

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Université Abdelhamid Ibn
Badis –Mostaganem

Faculté de Sciences de la
nature Et de La vie



جامعة عبد الحميد ابن باديس

مستغانم

كلية العلوم علوم الطبيعة والحياة

Département des Sciences Agronomiques

Mémoire De Fin D'études

Présenté Par :

OULD ABBES Tata Imene

BENMEHAL Afaf

Pour l'obtention du diplôme de

Master en Sciences Agronomique

Spécialité : production végétale

Thème

L'effet du compost de l'insecte *Hermetia Illucens* (Diptera Stratiomyidae) dans la culture de poivron

Soutenue publiquement le 09/10/2023

Devant le jury

Président Mr BENABDELMOUMENE Djilali MCA U.Mostaganem

Examineur Mr ARBAOUI Mohamed MCA U.Mostaganem

Encadreur Mr GHELAMALLAH Amine MCA U.Mostaganem

Co encadreur M. MUSTAPHA Kamel Fodil Doctorant U. Mostaganem

Année universitaire : 2022/2023

Dédicace

Je dédie ce projet :

A mon cher PÈRE

A ma chère MÈRE

Qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mes chers frères, Hichem & Hakim,

A mes chères belles-sœurs Amina & Samantha,

Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études

A mes nièces d'amour Lyna & kamelia,

Que je leur souhaite la réussite dans la vie

A tous mes oncles et tantes,

Pour leur encouragement, que dieu leur donne une longue vie

A tous mes cousins,

Qui ont été toujours là pour moi

A mes amis sans oublier mon binôme

Pour leur soutien et encouragement

A tous les professeurs,

Que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur

Imene

JE DÉDIE CE MÉMOIRE

A mes chers parents,

Pour leur soutien et leurs prières et leurs encouragements

A ma deuxième mère,

Qui m'a accompagné tout au long de parcours universitaires

A mes sœurs et mes frères,

A tous ceux qui m'ont soutenue dans mon parcours
universitaire

A tous les professeurs,

Que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de
l'enseignement supérieur

Afaf

Remerciement

C'est avec un réel plaisir que nous réservons ces lignes en signe de gratitude et de profonde reconnaissance à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation et à l'aboutissement de ce travail et toutes les personnes qui sont présentes autour de nous en ce moment

Nous tenons à exprimer d'abord tout nous sincère remerciement et notre grand respect à

Mr GHELAMALLAH. Amine

Pour nous avoir encadré, orienté pour toute sa Patience et ses précieux conseils qu'il nous a donnés

Mes sincères remerciements s'adressent également à **Mr MUSTAPHA Kamel fodil** notre sous-encadrant, pour son accompagnement constant, ses conseils avisés et sa patience qui ont grandement contribué à la réalisation de ce travail

On tient à exprimer notre sincère gratitude à **Mr BENABDELMOUMENE Djilali** de nous avoir accueilli au sein de son laboratoire et pour toute l'aide précieuse qu'il nous apportée tout au long de ce processus et pour avoir présidé notre mémoire.

On tient à adresser nos sincères remerciements à **Mr ARBAOUI Mohamed** membre du jury, pour son évaluation rigoureuse, ses retours précieux et l'expertise qu'il a apportée à ce mémoire.

Enfin, on tient à remercier l'ensemble des enseignants du département des sciences agronomiques qui ont participé à notre formation.

Liste des abréviations

BSF: Black Soldat Fly

CDPQ: Caisse de dépôt et placement du Québec

Ced : conductivité électrique de l'extrait dilué du sol

CNRS: Centre national de la recherche scientifique

CTEM: continuous threat Exposure Management

DSA: direction des services agricoles

DSISP : direction des systèmes d'information des statistiques et du prospective

FAO : organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

IPTC: international Press Télécommunications Council

MADR: Ministère de l'agriculture et du développement rural

MSN: Mouche soldat noire

NPK: Azote, Phosphore, Potassium

ONU: Organisation des nations unies

Qx : quintaux

UNIFA: Université fondation Aristide

Liste des figures

FIGURE 1 : PRODUCTION DU POIVRON DANS LA REGION DE MOSTAGANEM 2016-2022 (DSA2023).	4
FIGURE 3 : FEUILLE DE POIVRON (ORIGINALE, 2023)	6
FIGURE 4 : FLEUR DU POIVRON (ORIGINALE, 2023)	6
FIGURE 5 : FRUIT (APEI, 2021)	7
FIGURE 6 : STADES DE DEVELOPPEMENT DU POIVRON (IPTC, 2018).....	8
FIGURE7: CALENDRIER DU PROGRAMME DE FERTILISATION DU POIVRON (HTTPS://WWW.QUIMICASMERISTEM.COM/FR/WP-CONTENT/UPLOADS/PLAN-ABONADO-PIMIENTO-FR.PDF, S. D.)	10
FIGURE 8 : BULLETIN DE LA SOCIETE ENTOMOLOGIQUE DE FRANCE, PIERRE-OLIVIER MAQUART ET AL. (2020).....	21
FIGURE 9 : MORPHOLOGIE DE LA BSF HTTPS://I0.WP.COM/WWWW.QUELESTCETANIMAL.COM/WP-CONTENT/UPLOADS/2019/08/HERMETIA-ILLUCENS.JPG?SSL=1	23
FIGURE 10 : CYCLE DE VIE DE LA BSF, ILLUSTRATION TIREE ET ADAPTEE DE HTTP://UNIQUEBIOTECHNOLOGY.COM/	24
FIGURE 11 : DEGRADATION DE LA LARVE DE BSF DE DIFFERENTE ALIMENTATION GRACE A L'APPAREIL BUCCAL (DANIAL ET AL.,2020).	27
FIGURE 12 : VARIETES MAGISTER.....	28
FIGURE 13 : LARVES DE MOUCHE SOLDAT NOIRE	29
FIGURE 14 : ALIMANTATION DES LARVES MOUCHE SOLDAT NOIRE.....	29
FIGURE 15 : AUTO RECOLTE DES LARVES	30
FIGURE 16 : MESURE DU POIDS ET TAILLE DES LARVES	30
FIGURE 17 : PLANTATION DE POIVRON	33
FIGURE 18 : LA RECOLTE DU POIVRON.....	34

Liste des tableaux :

TABLEAU 1 : STATISTIQUE DE PRODUCTION ET SUPERFICIE DU POIVRON DANS LE MONDE (FAO, 2022).	3
TABLEAU 2 : STATISTIQUE DE PRODUCTION ET SUPERFICIE DU POIVRON DANS LA WILLAYA DE MOSTAGANEM (DSA, 2023)	4
TABLEAU 3: RAVAGEURS DE LA CULTURE DE POIVRON	12

TABLEAU 4: MALADIES FONGIQUES DE LA CULTURE DE POIVRON.....	13
TABLEAU 5: PRINCIPALES MALADIES BACTERIENNES DU POIVRON.....	14
TABLEAU 6 : PRINCIPALES MALADIES VIRALES DU POIVRON.....	14

Table de matière :

Remerciements

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Résumé

Introduction	1
1-Historique et Origine.....	2
2-Systematique.....	2
3-Importance économique.....	3
4/Variétés	5
5/Caractères Physiologiques et botaniques du poivron.....	5
7-Stade phenologiques	7
8. Exigences écologiques du poivron	8
9- Fertilisation.....	9
10-Conduite de la culture	10
11. Méthodes de semer en pépinière	11
11. La situation phytosanitaire des poivrons	12
1. Définition.....	15
2. Le rôle de fertilisation.....	15
3. La fertilisation organique :.....	15
4. La fertilisation minérale :.....	15
5-Difference entre fertilisation organique et minérale	16
6-Type et nature des engrais organiques	17
7- Le rôle des insectes sur la fertilisation	18
8. Les inconvénients d'utilisation des engrais minéraux	19

Historique et distribution	21
2. Description	21
3. Classification	22
4. Morphologie	22
5. Cycle de vie	23
7. Techniques d'élevage	25
8. Intérêt de la larve de bsf	25
9-Impacts de la mouche soldat noir sur les cultures	26
10-Impact écologique de la mouche soldat noire	27
1-Objectif de l'essai	28
2-Lieu de l'expérimentation	28
2/ Les Analyses	30
Expérimentation	33
Itinéraire Technique	33
Conclusion :	37
Références bibliographiques	38

Résumé :

L'utilisation excessive d'engrais minéraux, notamment ceux contenant de l'azote, peut entraîner de graves problèmes environnementaux, tels que la pollution de l'eau par l'eutrophisation et la dégradation de la couche d'ozone. Ces engrais peuvent également appauvrir le sol en le privant de matières organiques essentielles. Malgré ces défis, la fertilisation reste cruciale pour soutenir les rendements agricoles et répondre aux besoins nutritionnels des plantes

L'objectif de l'étude est l'utilisation de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*) pour la gestion des déchets ménagers et sa capacité à transformer ces déchets en un fertilisant potentiel pour les cultures.

Cette étude a démontré l'efficacité de la mouche soldat noire dans la dégradation des déchets ménagers et des aliments pour poussins. Notamment, les poivrons fertilisés avec les coquilles de cette mouche ont démontré une croissance supérieure par rapport à ceux plantés dans un terreau standard. Les analyses ont révélé une variation de la teneur en azote entre 0,585 et 19, une augmentation de la taille des tiges de 26,75 à 39,833, ainsi qu'une hausse du nombre de feuilles, oscillant entre 6,346 et 45,833.

Concernant la composition des poivrons, ceux nourris avec l'engrais dérivé des coquilles affichaient des teneurs remarquables : 7,8% pour la matière sèche, 0,467% pour la matière minérale et 0,357% pour les protéines.

Avant l'ajout du fertilisant, le sol présentait un pH de 7,8, une conductivité de 0,247, une teneur en carbonate de calcium de 16,56 et en phosphate de 291 (P2O5). Après fertilisation, on a constaté des changements significatifs dans les caractéristiques du sol : le pH oscillait entre 8,33 et 8,385, la conductivité atteignait 0,394 et il y avait une amélioration notable de la composition organique du sol.

Mots clés : Mouche soldat noire, fertilisation, engrais chimique, coquille, aliment de poussin, culture de poivron.

ملخص

استخدام الأسمدة المعدنية بشكل مفرط، وخصوصًا تلك التي تحتوي على النيتروجين، قد يؤدي إلى مشكلات بيئية خطيرة مثل تلوث المياه بظاهرة التغذية الزائدة وتدهور طبقة الأوزون. قد تؤدي هذه الأسمدة أيضًا إلى تفكير التربة من المواد العضوية الأساسية. بالرغم من هذه التحديات، فإن التسميد لا يزال أمرًا حاسمًا لدعم الإنتاج الزراعي وتلبية الاحتياجات الغذائية للنباتات.

