Lei, Y., Rehman, K. ur, Yu, Z., Zhang, J., Li, W., Li, Q., Tomberlin, J. K., & Zheng, L. (2018). *Dynamic Effects of Initial pH of Substrate on Biological Growth and*

Metamorphosis of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae). Environmental entomology, 47(1), 159–165.

36. Ma, J., Lei, Y., Rehman, K. ur, Yu, Z., Zhang, J., Li, W., Li, Q., Tomberlin, J. K., & Zheng, L. (2018). *Dynamic Effects of Initial pH of Substrate on Biological Growth and Metamorphosis of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae). Environmental entomology, 47(1), 159–165.*

37. Makkar, H.P., Tran, G., Heuzé, V. & Ankers, P. (2014). *State-of-the-art on use of insects as animal feed. Anim. Feed Sci. Technol. 197, 1–33*

38. McCallan, E., (1974), « *Hermetia illucens (L.) (Diptera: Stratiomyidae), a cosmopolitan American species long established in Australia and New Zealand* », *Entomologists's Monthly Magazine* », 109, 232- 234

39. Meneguz, M., et al., (2018), « *Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (Hermetia illucens) larvae* », *Journal in Scientific Food Agriculture*, 98, 5776-5784

40. Mertenat, A., et al., (2019), « *Black Soldier Fly biowaste treatment e Assessment of global warming potential* », *Waste Management*, 84, 173-181

41. *microbiological and protein digestibility analysis of the larva meal of Hermetia illucens*

42. Mihályi, F. (1965). *Rearing flies from faeces and meat, infected under natural condition. Acta Zool. Hung. 11.*

43. *Nacional de Agronomía Medellín, 57(2), 2491–2500*

44. Nakamura, S., Ichiki, R.T., Shimoda, M. & Morioka, S. (2016). *Small-scale rearing of the black soldier fly, Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae), in the laboratory: low-cost and year-round rearing. Appl. Entomol. Zool. 51, 161–166.*

45. Newby, R. (1997). *Use of soldier fly larvae in organic waste management. Proceedings of the « Compost 97 » conference, 14–15*

46. Newby, R. (1997). *Use of soldier fly larvae in organic waste management. Proceedings of the « Compost 97 » conference, 14–15.*

47. Newton, G.L., et al., (2005), « *The black soldier fly, Hermetia illucens, as a manure management/resource recovery tool* », *Symposium State Science Animal, Manure Waste Manage, 5–7, San Antonio, Texas, USA, p5*

48. Newton, L., Sheppard, C., Watson, D.W., Burtle, G. & Dove, R. (2005). *Using the black soldier fly, Hermetia illucens, as a value-added tool for the management of swine manure. Anim. Poult. Waste Manag. Cent. N. C. State Univ. Raleigh NC.*

49. Nguyen, T. T. X., et al., (2013), « Influence of resources on *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larval development. », *Journal of Medical Entomology*, 50, 898–906
50. Nguyen, T. T. X., et al., (2015), « Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. », *Environmental Entomology*, 44, 406-410
51. Nguyen, T. T., Toberlin, J. K., & Vanlaerhoven, S. (2013). Influence of Resources on *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larval Development. *Journal of Medical Entomology.*, 50(4), p.898-906.
52. Oonincx, D. G., Van Broekhoven, S., Van Huis, A., & van Loon, J. J. (2015a). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS One*, 10(12), e0144601.
53. Oonincx, D. G., Van Broekhoven, S., Van Huis, A., & van Loon, J. J. (2015a). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS One*, 10(12), e0144601.
54. Oonincx, D. G., Van Broekhoven, S., Van Huis, A., & van Loon, J. J. (2015a). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS One*, 10(12), e0144601.
55. Parra Paz, A. S., et al., (2015), « Effects of Larval Density and Feeding Rates on the Bioconversion of Vegetable Waste Using Black Soldier Fly Larvae *Hermetia illucens* (L.), (Diptera: Stratiomyidae) », *Waste and Biomass Valorization*, 6, 1059-1065
56. Pieterse, E., & Pretorius, Q. (2014). Nutritional evaluation of dried larvae and pupae meal of the housefly (*Musca domestica*) using chemical-and broiler-based biological assays. *Animal Production Science*, 54(3), 347–355.
57. Rachmawati, R., Buchori, D., Hidayat, P., Hem, S. and Fahmi, M.R. (2010) Perkembangan dan Kandungan Nutrisi Larva *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) pada Bungkil Kelapa Sawit. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 7, 28-41.
58. Ramos-Elorduy, J. (2009) Anthro-po-Entomophagy: Cultures, Evolution and Sustainability. *Entomological Research*, 39, 271-288.
59. Rivers, D. B., & Dahlem, G. A. (2014). *The science of forensic entomology*. John Wiley & Sons
60. Salomone, R. (2017), « Environmental impact of food waste bioconversion by insects: Application of Life Cycle Assessment to process using *Hermetia illucens* », *Journal of Cleaner Production*, 170, 890-905
61. Sarpong, D., et al., (2019), « Biodegradation by composting of municipal organic solid waste into organic fertilizer using the black soldier fly (*Hermetia illucens*)

