

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère De L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département des Sciences Biologiques



Projet de Fin d'Etudes



En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Biologiques

Option : Biologie des Populations et des Organismes

Thème

Etude de l'effet de l'infestation des graines de petit pois
Pisum sativum L 1753 par la bruche *Bruchus pisorum* L
1758, sur la germination et la levée.

Réalisé par :

**MOKRANI FAYÇAL
MOSTEFAÏ NUMIDIA**

Soutenu le : 12/07/2023

Devant le jury :

Présidente : M^{me} SADOUDI ALI-AHMED D.

Professeur (UMMTO)

Examinatrice : M^{me} KHAMMES-TALBI N.

MAA (UMMTO)

Promotrice : M^{me} DJIOUA. O

MAA (UMMTO)

Promotion : 2022/2023

Remerciements :

Nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné la force, la patience et le courage d'achever ce travail.

Nous tenons à remercier notre promotrice **M^{me} DJIOUA.O** pour avoir dirigé ce travail, pour ses conseils, sa bienveillance, sa disponibilité.

Nous remercions aussi pour **M^r Remdini.R** pour son aide précieuse.

Nous remercions aussi nos enseignants qui nous ont formé et guidé le long de notre parcours universitaire.

Nous adressons également nos remerciements à :

M^{me} SADOUDI ALI-AHMED D, qui nous a fait l'honneur de présider notre jury.

M^{me} KHAMMES-TALBI N, qui a accepté d'évaluer ce travail.

Nous tenons à remercier toutes personnes qui a contribué à ce travail de prêt ou de loin.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes parents,

Ce mémoire est dédié à vous. Votre soutien constant a été une force motrice tout au long de mes études. Je vous suis profondément reconnaissant pour tout ce que vous avez fait pour moi.

Mes frères,

Cette dédicace est pour vous. Votre présence joyeuse et votre encouragement m'ont soutenu tout au long de ce parcours. Merci d'avoir cru en moi et de m'avoir motivé à poursuivre mes rêves.

Mes ami(e)s,

Cette dédicace est pour vous, mes précieux ami(e)s. Votre soutien et votre amitié ont été essentiels pour moi. Merci d'avoir partagé des moments mémorables et de m'avoir soutenu tout au long de ces études. Je vous suis reconnaissant d'être dans ma vie.

Ma binôme,

Je dédie une mention spéciale à ma binôme. Notre collaboration a été essentielle pour notre succès. Je suis reconnaissant d'avoir travaillé avec toi et d'avoir partagé cette expérience enrichissante.

À tous,

Votre soutien, votre confiance et votre amitié ont été essentiels pour l'achèvement de ce mémoire. Je vous remercie du fond du cœur pour tout ce que vous avez apporté dans ma vie.

Fayçal

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes parents : Belaid et Keltsouma

Qui m'ont toujours encouragée à poursuivre mes rêves et m'ont donné les moyens de réussir, je vous suis infiniment reconnaissante.

Mes frères : Idir sa femme Dyhia, et Boussad

Qui m'ont soutenu et aidé tout au long de ce parcours, je ne pourrais jamais vous remercier assez.

Mes sœurs : Malissa son mari Zakaria leurs filles Inas et Imane, et Safia

Qui ont toujours cru en moi et m'ont poussée à donner le meilleur de moi-même, merci du fond du cœur.

Mes ami(e)s : Mounia, Imane, Zahra, Hanane, Yamina, Sabrina, Amina, Melissa, Mouloud, Malek, Amine ...

Qui ont été mes compagnons de route tout au long de ces années d'études et qui m'ont soutenue dans les moments les plus difficiles, je suis reconnaissante de vous avoir dans ma vie.

Mon binôme : Fayçal

Qui m'a inspiré, aidé, conseillé et soutenu tout au long de notre parcours, merci pour ta patience et d'avoir été là pour moi.

Numidia

Liste des tableaux et des figures

Tableau I : Les valeurs nutritionnelles pour 100g du petit pois	05
Tableau II : Résultats du test d'ANOVA.....	36
Tableau III : Résultats du test Newman-Keuls.....	36
Figure 1 : Nodosités racinaires du petit pois.....	07
Figure 2 : La tige du petit pois.....	07
Figure 3 : Les feuilles du pois.....	08
Figure 4 : Fleurs du pois	09
Figure 5 : Le fruits du pois.....	10
Figure 6 : Les graines du pois	10
Figure 7 : Cycle de vie du petit pois	11
Figure 8 : Bruche adulte du pois	17
Figure 9 : Larves du <i>Bruchus pisorum</i>	18
Figure 10 : Cycle de développement de la bruche	19
Figure 11 : Évolution temporelle des températures mensuelles enregistrées en laboratoire d'avril à mai 2023.....	25
Figure 12 : Mise en germination (ORIGINALE, 2023)	26
Figure 13 : Semi des graines (ORIGINALE, 2023)	27
Figure 14 : Taux de germination total des graines de <i>P.sativum</i>	30
Figure 15 : Taux de germination des graines saines de <i>P.sativum</i>	31
Figure 16 : Taux de germination total des graine bruchées de <i>P.sativum</i>	31
Figure 17 : Taux de germination des graines bruchées de 2020 de <i>P.sativum</i>	32
Figure 18 : Taux de germination des graines bruchées de 2021 de <i>P.sativum</i>	33
Figure 19 : Taux de germination des graines bruchées de 2022 de <i>P.sativum</i>	33
Figure 20 : Taux de levée total de <i>P.sativum</i>	34
Figure 21 : Taux de levée des graines bruchées de <i>P.sativum</i>	35