الهدف من هذه الدراسة هو استخدام ذباب الجندي الأسود (*Hermetia illucens*) لإدارة النفايات المنزلية وقدرته على تحويل هذه النفايات إلى سماد محتمل للمحاصيل. أظهرت الدراسة فعالية ذباب الجندي الأسود في تحليل النفايات المنزلية وأغذية الفراخ. بالأخص، أظهر الفلفل الذي تم تسميده بفشرة هذا الذباب نموًا أفضل مقارنةً بالأشجار المزروعة في تربة عادية. وقد أظهرت التحاليل تباينًا في محتوى النيتروجين بين 0.585 و19، وزيادة في حجم الساق من 26.75 إلى 39.833، وكذلك زيادة في عدد الأوراق، تتراوح بين 6.346 و45.833. بالنسبة لتكوين الفلفل، أظهر الفلفل الذي تم تغذيته بالسماد المشتق من القشور نسبة ملحوظة: 7.8% للمادة الجافة، 0.467% للمادة المعدنية، و0.357% للبروتينات. قبل إضافة السماد كانت التربة تحتوي على درجة حموضة قدرها 7.8 وموصلية قدرها 0.247، ونسبة من كربونات الكالسيوم قدرها 16.56 وفي الفوسفات 291 (P2O5). بعد التسميد، تم ملاحظة تغييرات كبيرة في خصائص التربة: حيث كانت درجة الحموضة تتراوح بين 8.33 و8.385، وبلغت الموصلية 0.394 وكان هناك تحسن ملحوظ في التكوين العضوي للتربة.

الكلمات المفتاحية: ذباب الجندي الأسود، التسميد، السماد الكيميائي، القشرة، غذاء الفراخ، زراعة الفلفل

Abstract

Excessive use of mineral fertilizers, especially those containing nitrogen, can lead to severe environmental issues such as water pollution from eutrophication and degradation of the ozone layer. These fertilizers can also deplete the soil by depriving it of essential organic materials. Despite these challenges, fertilization remains crucial for supporting agricultural yields and meeting the nutritional needs of plants.

The aim of the study is to use the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) for household waste management and its ability to transform these wastes into potential fertilizer for crops. This study demonstrated the effectiveness of the Black Soldier Fly in degrading household waste and chick feed. Notably, peppers fertilized with the exoskeletons of this fly showed superior growth compared to those planted in standard potting soil. Analyses revealed a variation in nitrogen content between 0.585 and 19, an increase in stem size from 26.75 to 39.833, and an increase in the number of leaves, ranging between 6.346 and 45.833.

Regarding the composition of the peppers, those fed with fertilizer derived from the exoskeletons showed notable contents: 7.8% for dry matter, 0.467% for mineral matter, and 0.357% for proteins. Before the addition of the fertilizer, the soil had a pH of 7.8, a conductivity of 0.247, a calcium carbonate content of 16.56, and a phosphate content of 291 (P₂O₅). After fertilization, significant changes in soil characteristics were observed: the pH ranged between 8.33 and 8.385, conductivity reached 0.394, and there was a notable improvement in the organic composition of the soil.

Keywords: Black Soldier Fly, fertilization, chemical fertilizer, exoskeleton, chick feed, pepper cultivation

Introduction générale

Introduction

L'environnement agricole moderne est confrontée à plusieurs challenges notamment ceux écologiques et ceux liés aux bonnes pratiques culturales. Telle que la fertilisation (ABDELILAH et al.,2015).

La culture du poivron (*Capsicum annum* L.) appartient à la famille des Solanacées, n'est pas seulement un aliment nutritif. Bien qu'appartenant à la même espèce que le piment, il est le fruit de la sélection de variétés dites « douces » (Polese et Devaux, 2007). Sa culture, à l'instar de celle d'autres cultures, est fortement influencée par la fertilisation. Néanmoins, les préoccupations croissantes quant aux impacts négatifs des engrais synthétiques sur l'environnement, la santé des consommateurs, la durabilité de la fertilité des sols, sans oublier leur coût élevé, mettent en évidence le besoin urgent de solutions alternatives (Mouria et al, 2010).

Dans cette optique, la mouche soldat noire, *Hermetia illucens* (*Diptera, Stratiomyidae*) se distingue par sa capacité exceptionnelle à dégrader les déchets organiques (Gerard, 2016). De nombreux travaux ont démontré le potentiel des larves de cet insecte à transformer différents déchets en protéines (Cířková ~ et al. 2015; Kovářcik et al. 2014; Pastor et al. 2015). Plus encore, les résidus issus de cette bioconversion pourraient constituer une source d'engrais alternatifs prometteurs. La culture du poivron, traditionnellement dépendante des engrais chimiques, pourrait ainsi bénéficier d'options plus vertes. À cet égard, l'exploitation des déchets transformés par la mouche soldat noire semble être une alternative à la fois respectueuse de l'environnement et prometteuse (Diener et al. 2011)

Ce dernier est connu pour sa capacité à transformer les déchets organiques, ce qui en fait une voie prometteuse pour le développement de fertilisants alternatifs Ce mémoire s'intéresse à vise à répondre aux questions suivantes : Comment Peut-on produire des soldats noirs ? Les déchets issus de la transformation des mouches peuvent-ils être utilisés comme engrais pour les poivrons, mais quelle est leur efficacité ?

L'objectif de cette recherche est d'évaluer le potentiel des déchets décomposés par la mouche soldat noire comme source d'engrais pour le poivron et de comprendre les implications de cette méthode sur la croissance et la qualité de la plante.

CHAPITRE 1
CULTURE DE POIVRON

1-Historique et Origine

le poivron appartient au genre *Capsicum* , Le piment, *Capsicum annuum L* est l'espèce maraîchère la plus importante sur le plan économique et sa culture s'est développée en premier dans la zone centrale du Continent Sud-Américain qui correspond à la Bolivie actuelle, Le piment fut introduit en Europe à la fin du 15e siècle et au début du 16e siècle par les conquistadors, avec l'évolution des grandes voies commerciales entre les divers Continent, *Capsicum annuum* s'est diffusé dans le monde entier, de l'Afrique considérée comme le centre de diffusion à l'Océanie et à l'Asie, (ERARD, 2002). Le poivron a mis longtemps à s'imposer sur nos tables. Sa présence sur nos marchés n'est courante que depuis un quart de siècle grâce à l'influence de la cuisine nord-africaine. Son appellation courante "piment doux" vient du latin "pigmentum", élément de coloration. On le surnomme "Corail des jardins". (Collectif la nutrition, 2017).

2-Systematique

Le poivron (*Capsicum annuum.L*) est une plante vivace annuelle de la famille des solanacées, en climat tempéré. Il est disponible dans de nombreuses couleurs, notamment le vert, le rouge, le jaune, l'orange et le violet. Les poivrons verts sont récoltés avant maturité, tandis que les autres couleurs sont récoltées à pleine maturité. Ils sont souvent utilisés en cuisine pour leur saveur sucrée et leur texture croquante et leurs différentes couleurs, et sont couramment utilisés dans les salades, les ragoûts, les soupes et les plats sautés. (Pochard et al., 1992).

Classification de Cronquist (1981)

Règne Plantae

Division Magnoliophyta

Classe Magnoliopsida

Ordre Solanales

Famille Solanaceae

Genre Capsicum

Espèce Capsicum annuum

Classification APG III (2009)

Ordre Solanales

Famille Solanaceae

3-Importance économique

a/Dans le monde

Le poivron est un légume important sur le plan économique dans le monde entier, car il est largement cultivé et consommé dans de nombreuses régions. Selon les données de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la production mondiale de poivrons a atteint plus de 38 millions de tonnes en 2018 **(FAO 2019)**.

En termes de superficie de culture, la Chine est le plus grand producteur de poivrons au monde, avec une superficie cultivée de plus de 2,5 millions d'hectares en 2021. D'autres pays producteurs importants de poivrons incluent la Turquie, le Mexique, l'Espagne, les États-Unis et l'Inde. **(FAO, 2022)**.

<u>Année</u>	<u>Superficie (ha)</u>	<u>Production (tonnes)</u>
<u>2015</u>	<u>1890216</u>	<u>33404328</u>
<u>2016</u>	<u>1914895</u>	<u>33638288</u>
<u>2017</u>	<u>1951237</u>	<u>35238638</u>
<u>2018</u>	<u>2006119</u>	<u>35794709</u>
<u>2019</u>	<u>1960460</u>	<u>35494089</u>
<u>2020</u>	<u>2053550</u>	<u>35968504</u>
<u>2021</u>	<u>2055310</u>	<u>36286643</u>

Tableau 1 : statistique de production et superficie du poivron dans le monde (FAO, 2022).

B/En Algérie

En Algérie, le poivron est également un légume important sur le plan économique, car il est cultivé dans de nombreuses régions du pays. Selon le ministère de l'Agriculture et du Développement rural, la superficie totale cultivée en poivrons en Algérie était d'environ 16 800 hectares en 2020. La production nationale de poivrons en 2020 était de plus de 82 000 tonnes. Et d'un rendement 322,4 Qx/ha (2019) selon Direction des Systèmes d'Information, des Statistiques et de la Prospective **(DSISP ,2019)**.

C/ Dans la willaya de Mostaganem

La production du poivron dans la région de Mostaganem est développera chaque année plus selon les statistiques de DSA de la willaya de Mostaganem.

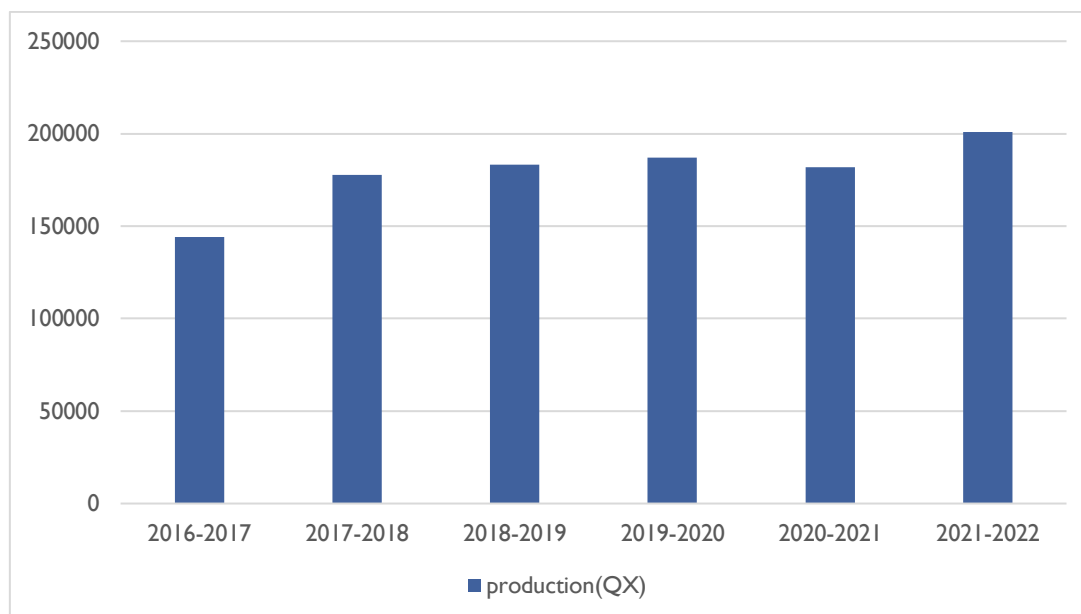


Figure 1 : Production du poivron dans la région de Mostaganem 2016-2022 (DSA2023).