(Diptera: Stratiomyidae) larvae », *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8, 45-54

62. Sheppard et. al., (2002), « Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in a colony », *Journal of medical Entomology*, 39, 695- 69

63. Sheppard, D.C. et. al., (1994), « A value added manure management system using the black soldier fly. », *Biosource Technology*, 50, 275- 279

64. Sherman, R.A. & TRAN, J.M.-T. (1995). A simple, sterile food source for rearing the larvae of *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae). *Med. Vet. Entomol.* 9, 393–398.

65. Smetana, S., et al., (2019), « Sustainable use of *Hermetia illucens* insect biomass for feed and food: Attributional and consequential life cycle assessment. », *Ressources, Conservation & Recycling*, 144, 285-296

66. soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*.

67. Spranghers, T, et al. (2016), « Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrate », *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, 2594-2600

68. Ssepuyya, G., Namulawa, V., Mbabazi, D., Mugerwa, S., Fuuna, P., Nampijja, Z., Ekesi, S., Fiaboe, K.K.M. & Nakimbugwe, D. (2017). Use of insects for fish and poultry compound feed in subSaharan Africa – a systematic review. *J. Insects Food Feed* 3, 289–302.

69. St-Hilaire, S., Cranfill, K., McGuire, M.A., Mosley, E.E., Tomberlin, J.K., Newton, L., Sealey, W., Sheppard, C. & Irving, S. (2007). Fish offal recycling by the black soldier fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. *J. World Aquac. Soc.* 38, 309–313.

70. St-Hilaire, S., Sheppard, C., Tomberlin, J. K., Irving, S., Newton, L., McGuire, M. A., Mosley, E. E., Hardy, R. W., & Sealey, W. (2007). Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(1), 59–67.

71. Tomberlin, J. K., Adler, P. H. and Myers, H. M. (2009) 'Development of the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) in Relation to Temperature: Table 1.', *Environmental Entomology*, 38(3), pp. 930–934. doi: 10.1603/022.038.0347.

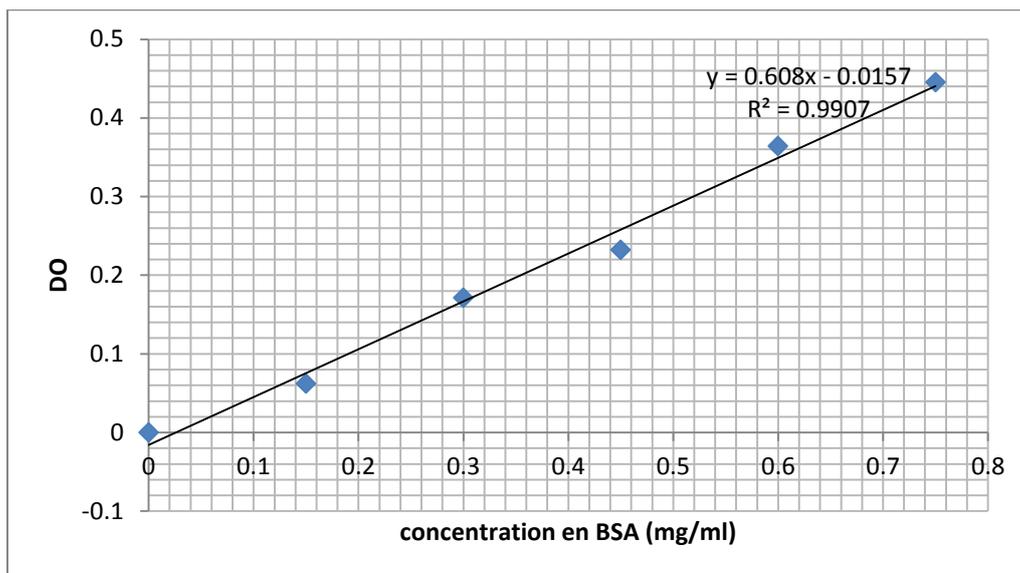
72. Tomberlin, J.K. et. al., (2002), « Selected life- history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets », *Annals of the Entomological Society of America*, 95, 379- 386.