Dans les années 80, la wilaya de Mostaganem a induit dans ses activités agricoles, pour la première fois la plasticulture dans la région de Siret pour la culture de poivron (Ghelamallah, 2016). Cette technique s'est propagée par la suite, dans tout le territoire de la wilaya qui a connu un développement intensif de la production de poivron (Ghelamallah, 2016).

Entre 2016 et 2022 la superficie de la culture de poivron à augmenter de 270ha à 418.5 ha et La production a aussi augmenter entre 2016-2020 de 144180 Qx à 187000 Qx par contre en notons une réduction de superficie entre 2020-2021 où elle a enregistré 181750 Qx.

Tableau 2 : Statistique de production et superficie du poivron dans la wilaya de Mostaganem (DSA, 2023)

Année	Superficie (ha)	Production(Qx)
2016-2017	1149	233247
2017-2018	839	226530
2018-2019	919	252725
2019-2020	1041	260250
2020-2021	1056	26400
2021-2022	1079	269750

4/Variétés

Les poivrons sont généralement classés selon leurs formes :

– Les variétés américaines sont plus ou moins carrées, à trois ou quatre lobes et à chaire épaisse ; les variétés italiennes sont plus minces, allongées et pointues.

A Mostaganem, les agriculteurs cultivent et apprécient les variétés suivantes :

- Pour le plein champ : Asgrew (quatre coins) et poivron doux d’Espagne,
- Sous serre : Magister hybride F1. (**Rezzab et Kirat ,2017**).

5/Caractères Physiologiques et botaniques du poivron

Système racinaire Chez le poivron le système racinaire est pivotant et peut atteindre 70 à 80 cm, les racines adventives se développent et acquièrent une forme barbue. Le développement horizontal des racines serait de 50 à 90 cm, par ailleurs sa faculté assimilatrice est relativement faible par rapport à celle de la tomate (**Ducreux, 1975**).

La tige : Elle est ligneuse à la base et herbacée plus haut, d’une hauteur de 25 à 120 cm suivant les variétés et les conditions de cultures, la croissance étant déterminée, ou indéterminée (**Bonnal, 1981**).



Figure 2 : La tige (originale, 2023)

Les feuilles : Les feuilles du poivron sont larges et ovales, avec une texture légèrement duveteuse. Elles sont disposées de manière alternée le long de la tige. (Kolev, 1976).



Figure 2 : Feuille de poivron (Originale, 2023)

Les fleurs : Les fleurs du poivron sont petites et blanches, avec cinq pétales en forme d'étoile. Elles sont regroupées en grappes à l'aisselle des feuilles. (Laumonier, 1979).



Figure 3 : Fleur du poivron (Originale, 2023)

Le fruit : Le poivron porte des fruits sous forme de baies dont la forme, couleur, et grosseur change avec la maturation et suivant les variétés (Kolev, 1976). La couleur est verte brillante avant maturité, elle prend à maturité une couleur vive, en général rouge, mais aussi jaune, orangé, violet, marron, noir...etc. Les qualités gustatives, nutritives et diététiques du fruit sont excellentes. Celui-ci renferme 10 à 13 % de matière sèche, 4 à 6% de sucres, 1,5 à 2% de protéines et de grandes quantités de sels minéraux, particulièrement des sels de potasse, et des vitamines, surtout la vitamine C. en effet, le poivron est 4 à 5 fois plus riche en vitamine C que le citron (Todorova et al, 1997 ; Ellatir et al. 2003).

Le poivron se distingue du piment par des fruits plus gros et plus charnus, et surtout dépourvus de substance piquante "la capsaïcine" (Ellatir et al. 2003).



Figure 4 : Fruit (APEI, 2021)

Graine : Les semences sont de grand nombre, arrondies, plates et blanchâtres, ayant une saveur piquante beaucoup plus prononcée que la chère du fruit (Ounada, 1993).

Les semences conservent leur pouvoir germinatif pendant 4 à 5 ans à température ambiante (Chambonnet, 1985).

7-Stade phenologiques

Le poivron passe par plusieurs stades phénologiques au cours de sa croissance, qui sont généralement divisés en six étapes distinctes :

Stade 0 : Levée

Stade 1 : Les cotylédons sont étalés

Stade 2 : Deux feuilles étalées sur la tige principale

Stade 3 : Davantage de feuilles étalées sur tige

Stade 4 : Début floraison

Stade 5 : Floraison

Stade 6 : Développement du fruit

Grâce à la durée de vie de poivron et notre suivi dans la serre nous avons remarqué que la première période de croissance la plus sensible aux maladies, ainsi que les ravageurs tel que le puceron, parce que les feuilles de la plante sont sensibles aux différents facteurs pathogènes. (Kolev, 1976).

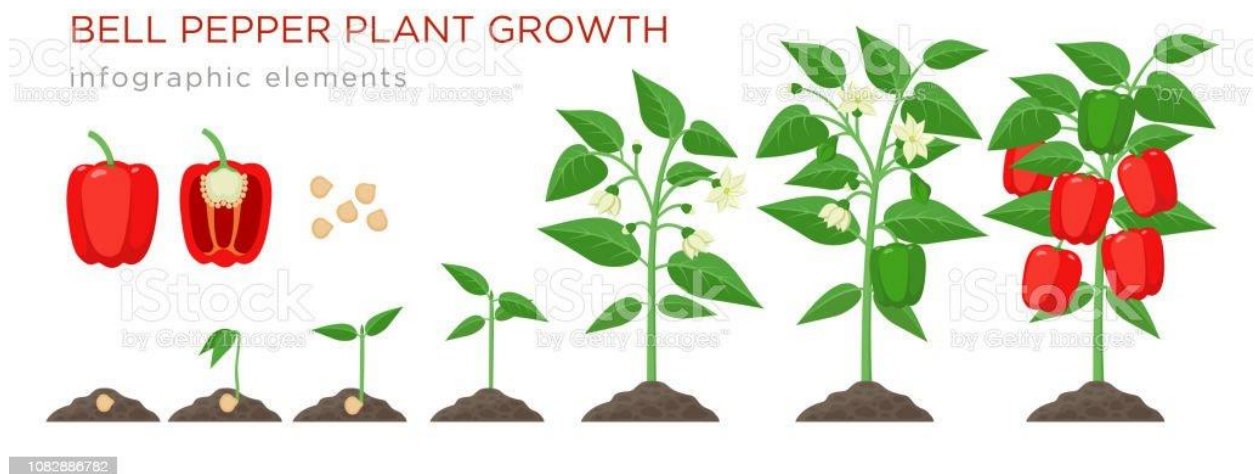


Figure 5 : Stades de développement du poivron (IPTC, 2018)

8. Exigences écologiques du poivron

8.1. Exigences pédoclimatiques

Sol profond, bien drainé, chaud et bien pourvu en humus et en matières nutritives aisément Assimilables, il humifère et alluvionnaire. (Chaux, 1994).

Le pH doit être compris entre 5.5 et 7. L'irrigation dans les sols sableux est favorable à cette culture (Valdez, 1994).

8.2. Température

Une plante exigeante en chaleur, son optimum de croissance se situe à 24°C; la croissance de la plante se ralentit à des températures inférieures à 13 °C; mais une plante très sensible aux températures basses. Les températures supérieures à 35°C réduisent la fructification et la photosynthèse. (Chaux., 1994).

8.3. Photopériodisme

Le poivron requiert une bonne luminosité, dans le cas contraire, le cycle végétatif du poivron se raccourcit. Les Capsicum sont des plantes de jours cours facultatifs, cela veut dire que la floraison se réalise mieux et est plus abondante en jours courts pourvu que la température et les

facteurs climatiques soient adéquats. Les exigences photopériodiques varient de 12 à 15 heures (Valdez, 1994).

8.4. Besoin hydrique

Une plante exigeante en humidité du sol : il faut 80-85 % d'humidité afin d'obtenir de bons rendements. Lorsque l'humidité relative de l'air est basse (inférieure à 60 %) et la température est élevée, les fruits ne grandissent pas. (Chaux, 1994).

Toute erreur en irrigation peut avoir des conséquences graves sur la production puisque la faculté restauratrice des racines du poivron est faible (Skiredj et al, 2005).

9- Fertilisation

Le poivron a un système racinaire sensible à l'asphyxie ; d'autre part il craint la sécheresse. Sa tolérance à la salinité est moyenne, sa sensibilité au manque de magnésium est forte. S'il préfère les sols à pH 6,5 – 7,0 il tolère des pH plus bas (5,5) ou plus élevé (8,5).

Les préparations de sol devront être profondes, la structure du sol grumeleuse, et le sol enrichi par une bonne fumure organique. Il est important de bien connaître le rythme d'absorption pour les différents éléments minéraux. (Saint Louis et al, 2001).

Le poivron se révèle comme une plante très exigeante en fumier, son excès et son manque provoquent des troubles physiologiques, et des perturbations dans le métabolisme protéique (Nicola, 1970).

- Le poivron exige une grande quantité de fumures minérale et organique.
- L'épandage du sol se fait 15 à 30 jours avant transplantation.
- Les besoins de poivron dépendent de son stade végétatif (Chaux Cl et Foury Cl, 1994).

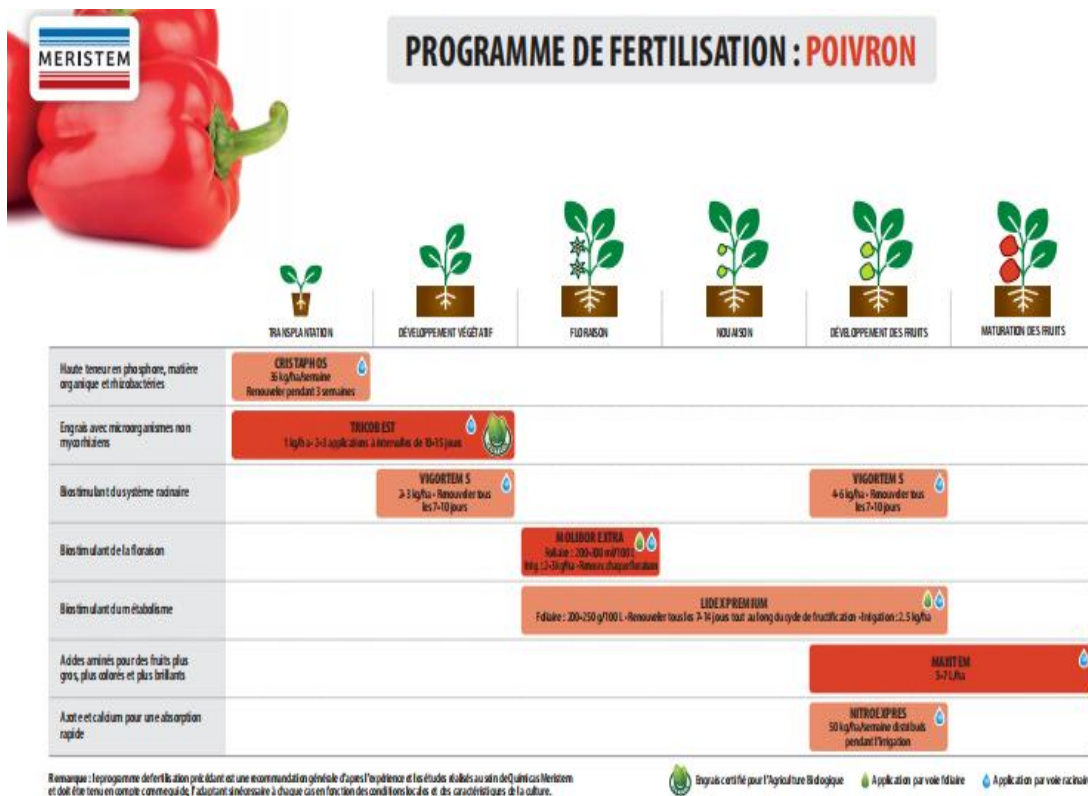


Figure6: Calendrier du programme de fertilisation du poivron (<https://www.quimicasmeristem.com/fr/wp-content/uploads/plan-abonado-pimiento-FR.pdf>, s. d.)

10-Conduite de la culture

10.1• Irrigation

Si les besoins en eau sont importants de l'ordre de 600 à 800 mm, il faut néanmoins éviter tout excès (risque d'asphyxie). (**Ajaanid ,2022**).

L'irrigation devra être régulière, sans à-coups, sous peine de manifestation de jaunissement du feuillage, de sérieuses nécroses apicales sur les fruits et une baisse de rendement. En pratique, un arrosage de 1 h tous les 2 jours en goutte à goutte (goutteurs tous les 20 cm avec un débit de 1,6 l/h) est réalisé en saison fraîche. (**CTEM, 2021**).

10.2. Paillage et tuteurage

Paillage : Après la plantation et en fonction de la disponibilité en paille, un paillage de foin de Signal gras est posé manuellement. Il faut compter 3 ouvriers et 2 h pour poser 25 bottes carrées (500 kg) sur 100 m². (CTEM, 2021).

Tuteurage sous abri : pour s'affranchir de la taille des axillaires, les plants de poivron peuvent être progressivement tuteurés sur des fils horizontaux espacés de 20 cm et fixés à des piquets en fer distants de 3 m. (CTEM, 2021).

11. Méthodes de semer en pépinière

11.1 Semis en godet :

Plantez quelques graines à 1 cm de profondeur dans des pots remplis de terreau de potager. Espacez les graines de 3-4 cm. (De Ctendance, 2022).

Tassez à la main ou avec une planchette et arrosez à l'eau tiède en utilisant un vaporisateur.

Gardez le terreau humide en l'arrosant tous les jours jusqu'à ce que les premières plantules apparaissent, au bout d'une à trois semaines. Lors de cette phase, les graines n'ont pas besoin de lumière mais elles nécessitent une température ambiante d'au moins 20° C pour germer.

Après la levée, déplacez vos terrines ou godets dans un endroit lumineux et arrosez seulement lorsque la terre est sèche. (De Ctendance, 2022).

Transférez vos plants dans une serre extérieure une fois que les premières feuilles sont sorties. Ils résisteront mieux au froid. (De Ctendance, 2022).

Repiquez vos plantules dans des pots individuels, quand elles ont au moins deux feuilles.

Mettez-les en pleine terre dans le potager courant mai, lorsque les dernières gelées sont passées. Laissez environ 40 cm d'espace entre chaque pied. (De Ctendance, 2022).

11.2. Semis en pleine terre

Le poivron et le piment (*Capsicum annuum*) peuvent être achetés directement sous forme de plants en godets prêts à être mis en terre. Toutefois, beaucoup de jardiniers préfèrent faire leurs semis eux-mêmes pour des raisons économiques ainsi que pour choisir la variété de poivron et l'origine des semences. (Binette, 2023).

Voici les étapes de semis en plein terre :

- Réalisez un sillon avec votre serfouette et le cordeau. Laissez un 1 cm de profondeur.
- Semez en ligne, en veillant à ne pas trop enfoncer les graines, et recouvrez de terre.
- Arrosez en pluie pour garder la terre humide jusqu'à l'apparition des premières feuilles. Après la levée, retirez les mauvaises herbes.
- Éclaircissez 30 jours après les semis et repiquez en place, en espaçant les pieds de 15 à 20 cm. (De Ctendance, 2022).

11. La situation phytosanitaire des poivrons

Ravageurs :

La culture du poivron est sujette aux attaques de plusieurs espèces de ravageurs pouvant occasionner des dégâts considérables (AMAZOUZ, 2021).

Espèces	Symptômes	Références
Les acariens « <i>Tetranychus urticae</i> » « <i>Tetranychus cinnabarinus</i> »	-l'apparition de petites lésions mouchetées, jaunes ou blanches	Babi, 2001
Les thrips « <i>Frakliniella occidentalis</i> »	-taches blanches argent sur les feuilles et les fruits	Bertaux et Marro. 1997 ; Mateus et al. 1992
Les aleurodes « <i>Trialeurodes vaporariorum</i> »	-simple chlorose, jaunisse des feuilles et dessèchement -la déformation des fruits	Chabriér et al, 2007
Les pucerons « <i>Myzus persicae</i> » « <i>Aphis gossypii</i> »	-arrêt de croissance avec déformation -fumagine dans les feuilles	REZZAB et KIRAT ,2017
Les nématodes	-la chlorose - le retard de croissance -le flétrissement - la sénescence précoce	Csizinszky et al, 2005

Tableau 3: Ravageurs de la culture de poivron

Maladies fongiques :

La culture du poivron subit des attaques d'un grand nombre de maladies fongiques, bactériennes et virales, ce qui engendre des pertes considérables.

Maladies	Nature des dégâts	Référence
Mildiou (<i>Phytophthora capsici</i>)	<ul style="list-style-type: none">• Des taches brunes ou une apparence de moisissures blanches et cotonneuse.• Flétrissement de la plante• Lésion sur les tiges et les feuilles.	ACTA (1999) ; Palloix (1995)
Oidium (<i>Leveillula taurica</i>)	<ul style="list-style-type: none">• Tâches jaunâtres sur les feuilles ponctuellement nécrotiques, parfois couvertes d'un feutrage blanc	Messiaen et al (1970) ; Elmhirst (2006) ; Chobriere et Caudel (2007)
Pourriture grise (<i>Botrytis cineria</i>)	<ul style="list-style-type: none">• Tâche avec moisissure grise sur les feuilles et fruits.• Dépérissement de la plante	Blancard (1988) ; Elmhirst (2006)
Alternariose (<i>Alternaria solani</i>)	<ul style="list-style-type: none">• Tâches noires de taille variable, plus ou moins arrondies, bien délimitées, taches ovales sur tige.	Elmhirst (2006) ; Blanchard (1988)

Tableau 4: Maladies fongiques de la culture de poivron

Tableau 5: Principales maladies bactériennes du poivron

Agents responsable	Nature de dégâts	Référence
Pourriture molle due à <i>Erwinia carotovora</i>	Ces bactéries provoquent la pourriture molle des tiges et des fruits	Elmhirst (2006)
Flétrissement bactérien du à <i>Pseudomonas solanacearum</i>	Les symptômes sont un flétrissement irréversibles, d'abord unilatéral puis généralisé avec brunissement des vaisseaux et des tissus contigus ; on observe un chancre ouvert sur les pétioles	Naika et al (2005) ; ACTA (1990)

Tableau 6 : Principales maladies virales du poivron

Maladies	Nature des dégâts	Référence
<i>Mosaïque du concombre (virus de la mosaïque du concombre (CMV))</i>	<i>Mosaïque en taches annulaires, en arabesque et marbrure.</i>	Blancard (1988) ; Elmhirst (2006)
<i>Mosaïque de la pomme de terre, virus Y de la pomme de terre (PVY)</i>	<i>Mosaïque verte brillante avec parfois nécroses des nervures</i>	<i>Blancard (1988) ; Elmhirst (2006)</i>
<i>Mosaïque du flétrissement de la fève (virus de flétrissement de la fève (BBWY))</i>	<i>Mosaïque jaune avec nécrose sur jeunes pousses</i>	<i>Blancard (1988) ; Messiaem Lafon (1970) ; ACTA (1990)</i>
<i>Mosaïque du tabac, virus de la mosaïque du tabac (TMV)</i>	<i>Mosaïque verte ou blanche, parfois associée à un aspect filiforme des feuilles.</i>	<i>Blancard (1988) ; Elmhirst (2006)</i>



CHAPITRE 2 :

FERTILISATION

La fertilisation

1. Définition

La fertilisation est l'application des fertilisants pour améliorer les propriétés spécifiques du sol et augmenter sa fertilité (**Benamara et Djotni, 2018**). De façon plus restrictive, elle peut être définie la fertilisation comme un processus consistant à apporter à un milieu de culture, tel que le sol, les éléments minéraux nécessaires au développement de la plante (**Gherairia et Zardoudi, 2018**). L'objectif de la fertilisation est d'optimiser la production agricole en augmentant la qualité et la quantité des récoltes tout en préservant la fertilité des sols "Guide de la fertilisation raisonnée des grandes cultures en Algérie" (**MADR, 2017**).

2. Le rôle de fertilisation

La fertilisation permet de compléter la fourniture du sol en éléments minéraux pour des cultures au potentiel plus élevé, de restituer ce qui a été exporté ou plus, et de conserver ou même de restaurer ainsi la fertilité du milieu. Lorsque la richesse du milieu le permet, et en fonction des objectifs de rendement, l'apport en certains éléments peut ne pas être nécessaire. Ils ont des conséquences directes sur la quantité et la qualité de la production. (**Latiri, 2002**).