73. Van Huis, A., Van Gurp, H. et Dicke, M., 2014. *Le livre de cuisine sur les insectes—la nourriture pour une planète durable*. Columbia University Press, , New York, États-Unis.
74. Van huis,A.2016,Les insectes comestibles sont l'avenir,13 pages,consulté sur [file:///C:/Users/PC/Downloads/vanHuis2016edibleinsectsarethefuture%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PC/Downloads/vanHuis2016edibleinsectsarethefuture%20(1).pdf)
75. Veldkamp, T. & Bosch, G. (2015). *Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets*. *Anim. Front.* 5, 45–50.
76. Verbeke, W., Spranghers, T., De Clercq, P., De Smet, S., Sas, B. & Eeckhout, M. (2015). *Insectes dans l'alimentation animale : acceptation et ses déterminants chez les éleveurs, secteur agricole parties prenantes et citoyens*. 204, 72–87
77. Verbeke, W., Spranghers, T., De Clercq, P., De Smet, S., Sas, B. & Eeckhout, M. (2015). *Insects in animal feed: Acceptance and its determinants among farmers, agriculture sector stakeholders and citizens*. *Anim. Feed Sci. Technol.* 204, 72–87.
78. Wang, D., Zhai, S.-W., Zhang, C.-X., Zhang, Q. & Chen, H. (2007). *Nutrition value of the Chinese grasshopper *Acrida cinerea* (Thunberg) for broilers*. *Anim. Feed Sci. Technol.* 135, 66–74.
79. Zhang, B., Numata, H., Mitsui, H. & Goto, S.G. (2009). *A simple, heat-sterilizable artificial diet excluding animal-derived ingredients for adult blowfly, *Lucilia sericata**. *Med. Vet. Entomol.* 23, 443–447.
80. Zuidhof, M.J., Molnar, C.L., Morley, F.M., Wray, T.L., Robinson, F.E., Khan, B.A., Al-Ani, L. & Goonewardene, L.A. (2003). *Nutritive value of house fly (*Musca domestica*) larvae as a feed supplement for turkey poults*. *Anim. Feed Sci. Technol.* 105, 225–230.
81. Zurbrügg, C., et al., (2018), « *From pilot to full scale operation of a waste-to-protein treatment facility* », *Detritus*, 1, 18-22