3. La fertilisation organique :

Les matières organiques utilisées dans la fertilisation des sols sont de nature et de formes variées. Elles sont surtout constituées de fumier, de résidus de culture, des engrais verts, du compost, etc. (**Kéita, 1985; Diallo, 2002**). Ces matières organiques subissent une série de transformations qui les décomposent, les transforment en humus, puis les minéralisent. Ces transformations sont assurées par les micro-organismes. La matière organique a des effets bénéfiques sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol et joue un rôle important dans la fertilisation minérale. (**Sedogo, 1981 et Kabrah et al. 1993 in Diallo, 2002**).

4. La fertilisation minérale : Il s'agit de différentes catégories

L'Azote N: Plusieurs études indiquent que l'azote joue un rôle prépondérant pour les Cultures céréalières, principalement le blé dur, l'application des apports azotés donne toujours une action positive sur le rendement de la plante et la qualité de la graine. (**Anonyme F, 2017**).

D'après Belaid, 1986 les besoins de l'azote sont particulièrement importants pour la multiplication cellulaire et le développement des organes végétatifs de la plante, il entre dans

la synthèse des glucides, et la constitution des réserves azotées de la plante. Ainsi l'azote entre dans la composition des nucléoprotéines des noyaux des cellules, donc il se trouve en abondance dans les cellules jeunes. (Abdellaoui, 2007).

Le phosphore : Le phosphore joue des rôles primordiaux dans le fonctionnement biologique des plantes puisqu'il participe à de nombreux processus physico-chimiques, biologiques et enzymatiques. Il est l'un des principaux constituants des acides nucléiques en joignant les nucléotides. Il est aussi un des constituants des phospholipides des membranes Végétales (Sanchez et al, 2009).

Le phosphore active la croissance des bourgeons et des racines et joue aussi le rôle d'activateur dans la mise en réserve des glucides. Le P est mis en réserve dans les grains/graines sous forme de phytate (Lerot, 2006).

Le potassium K : Une culture de blé dur conduite dans des conditions non limitantes en eau et en azote a réagi à un apport potassique au sol (Aissa et Mhiri, 2000).

Selon l'UNIFA 2005 le potassium joue un rôle multiple :

- il intervient dans l'équilibre acido-basique des cellules et régularise les échanges intracellulaires ;
- il réduit la transpiration des plantes, augmentant la résistance à la sécheresse ;
- il active la photosynthèse et favorise la formation des glucides dans la feuille ;
- il participe à la formation des protéines, et favorise leur migration vers les organes de réserve (tubercules et fruits).

5-Différence entre fertilisation organique et minérale

L'engrais organique utilise exclusivement des matières naturelles animales ou végétales (poudres d'algues, fientes déshydratées, corne broyée, sang séché...), alors que l'engrais minéral est extrait du sol, de carrières, ou encore est fabriqué à partir de l'azote de l'air.

Le rôle de l'un comme de l'autre est de subvenir aux besoins nutritifs des végétaux quand le sol ne peut pas répondre aux besoins de la plante. Ils apportent des éléments multiples, azote,

Phosphore, potassium, magnésium, soufre, silice, et divers oligo-éléments. Ce qui est important, c'est qu'ils apportent exactement les éléments nutritifs correspondant aux besoins de la plante, ni trop, ni trop peu (**Grolleau, 2018**).

6-Type et nature des engrais organiques

La composition des engrais organiques varie souvent, ce qui rend plus difficile l'estimation précise des taux d'application. Les engrais organiques contiennent néanmoins souvent des substances organiques qui peuvent contribuer à l'apport en nutriments et aux propriétés physiques des sols. (**Macmillan .R et al., 2013**).

1. Les engrais organiques liquides

Les engrais organiques liquides sont des préparations organiques peu concentrées « cuisinées » par le jardinier mais ils ont une action rapide :

Purins : le plus souvent connus comme insectifuges, ils ont aussi des vertus fertilisantes lorsqu'ils ont fermenté 3 semaines. Le purin d'ortie est riche en oligoéléments et azote et le purin de consoude par exemple est concentré en oligoéléments et en potasse. (**Binette et Jardin., 2019**).

Mélasses : elles sont issues du pressage du raisin et des betteraves, et sont riches en potasse.

Jus d'algues : il contient les NPK en plus faible quantité (**Binette et Jardin., 2019**).

2. Les engrais organiques solides

Certains engrais organiques solides ont une action rapide de type « coup de fouet », sans risque de brûlure ni de lessivage (**Binette et Jardin., 2019**).

Sang séché : il provient des abattoirs de volailles et se présente en poudre. Il apporte beaucoup d'azote et un peu de phosphate. Il s'épand au printemps sur les légumes feuilles, pour une action sous 1 mois. (**Binette et Jardin., 2019**).

Fientes déshydratées : il est produit par les élevages intensifs de volailles. Il est complet puisqu'il contient à part égale les fameux NPK. Il convient à tous les légumes, s'épand au printemps pour une action assez rapide. (**Binette et Jardin., 2019**).

Poudre d'algues marines : issue de l'exploitation du goémon et du varech, cet engrais organique, très riche en oligo-éléments, s'épand sur tous les légumes au printemps, et demande 1 à 2 mois avant de voir les effets. (Binette et Jardin., 2019).

D'autres engrais organiques solides agissent de façon progressive, c'est-à-dire que la libération des éléments nutritifs peut prendre plusieurs années :

Poudre d'os et farine d'arêtes : ces engrais riches en phosphate libèrent aussi un peu d'azote, très progressivement sur l'année. Ils conviennent aux légumes fruits et racines et s'épandent au printemps ou à l'automne. (Binette et Jardin., 2019).

Tourteaux de ricin : issus du pressage des graines de ricin, ces tourteaux apportent beaucoup d'azote et un peu de phosphate, de potasse et d'oligoéléments. En automne ou au printemps, ils peuvent s'épandre sur les légumes feuilles, et être enfouis immédiatement, pour une action progressive sur l'année. (Binette et Jardin., 2019).

Engrais à base d'insectes : le recours aux insectes n'est apparu comme une solution crédible, pour satisfaire aux besoins croissant en protéines tout en présentant une alternative soutenable aux modes de productions intensifs (Auriol, 2022).

3. Les engrais organons-minéraux :

Ils sont composés de matières minérales ainsi que d'un minimum de 25%de substances organiques d'origine animale ou végétale. C'est donc un mélange d'engrais minéraux et d'engrais organiques, tout en complémentarité. Les éléments minéraux vont apporter aux plantes des nutriments rapidement disponibles, et les éléments organiques vont enrichir les sols pour restituer les nutriments en seconde phase. (Macmillan .R et al., 2013).

7- Le rôle des insectes sur la fertilisation

Les insectes jouent un rôle important dans la biodiversité, car ils apportent de la matière organique à la terre. Leur rôle est de décomposer les déchets, pour les transformer en matière organique assimilable par les plantes. (Marie, al.,2018) .

Les insectes détritivores aident à la décomposition des végétaux morts, nettoient les cadavres et traitent également les excréments des animaux. Par leurs actions et leurs déjections, ils servent à fertiliser le sol. (MATTLER, 2022).

8. Les inconvénients d'utilisation des engrais minéraux

Le principal danger des engrais minéraux vient de composantes azotées, qui sont présentes dans la plupart des engrais. (Ziadi. N., 2007)

Dans le sol: l'azote est considéré comme un facteur de risque important pour l'environnement, car sous forme d'ions nitrates, il est très soluble, non dégradable et faiblement retenu par les sols. (Marcel. M., 2001). Si les engrais permettent l'accroissement des rendements des récoltes, ils sont aussi responsables de la pollution des eaux superficielles et souterraines.

Problème → les sols ne sont plus nourris avec de la matière organique → ils s'appauvrissent → ça crée de l'érosion + des problèmes d'infiltration de l'eau. « Ces sols deviennent des supports inertes, où les plantes sont alimentées uniquement par les engrais de synthèse ». (Vallée, 2021).

Dans l'eau: l'excès de l'accumulation des nutriments (le phosphore contenu dans les phosphates et l'azote contenu dans l'ammonium, les nitrates, et les nitrites) dans l'eau conduit à une eutrophisation. Cet phénomène présente une forme de pollution elle se produit lorsqu'un milieu aquatique reçoit trop de matières nutritives assimilables par les algues et que celles-ci prolifèrent, elle s'observe surtout dans les écosystèmes dont les eaux se renouvellent lentement et en particulier dans les lacs profonds. (C.N.R.S.fr., 2011).

Quand ces engrais sont répandus trop généreusement, le trop-plein d'azote s'infiltré dans le sol, rejoint les nappes phréatiques et les cours d'eau. Il crée une pollution aux nitrates qui a de multiples conséquences : algues vertes envahissantes, zones mortes marines, disparition des poissons, contamination des aliments... (Vallée, 2021).

Dans l'environnement : La couche d'ozone est également impactée par l'usage des engrais azotés, en effet les phénomènes de dénitrification et de volatilisation de l'ammoniac génèrent des gaz à effet de serre environ 150 fois plus actifs que le dioxyde de carbone. (ONU, 2017).

Les engrais azotés ont un double impact (négatif) sur le climat. D'abord, ils sont polluants à produire. (Vallée, 2021).

10-Importance de la fertilisation pour les cultures

La fertilisation est indispensable pour améliorer les rendements, et doit être correctement évaluée pour se situer à l'optimum économique (FAO, 2005), par les mécanismes de la nutrition végétale, qui est l'ensemble des processus qui permettent aux végétaux d'absorber dans le milieu ambiant et d'assimiler les éléments nutritifs nécessaires à leurs différentes fonctions physiologiques : croissance, développement, reproduction etc.... (Benamara et al., 2018) .

Selon (Benamara et Djotni, 2018), la fertilisation a pour but :

- De créer, améliorer ou maintenir les caractéristiques biologiques et physico-chimiques du sol aptes à optimiser l'absorption par les plantes des éléments nécessaires à leur croissance et au rendement.
- D'assurer la complémentation des fournitures en provenance du sol.

CHAPITRE 3
LA MOUCHE SOLDAT NOIRE
HERMETIA ILLUCENS

Historique et distribution

La mouche soldat noire est une grande mouche Stratiomyidae (13-20 mm de taille) trouvée dans le monde entier, mais on pense qu'elle est originaire des Amériques. Elle est fréquemment trouvée dans les régions tropicales et tempérées du monde entier. Bien qu'adaptée principalement à ces régions, elle peut tolérer de larges extrêmes de température sauf lors de l'ovipositeur. Les sources de recherche indiquent également que la mouche soldat noire est une espèce cosmopolite présente dans les climats tempérés des Amériques, d'Europe, d'Afrique et d'Asie (Maglangit, al...,2023).

. Les recherches ont également montré que la mouche soldat noire est une espèce bénéfique et non nuisible (A, 2023).

En outre, une étude sur la structure génétique de la population de la mouche soldat noire a révélé que l'espèce est indigène aux Amériques, où elle est présente de l'Argentine au Canada (kaya et al ...,2021).

2. Description

Mouches soldats noires (*Hermetia illucens*) est une espèce d'insectes diptères, Originaire des Amériques, entre les latitudes 40° Nord et 40° Sud, l'espèce s'est actuellement étendue dans les régions à climat chaud, tropical ou subtropical du monde (Dortmans et al., 2017).



Figure 7 : Bulletin de la Société entomologique de France, Pierre-Olivier Maquart et al. (2020).

3. Classification

Règne *Animalia*

Embranchement *Arthropoda*

Sous-embr. *Hexapoda*

Classe *Insecta*

Sous-classe *Pterygota*

Infra-classe *Neoptera*

Ordre *Diptera*

Sous-ordre *Brachycera*

Infra-ordre *Stratiomyomorpha*

Super-famille *Stratiomyoidea*

Famille *Stratiomyidae*

Sous-famille *Hermetiinae*

Genre *Hermetia*

Espèces *Hermetia illucen*

4. Morphologie

Taille : elle mesure entre 14 et 20 mm (les mâles sont plus petits que les femelles). (**Sheppard et al. 2002**).

Forme, allure : c'est une mouche de grande taille, qui fait penser à un Hyménoptère à cause de ses longues antennes. Le corps est noir brillant, avec deux taches transparentes sur le 2ème tergite. La tête est plus large que le thorax. Les antennes sont aussi longues que le thorax, avec le premier article 3 fois plus long que le deuxième, le dernier article est large et aplati. Les yeux sont fortement tachetés. Les ailes sont sombres. Les pattes sont noires mais les tarses sont clairs, et les tibias postérieurs sont également clairs dans leur moitié basale (**Michel, 2019**).

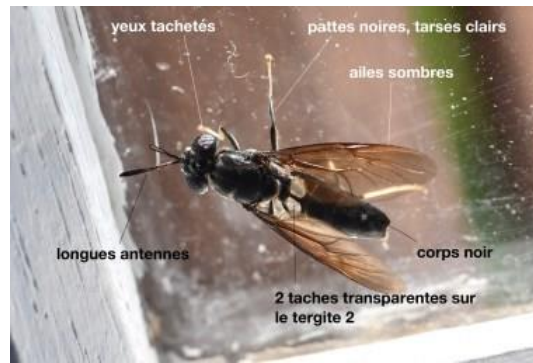


Figure 8 : Morphologie de la BSF <https://i0.wp.com/www.quelestcetanimal.com/wp-content/uploads/2019/08/Hermetia-illucens.jpg?ssl=1>

5. Cycle de vie

Dans la nature, les femelles BSF déposent leurs œufs dans de petits interstices ou cavités proches de matière organique en décomposition (**Tomberlin et al, 2002**). De cette façon, les œufs sont protégés des prédateurs, du dessèchement et de l'humidité, et les larves sont à proximité de nourriture dès l'éclosion et commencent ainsi à s'alimenter immédiatement. (**Dortmans et al., 2017**).

Les larves de BSF sont voraces et passent leur entière vie de larve à se nourrir. C'est pendant cette période que les réserves de graisse et de protéines sont stockées. Dans des conditions optimales d'alimentation, la croissance des larves dure deux semaines, néanmoins la larve de BSF est un organisme résilient qui a la capacité d'étendre son cycle de vie lorsque les conditions ne sont pas favorables. (**Barragan-Fonseca et al., 2017**).

Le stade larvaire final est le stade de pré nymphe. Lorsqu'elle se transforme en pré nymphe la larve remplace sa partie buccale qui lui servait à s'alimenter par une structure en forme de crochet et devient de couleur brune. Le crochet lui permet alors de se déplacer et de s'éloigner aisément de la source de nourriture vers un environnement propre et sec, pour entrer en nymphose. Dans l'idéal, ce comportement peut être exploité pour mettre en place une « auto récolte » des larves. (**Barros et al., 2019**).

Une fois arrivée dans un environnement adapté et à l'abri des prédateurs, le pré nymphe se transforme en nymphe. Son enveloppe noircit, le pré nymphe cesse de bouger jusqu'à l'émergence de la mouche deux à trois semaines plus tard. (**Bertinetti et al., 2019**).

Une fois émergée, la mouche adulte, se reproduit pour assurer la pérennité de son espèce. La

BSF adulte ne se nourrit quasiment pas mais son espérance de vie est meilleure si elle a accès à une source d'eau ou d'eau sucrée (Bertinetti et al, 2019). Elle peut ainsi vivre une à deux semaines.

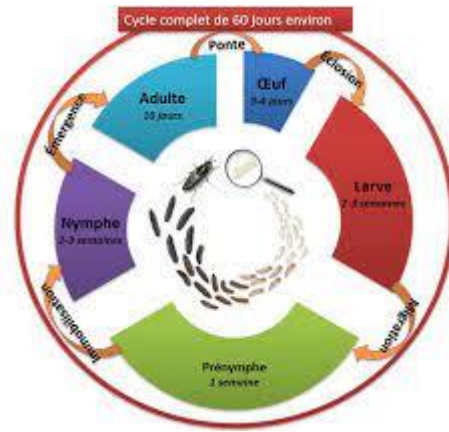


Figure 9 : Cycle de vie de la BSF, illustration tirée et adaptée de <http://uniquebiotechnology.com/>

6. Conditions climatique de la bsf

Température : La température moyenne en journée est de 8,31 degrés Celsius. Un Conditions idéales pour la reproduction de la chaleur (Diene, 2011).

Humidité : L'humidité à 65-70 % est considérée comme idéale pour l'insecte, car elle a donné le taux de consommation le plus élevé et l'augmentation la plus importante en poids (Purkayastha, 2022).

Photopériodisme : La source de lumière la plus économe en énergie dans la composition spectrale a donné le plus grand succès en fluorescence. Accouplement en termes de pourcentage de femelles fertiles et de couvées (Zhongyi, Liu et al, 2020).

Ph : dans l'engrais, Les larves tolèrent une variété de pH et survivront bien et écloront un qui Commerce exclusif d'agrumes naturels pourris (Sreejith, Harikumar, 2018).

7. Techniques d'élevage

Écloserie Des études réalisées par **Sheppard et al. (2002)** sur l'élevage de la mouche soldat noire révèlent que l'accouplement peut être réalisé de manière fiable dans une cage de 2 m x 2 m x 4 m, dans une serre de 7 m x 9 m x 5 m fournissant de la lumière du soleil et un espace adéquat pour l'accouplement aérien.

Les adultes doivent être abreuvés, mais aucune nourriture n'est nécessaire. Il existe la technique d'élevage des MSN au laboratoire qui consiste à mettre 40 g de pré pupes dans des volières (28,5 cm x 28,5 cm) exposées à une lumière artificielle (Technologie ADSOL Led, 450 à 700 nm ; Montréal, Canada) qui au bout de deux semaines émergeront pour donner des mouches adultes. L'éclosion des œufs se produit en incubateur (Growth cabinet, MLR-350, Sanyo, Osaka, Japon) à photopériode constante (12L : 12N) à 27°C avec une humidité de 80%. **Pieterse et Pretorius (2014)** ont signalé que la MSN tolère une large gamme de température et d'humidité avec des adultes qui s'accouplent généralement et pondent à des températures de 24°C à 36°C. Sur le lieu d'élevage, une humidité relative de 70 à 80% soutient l'accouplement et l'ovipositeur (**Park, 2016**).

Les œufs et les larves sont généralement maintenus à 27°C, mais ils semblent également tolérer une gamme de conditions (température et humidité) (**Park, 2016**). Également, une baisse ou une hausse d'humidité aura un effet négatif sur l'éclosion des œufs et l'émergence des adultes (**Holmes, 2012**).

8. Intérêt de la larve de bsf

La larve de BSF possède la capacité de coloniser une grande variété de matière organique. En effet, son système digestif robuste et son appétit féroce lui permettent de transformer jusqu'à 500 mg/larve/jour de déchets organiques en biomasse. (**JADE ,2021**)

-De ce fait, c'est la biomasse larvaire qui est intéressante car elle est riche en protéines et en lipides (respectivement 42% et 35% environs). Avec ses capacités de dégradation et de bioconversion conséquente, la larve de BSF est ainsi considérée comme un insecte d'intérêt économique important pour la gestion de fumiers, de déchets alimentaires et d'autres types de déchets agro-industriels. A ce jour, les valeurs nutritionnelles des larves de BSF sont

considérées comme prometteuses comme aliments de haute qualité, en particulier pour les animaux de production. (JADE ,2021).

Grâce à l'action combinée de la microflore intestinale et les enzymes digestives puissantes (Bruno et al, 2019), les larves de MSN sont capables de dégrader une large gamme de déchets tels que les résidus alimentaires, les fèces d'animaux et humain, déchets végétaux, abats de poissons (Boarus et al, 2018 ; Xiao et al, 2018, Bruno et al, 2019).

-Par ailleurs, le substrat obtenu après digestion des déchets par les larves de BSF peut être utilisé comme amendement organique naturel pour fertiliser les cultures. (JADE ,2021).

-le BSF peut être une source de nutriments tels que protéine (Al-Qazzaz & Ismail, 2016; Yu, Li, Chen, Rong, & Ma, 2019) et acides gras polyinsaturés (De Marco et al, 2015 ; Ravi et al, 2019 ; Spranghers et al, 2018). Par conséquent, les produits à base de larves de BSF peuvent remplacer les traditionnels et devenir un repas riche en protéines important alternative à l'avenir.

9-Impacts de la mouche soldat noir sur les cultures

L'utilisation de BSFL pouvait améliorer la qualité du produit et le degré de maturité du compostage. Par conséquent, le BSFL pourrait être ajouté en tant qu'agent de transformation à haut rendement pour convertir la fumure organique en compost stable, en particulier dans les pays en développement, où l'adoption de dispositifs techniques de compostage est coûteuse et difficile à manipuler.

Inoculation des larves de la mouche soldat noire a amélioré la dégradation totale des nutriments et de la matière organique et améliorent la Qualité du compost final. (MK Awasthi, 2020)

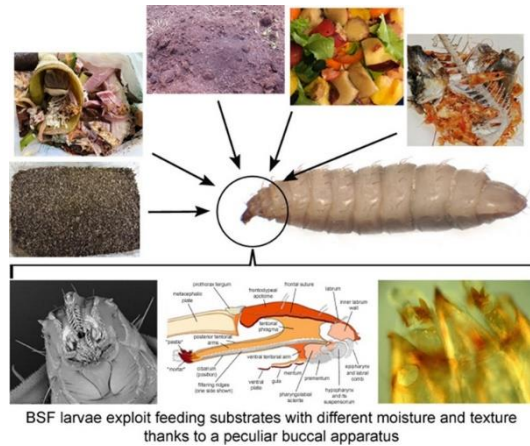


Figure 10 : Dégradation de la larve de BSF de différente alimentation grâce à l'appareil buccal (danial et al.,2020).