Annexe I

Tableau: courbe d'étalonnage des protéines par la méthode de BRADFORD

concentration	0	0.15	0.3	0.45	0.6	0.75
DO	0	0.062	0.171	0.232	0.364	0.445



Courbe d'étalonnage des protéines

Annexe II : Matériels utilisés

➤ Bécher



➤ *Agitateur*



➤ *Balance*



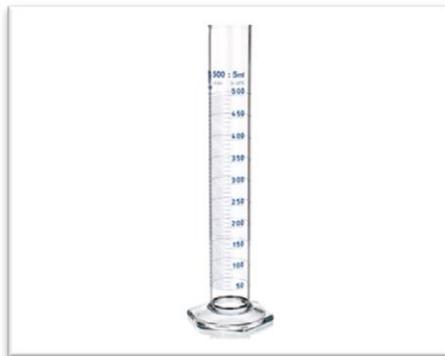
➤ *Dessicateur*



➤ *Entonnoir*



➤ *Éprouvette graduée*



➤ *Étuve*



➤ *Mortier*



➤ *pH mètre*



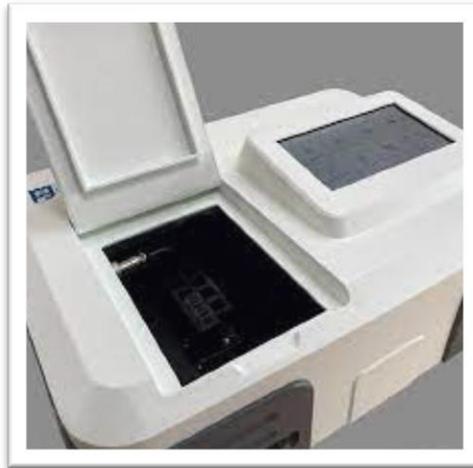
➤ *micropipette*



➤ *plaque chauffante*



➤ *spectrophotomètre*



➤ *tubes à essais*



➤ *verre de montre*



Résumé

Le mémoire aborde le sujet de l'élevage d'insecte, en mettant l'accent sur les larves de mouche soldat noire, comme une opportunité de résoudre le problème de production de protéines.

Pour cela, l'objectif de notre travail est d'explorer les avantages de cet insecte, en particulier l'utiliser pour l'élaboration d'un aliment pour les animaux de compagnie (chien et chat).

Les résultats montrent la richesse des larves en protéines (supérieur à 30%), par rapport à la mouche et la pupa, et également une teneur en lipides considérablement élevée (40%).

En résumé, les résultats obtenus indiquent que les échantillons de larves de mouche soldat noire et de mouches adultes étudiés dans cette recherche présentent des propriétés protéiques favorables pour l'alimentation des chiens et des chats. Cependant, des études complémentaires sont nécessaires pour approfondir l'évaluation de leur utilisation potentielle dans les aliments pour animaux de compagnie, en prenant en compte d'autres aspects nutritionnels et de sécurité.

Mots clés : Mouches Soldat noires, Protéines, lipides, larve, coques, pupes.

Abstract

The thesis addresses the subject of insect rearing, with an emphasis on black soldier fly larvae, as an opportunity to solve the problem of protein production.

For this, the objective of our work is to explore the advantages of this insect, in particular to use it for the development of food for pets (dog and cat).

The results show the richness of the larvae in protein (greater than 30%), compared to the fly and the pupa, and also a considerably high lipid content (40%).

In summary, the results obtained indicate that the samples of black soldier fly larvae and adult flies studied in this research exhibit favorable protein property for feeding dogs and cats. However, further studies are needed to further assess their potential use in pet food, taking into account other nutritional and safety aspects.

Keywords: Black soldier flies, proteins, lipids, larvae, shells, pupae.

ملخص:

يتناول مشروعنا موضوع تربية الحشرات ، مع التركيز على يرقات ذبابة الجندي الأسود ، كفرصة لحل مشكلة إنتاج البروتين لهذا ، فإن الهدف من عملنا هو استكشاف مزايا هذه الحشرة ، ولا سيما لاستخدامها في تطوير غذاء للحيوانات الأليفة (الكلاب والقطط) أظهرت النتائج غنى اليرقات بالبروتين (أكثر من 30٪) ، مقارنة بالذبابة والقشرة ، وكذلك نسبة عالية من الدهون (40٪)

باختصار ، تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن عينات يرقات ذبابة الجندي الأسود والذباب البالغ التي تمت دراستها في هذا البحث تظهر خصائص بروتينية مواتية لتغذية الكلاب والقطط. ومع ذلك ، هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات لتقييم استخدامها المحتمل في أغذية الحيوانات الأليفة ، مع مراعاة جوانب التغذية والسلامة الأخرى.

الكلمات المفتاحية: ذباب الجندي الأسود ، البروتينات ، الدهون ، اليرقات ، الأصداف ، القشرة