10-Impact écologique de la mouche soldat noire

- L'impact environnemental de la production d'insectes est minimal. L'élevage de la mouche soldat noire nécessite peu d'eau pour la production de larves. Les insectes se nourrissent à partir d'une faible quantité d'aliments par rapport aux animaux d'élevage traditionnels (bovins, ovins, porc, volailles, ..). Les insectes sont des animaux à sang froid, donc ils convertissent très efficacement leurs aliments en protéine (**Infocdbq, 2017**).
- Les élevages de mouche soldat noire ont un bilan carbone négatif, car ils ne produisent pas de déchets et utilisent peu d'eau pour la production de larves (**Infocdbq, 2017**).
- La mouche soldat noire peut être utilisée pour régénérer les sols et les fertiliser, ce qui peut contribuer à la lutte contre l'érosion et la dégradation des sols et hyper-nutritif pour les sols (**Gutedel, 2021**).

PARTIE EXPERIMENTALE

1-Objectif de l'essai

L'objectif de notre recherche de fin d'étude est d'utiliser les larves de la mouche soldat noire nourries à base de déchet ménagères dans la fertilisation naturelle dans la culture de poivron

2-Lieu de l'expérimentation

L'élevage de la mouche soldat noir et les analyses ont été effectués au niveau de laboratoire physiologie animale appliquée de l'université d'INÈS MOSTAGANEM

La plantation de la culture du poivron a été effectuée au sein de l'atelier de HASSI-MAMECH.

1. Matériels et Méthodes

-Les mouches soldat noires dans cette étude proviennent d'Oued Rhiou, l'élevage à Durrer 1 mois les larves sont intégrées à différents pourcentages.

-Plaque d'alvéoles du poivron, variétés Magistèr.



Figure 11 : Variétés Magistèr

1/Elevage de la mouche soldat noire :

1- Prendre 333g de larve de la mouche soldat noires.



Figure 12 : Larves de mouche soldat noire

2-Découper 1kg de déchets ménager en petit morceaux afin de les donner aux larves pour la dégradation car Les larves de mouche soldat noire (BSF) ont tendance à se cacher dans le substrat pour éviter la lumière. Afin de les observer, il est nécessaire de remuer leur nourriture pour les faire ressortir temporairement. Et dans un autre bac on a donné aux larves aliments de poussin.



Figure 13 : Alimentation des larves mouche soldat noire

3-Suivre l'auto récolte des larves

Après environ 2 à 3 semaines d'élevage, les larves qui se sont bien nourries commenceront à grimper le long des parois en plastique du bac de croissance. Ces larves, reconnaissables par leur couleur brune, cherchent à sortir du bac. Elles vont alors progressivement quitter le bac et tomber au fond d'un fût qui sert de collecteur.

Ils peuvent manger une grande quantité de nourriture par jours environ 200 à 300 g.



Figure 14 : Auto récolte des larves

4- suivre le poids et la taille des larves chaque jour



Figure 15 : Mesure du poids et taille des larves

2/ Les Analyses

Mesure de la matière sèche : (AFNOR, 1994)

Principe

Consiste à mesurer la quantité de matière restante dans un échantillon après élimination de toute l'eau ou de l'humidité qu'il contient. Cela permet de déterminer la proportion de composants solides non volatils présents dans l'échantillon.

Mode opératoire

- on prend 5 g d'échantillon les placer dans une capsule métallique d'un poids bien déterminé.
- L'introduire dans l'étuve réglée a une température de 105 °C pendant 24 heures.
- Placer la capsule dans un dessiccateur.
- La pesée est introduite de nouveau dans l'étuve jusqu'à l'obtention d'un poids constant

$$\% \text{ MS} = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100.$$

$$\% \text{ H}_2\text{O} = 100 - \% \text{ MS}.$$

$$M_2 = M_1 - M_0.$$

M₀ : masse de la capsule vide (g).

M₁ : masse de la capsule contenant la prise d'essais (g).

M₂ : masse de la capsule après évaporation (g).

Mesure de la matière minérale : (AFNOR 1994)

Principe :

Mesurer la quantité de minéraux inorganiques présents dans un échantillon. Les minéraux inorganiques comprennent des éléments tels que le calcium, le phosphore, le potassium, le magnésium, le fer, le zinc, etc.

Mode opératoire :

On pèse l'échantillon, on le sèche puis on le pèse de nouveau si la teneur en cendres doit être déclarée sur une base sèche. On incinère l'échantillon à haute température 550 °C pendant 2 heures dans un four à moufle, puis on pèse le résidu (cendre de couleur grise, claire ou blanchâtre). Le pourcentage des cendres totales est calculé le plus souvent sur une base sèche pour plus de reproductibilité dans les résultats.

1. % M₀ : matières organiques.
2. M₁ : masse des capsules + prise d'essai.
3. M₂ : masse des capsules + cendres.
4. P : masse de la prise d'essai.

La teneur en cendres (cd) est calculée comme suite :

$$\text{Cd} = 100 - \text{MO\% Cendres totales (\%)} = \frac{M(\text{cendres}) \times 100}{M(\text{base sèche})} \times M(\text{éch. Sec}).$$

Dosage des protéines brutes:(Méthode de Lowry ; 1951)

• Principe

Les protéines réagissent avec le réactif Folin-Ciocalteu pour donner des complexes colorés. La couleur ainsi formée est due à la réaction du phosphomolybdate par la tyrosine et tryptophane.

L'intensité de la coloration dépend donc de la quantité d'acides aminés aromatiques présents et varie selon les protéines. Les densités optiques sont mesurées à 600nm avec le spectrophotomètre contre un blanc qui contient tous les réactifs à l'exception des protéines.

Mode opératoire

1) Gamme étalon

La gamme étalon a été faite avec la solution albumine bovine préparée à 25 mg par 100 ml d'eau distillée. On utilise la même solution que pour doser les échantillons.

2) Réactif de Lowry (A+B)

Solution (A)

Solution A est constitué d'1g de la soude (NAOH) mélange à 5 g de carbonate de sodium

(Na_2CO_3) dans 250 ml d'eau distillée.

Solution (B) CuSO_4 0.125g

Solution B est un mélange de 0.125g sulfate de cuivre (CuSO_4) et de 0.25g de tartrate double

Sodium Potassium dans 25ml de l'eau distillée.

Le réactif de Lowry est composé de Solution C (50ml de solution A + ml de solution B) à mélanger au moment de la manipulation

Expérimentation

Le dispositif expérimental de notre essai est un bloc dont les

Paramètres sont décrits comme suit :

- 1 variété de poivron MAGISTER
- 5 fertilisations
- Répétition : 6 Répétitions (5Blocs)
- 6 plantes par bloc

Itinéraire Technique

1. Transplantation des plantes

Après un passage obligatoire des graines dans la pépinière pour la germination où il y a les conditions favorables de température et humidité. Lorsque les plants ont atteint stade 4-5 feuilles ont passé à l'opération de repiquage à leur lieu d'expérimentation.

2. Plantation

Les plants ont été plantés le 23 mars 2023 dans des pots d'essai de 3kg et nous avons fixé les plants de poivron avec des tuteurs pour ne pas risquer la cassure des plants.



Figure 16 : Plantation de poivron

4. La récolte

La récolte a été réalisée le 27 juin 2023. Suite à cette opération, nous avons soigneusement retiré les fruits du poivron de chaque pot et procédé à la mesure de leur taille.



Figure 17 : La récolte du poivron



CONCLUSION GENERALE

Conclusion :

L'utilisation abusive des engrais chimiques, pour stimuler la croissance des plantes, peut engendrer des effets négatifs sur leur état sanitaire, sur les sols et sur l'eau d'irrigation qui a son tour impacte notre cadre de vie et les aliments nutritifs produit grâce à leur utilisation. (ABDELILAH et al.,2015).

Après une étude approfondie, il est évident que la mouche soldat noire est non seulement capable de décomposer efficacement les déchets ménagers et l'alimentation des poussins, mais aussi de convertir ces déchets en un fertilisant riche.

En parallèle, L'étude a révélé que le fertilisant issu des coquilles de la mouche soldat noire possède une teneur élevée en matière sèche et organique, favorisant une croissance racinaire robuste des plantes et améliorant la qualité nutritive des fruits. De plus, ce fertilisant a enrichi le sol en ajustant favorablement son pH et en augmentant sa teneur en matière organique et azote, surpassant les résultats obtenus avec le terreau commercialisé.

En revanche, le groupe témoin, sans fertilisant, a fourni une base comparative essentielle pour évaluer les performances des autres traitements.

Ainsi que L'analyse du sol après l'application des engrais a révélé des changements importants, tels que la modification du pH et une augmentation générale de la matière organique.

Il est donc évident que la mouche soldat noire, loin d'être un simple insecte, recèle un potentiel considérable en matière de gestion des déchets et d'agriculture durable. Elle est le symbole d'une solution écologique face à la crise environnementale actuelle, reliant efficacement la gestion des déchets à l'agriculture durable.

Les résultats obtenus ouvrent la voie à de nouvelles recherches sur d'autres cultures ou sur des sols fertiles, Il serait également intéressant de voir comment l'efficacité de ce fertilisant pourrait être améliorée ou combinée avec d'autres méthodes agricoles écologiques.

Références bibliographiques

- Abdelilah, M., Marcel, M., Allain, E., & Toutain, G. (2015). Optimisation de la croissance et du développement du palmier dattier en pépinière par l'utilisation d'amendements biologiques, organiques et chimiques. *European Scientific Journal*, 11(24).
- ADECAL Technopole. (2021). Poivron Filière Implantation de la culture. Poivron 2021 – CTEM livret technique. Récupéré de <https://www.technopole.nc/sites/default/files>.
- Agence de presse APEI. (2021, Août 5). Idées recettes : le poivron, fruit (ou légume) du soleil pour tous les goûts.
- Ajaanid, I. (2022). Fiche technique de la culture du poivron. Cahier Technique.
- Al-Qazzaz, M., & Ismail, D. (2016). *Insect Meal as a Source of Protein in Animal Diet. Animal Nutrition and Feed Technology*, 16, p. 527. doi:10.5958/0974-181X.2016.00038.X
- Alvarez D., Wilkinson K. A., Treilhou M., Tene N., Castillo D., Sauvain Michel. (2019). *Prospecting peptides isolated from black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) with antimicrobial activity against Helicobacter pylori (Campylobacterales: Helicobacteraceae). Journal of Insect Science*, 19 (6), p. art. 17 [5 p.]
- Baïssa, F., & Rim, R. (2020). Biodiversité des Thrips (Thysanoptères) dans les cultures maraichères à la région de Biskra. Université de BISKRA.
- Barragan Fonseca, K., Dicke, M., & van Loon, J. (2017). *Nutritional value of the black soldier fly (Hermetia illucens L.) and its suitability as animal feed. Journal of Insects as Food and Feed*, 3, 105-120. [Http Dortmunds B.M.A., Egger J., Diener S., Zurbrügg C. \(2021\) Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide, 2nd Editions://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055.](http://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055)
- Barros, L. M., Gutjahr, A. L. N., Ferreira- Keppler, R. L., & Martins, R. T. (2019). *Morphological description of the immature stages of Hermetia illucens (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae). Microscopy*
- Benamara, H., & Djotni, S. (2018). Étude d'optimisation de la fertilisation minérale sur la croissance et le rendement du blé dur (*Triticum durum Desf*) dans la région de Guelma. [Université de GUELMA.](http://www.univ-guelma.dz)
- Bertinetti, C., Samayoa, A. C., & Hwang, S.-Y. (2019). *Effects of Feeding Adults of Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae) on Longevity, Oviposition, and Egg Hatchability: Insights Into Optimizing Egg Production. Journal of Insect Science*, 19(1), 19.
- Bezvershenko. (s. d.). *Sweet pepper plant growth stages info graphic elements in flat design. ...* IStock. <https://www.istockphoto.com/fr/vectorel/C3%A91/C3%A9ments-dinfographie->

stades-poivron-v%C3%A9g%C3%A9taux-croissance-design-plat-plantation-gm1082886782-290479337

- C.N.R.S.fr. (2011) .Site du Centre National de la Recherche Scientifique – L'eutrophisation–
- Candy, J. (2006). Effet de la durée de compétition des mauvaises herbes sur la culture du poivron (*Capsicum annuum*). Université Notre Dame d'Haïti.
- Chauv CL. Et Foury CL., 1994.Productions légumières secs. Légumineuses.
- Collectif LaNutrition.fr. (2010, 26 juillet). Petite histoire du poivron. Mis à jour le 21/11/2017. LaNutrition.fr. <https://www.lanutrition.fr/aliments/legumes/petite>.
- Coussens, A. K. (2017). *The role of UV radiation and vitamin D in the seasonality and outcomes of infectious disease. Photochemical & Photobiological Sciences, 16(3), 314-338.*
- Diener, S., Solano, N. M. S., Gutiérrez, F. R., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2011). Biological treatment of municipal organic waste using black Soldier fly larvae. *Waste and Biomass Valorization, 2(4), 357-363.* <https://doi.org/10.1007/s12649-011-9079-1>
- Dortmans, B., Diener, S., Verstappen, B., & Zurbrügg, C. (2017). *Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide. ISBN: 978-3-906484-66-2*
- ERARD P. (2002) La courgette C.t.i.f.l. (Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes Edition Buguet Comptour, Macon-Ctifl- Paris. P 145.
- France 2030. (2022, 25 octobre). *Agronutris, la production de protéines à base d'insectes. Entretien avec Cédric Auriol, cofondateur et directeur général d'Agronutris. Modifié le 25 octobre 202*
- Francou, C. (2003, 18 décembre). *Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : influence de la nature des déchets et du procédé de compostage - recherche d'indicateurs pertinents.* <https://pastel.hal.science/pastel-00000788/>
- Gerard, A. (2016). Conception et évaluation de méthodes de détection d'insectes dans les matrices alimentaires.
- Hattou, M. A. (2016). Effets de l'incorporation des huiles essentielles extraites du thym et de l'origan sur la productivité, les qualités nutritionnelles et physicochimiques du poivron.
- Holmes, L. A., Vanlaerhoven, S. L., & Tomberlin, J. K. (2012). *Relative humidity effects on the life history of Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae). Environmental entomology, 41(4), 971-978.*

- Infocdbq. (2017, 18 décembre). *Les mouches deviennent enfin utiles en agriculture : trois utilisations potentielles en mode recherche* - CDBQ. CDBQ. <https://www.cdbq.net/mouches-deviennent-enfin-utiles-agriculture-trois-utilisations-potentielles-mode-recherche/>
- Jade, D., Ayyamperumal, S., Tallapaneni, V., Nanjan, C. M. J., Barge, S., Mohan, S., & Nanjan, M. J. (2021). *Virtual high throughput screening: Potential inhibitors for SARS-CoV-2 PLPRO and 3CLPRO proteases*. *European journal of pharmacology*, 901, 174082.
- Kaya, C., Generalovic, T.N., Ståhls, G. et al. *Global population genetic structure and demographic trajectories of the black soldier fly, Hermetia illucens*. *BMC Biol* 19, 94 (2021). <https://doi.org/10.1186/s12915-021-01029-w>
- Khouildi, H., Hala, A., Dihmani, A., & LOUMANI, A. (2022). *Caractérisation physicochimique du poivron avant et après le séchage solaire (Doctoral dissertation, UNIVERSITE AHMED DRAIA-ADRAR)*.
- Klammsteiner, T., Walter, A., Bogataj, T., Heussler, C. D., Stres, B., Steiner, F. M., Schlick-Steiner, B. C., Arthofer, W., & Insam, H. (2020). *The core gut microbiome of black soldier fly (Hermetia illucens) larvae raised on Low-Bioburden diets*. *Frontiers in Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00993>
- Koné, M., & Vandenberg, G. W. (2020). *Étude de la composition des matières organiques végétales résiduelles sur les performances de croissance, les bilans de bioconversion et la qualité nutritionnelle des larves de mouches soldats noires*
- Kováčik P., Kozánek M., Takáč P., Galliková M. & Varga L., 2014. *The effect of pig manure fermented by larvae of house flies on the yield parameters of sun.*
- Lalander, C., Diener, S., Zurbrugg, C., & Vinnerås, B. (2018). *Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (Hermetia illucens)*. *Journal of Cleaner Production*, 208. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.017>
- Latiri, K. (2002). *La fertilisation : Engrais et production agricole. Dans Atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, acquis et perspectives de la recherche (pp. [pages de l'article, si disponibles]). Tunis : Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie.*
- L'équipe de Ctendance. (2019, 21 août). *Semer des poivrons : quand et comment planter ?*. Mis à jour le 8 mars 2022. <https://www.ctendance.fr/jardin/semer-poivrons/>.
- Maglangit, F., Kyeremeh, K., & Deng, H. (2023). *Deletion of the accramycin pathway-specific regulatory gene accJ activates the production of unrelated polyketide metabolites*. *Natural Product Research*, 37(16), 2753-2758.

- Maquart, P.-O. et al. (2020). *Bulletin de la Société entomologique de France*.
- Marcel. M. (2001). *Larousse agricole., édition 2001*
- Marie, C., Christopher, & Caroline. (2018, 29 janvier). *Quel est le rôle des insectes dans la biodiversité?* <https://lyc-galois-sartrouville.ac-versailles.fr/spip.php?article606>
- Mouria B., Ouazzani-Touhami A. et Douira A. 2010. Valorisation agronomique de compost et de ses extraits sur culture de la tomate
- Myers, H., Tomberlin, J., Lambert, B., & Kattes, D. (2008). *Development of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae Fed Dairy Manure. Environmental Entomology, 37, 11-5.* [https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2008\)37\[11:DOBSFD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2008)37[11:DOBSFD]2.0.CO;2).
- Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO]. (2019). <https://www.fao.org/news/archive/newsbydate/2019/fr/>
- Park, H. H. (2016). *Black Soldier Fly Larvae Manual. Student Showcase 14.* http://scholarworks.umass.edu/sustainableumass_studentshowcase/14/?utm_source=scholarworks.umass.edu%2Fsustainableumass_studentshowcase%2F14&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages.
- Pastor B., Velasquez Y., Gobbi P. & Rojo S., 2015. Conversion of organic wastes into fly larval biomass: bottlenecks and challenges. *Journal of Insects as Food and Feed 1*, 179–193.
- Pochard, E., Palloix, A., & Daubeze, A. M. (1992). *Le piment*.
- Polese J-M. et Devaux S., 2007: *Plante aromatique et condimentaire, flore de France*
- Rezzab, L., & Kirat, A. (2017). *Essai bioinsecticide "in vivo" de mentha piperita sur les pucerons du poivron sous serre. Université de Mostaganem*
- *Semer et planter poivron et piment : Quand et comment faire ses semis de poivron et piment ?* (2019, 19 avril). *Binette & Jardin.* <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-2639-semer-planter-poivron-piment.html>
- Sheppard DC, Tomberlin JK, Joyce JA, Kiser BC, Sumner SM. *Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). J Med Entomol. 2002 Jul; 39(4):695-8. doi: 10.1603/0022-2585-39.4.695. PMID: 12144307.*
- Sheppard, D.C., Tomberlin, J.K., Joyce, J.A., Kiser, B.C., & Sumner, S.M. (2002). *Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). Journal of Medical Entomology, 39(4), 695-698.* <https://doi.org/10.1603/0022-2585-39.4.695>.
- Tahar, A., Abdelhak, B., & Hilmi, B. *Les impacts négatifs des engrais chimiques sur l'environnement et la santé publique (Doctoral dissertation, université de kasdi merbah ouargla*

- TETOHU Jade, BOSSIN Hervé, Jean-Paul PEILLEX (2021). *Élaboration d'un manuel de production de Black Soldier Fly (Hermetia illucens) pour l'alimentation des poules pondeuses en Polynésie française et fourniture de 5 kits. Rapport technique. Tahiti (35p)*
- Tolba, F. Z., & Kherrab, I. (2019). *Etude de l'Effet d'une fertilisation organique en parallèle avec une fertilisation chimique (cas de l'engrais NPK) sur la croissance et le développement du blé dur (Triticum durum Desf.)]. Université de Constantine.*
- Traksele, L., Speiciene, V., Smicius, R., Alencikiene, G., Salaseviciene, A., Garmiene, G., Zigmantaite, V., Grigaleviciute, R., & Kucinskas, A. (2021). *Investigation of in vitro and in vivo digestibility of black soldier fly (Hermetia illucens L.) larvae protein. Journal of Functional Foods, 79, 104402.*
- Ziadi.N. (2007)., *article : Utilisation des engrais : description des différentes formes et leurs impacts en agroenvironnement*
- Zitouni, D., & Douar, K. (2017). *Étude bioécologique de la faune auxiliaire des aphides de poivron sous serre. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.*