SOMMAIRE

Liste des tableaux et des figures

Sommaire

Introduction 01

CHAPITRE I : Généralités sur le pois : *Pisum sativum*

I.1. Origine et historique du petit pois.....	03
I.2. Production du petit pois.....	03
I.2.1. Dans le monde	03
I.2.2. En Algérie.....	04
I.3. L'intérêt du pois.....	04
I.3.1. Intérêt nutritionnel.....	04
I.3.2. Intérêt agronomique.....	05
I.4. Biologie du pois.....	06
I.4.1. Position systématique.....	06
I.4.2. Phénologie.....	06
I.4.2.1. Système racinaire.....	06
I.4.2.2. Tige.....	07
I.4.2.3. Feuilles.....	08
I.4.2.4. Fleurs.....	08
I.4.2.5. Fruit.....	09
I.4.2.6. Graine.....	10
I.4.2.7. Cycle de vie du petit pois.....	11
I.5. Exigences agro écologiques de la plante.....	11
I.5.1. Climat.....	11
I.5.2. Lumière.....	12
I.5.3. L'eau.....	12
I.5.4. Sol.....	12
I.5.5. L'azote.....	12
I.6. Ennemis de la culture du pois.....	12
I.6.1. Principaux ravageurs du pois.....	12
I.6.1.1. Thrips du pois.....	13
I.6.1.2. Sitone du pois.....	13
I.6.1.3. Cécidomyie du pois.....	13
I.6.1.4. Puceron vert du pois.....	13
I.6.1.5. Tordeuse du pois.....	13
I.6.1.6. Bruche du pois.....	13
I.6.1.7. Autres ravageurs.....	14
I.6.2. Les principales maladies du pois.....	14
I.6.2.1. Le mildiou du pois.....	14

I.6.2.2. La rouille du pois.....	14
I.6.2.3. L'oïdium du pois.....	15
I.6.2.4. L'antracnose du pois.....	15

Chapitre II: Généralités sur la bruche du pois : *Bruchus pisorum*

II.1. Origine et aire de répartition.....	16
II.2. Position systématique.....	16
II.3. Description de l'insecte.....	16
II.4. Cycle de vie.....	18
II.5. Bioécologie de la bruche.....	19
II.6. Dégâts causés par <i>B. pisorum</i> sur le petit pois.....	19
II.6.1. Pertes pandérales.....	19
II.6.2. Perte de germination.....	20
II.6.3. Dépréciation des graines.....	21
II.6.4. Baisse de rendement.....	21
II.7. Méthode de lutte contre <i>B. pisorum</i>	22
II.7.1. La lutte en plein champs.....	22
a. Lutte préventive.....	22
b. Lutte chimique.....	22
c. Lutte biologique.....	23
II.7.2. La lutte pendant le stockage.....	23
a. Lutte préventive.....	23
b. Lutte curative.....	24

Chapitre III : Matériel et méthodes

III. Matériel et méthode.....	25
III.1. La température.....	25
III.2. Matériel utilisé.....	25
III.3. Mise en germination.....	26
III.4. Semis des graines.....	26
III.5. Arrosage des graines.....	27
III.6. Mise en évidence de l'influence de l'infestation par <i>Bruchus pisorum</i> sur la germination et la levée.....	27
III.7. Taux de germination.....	28
III.8. Taux de levée.....	28
III.9. Méthode d'analyse statistique des résultats.....	28

Chapitre IV : Résultats et interprétation

IV.1. Taux de germination des graines semées.....	30
IV.1.1. Taux de germination total.....	30
IV.1.2. Taux de germination par catégorie de graines.....	30
A. Taux de germination des graines saines.....	30

B. Taux de germination totale des graines bruchées.....	31
C. Taux de germination des graines bruchées de 2020.....	32
D. Taux de germination des graines bruchées de 2021.....	32
E. Taux de germination des graines bruchées de 2022.....	33
IV.2. Le taux de levée des graines semées.....	34
IV.2.1. Taus de levée total.....	34
IV2.2. Taux de levée des graines bruchées.....	35
IV.3. Test statistiques.....	36
Discussion.....	37
Conclusion.....	40
Bibliographie.....	43
Annexes.....	49
Résumé.....	53

Les légumineuses sont des cultures importantes pour l'agriculture et la sécurité alimentaire dans de nombreuses régions du monde. Ils sont la troisième plus grande famille de plantes à fleurs, comprenant plus de 18 000 espèces dans 650 genres (**Lewis G et al., 2005**).

Parmi les légumineuses, le pois (*Pisum sativum*) est une culture importante riche en protéines et en nutriments. Le pois appartient à la famille des légumineuses (sous-famille : Faboideae, embranchement : Fabae), il présente des avantages écologiques importants: contribue au développement des légumineuses, soutient les systèmes agricoles à faibles intrants en fixant l'azote atmosphérique. Cela conduit à une réduction des émissions de gaz à effet de serre (CO₂ et N₂O), notamment avec la fertilisation azotée en agriculture (**Stagnari et al., 2017**). Ce trait est particulièrement utile lorsqu'il est combiné avec des systèmes de rotation ou de cultures dérobées, en particulier les céréales, pour augmenter la productivité globale et réduire les besoins en engrais (**Nemecek et al., 2008 ; Peoples et al., 2009**).

De plus, la présence de légumineuses dans la rotation des cultures peut augmenter la diversité des cultures, briser les cycles d'infection et réduire la pression des ravageurs spécifiques des cultures (**Bailey et al., 2001 ; Ratonadas et al., 2012**). La valeur nutritionnelle des graines de pois, riches en protéines et en micronutriments, est particulièrement intéressante pour l'alimentation humaine et animale (**Jeziorny et al., 2010 ; Hall et al., 2017**).

Leur consommation est également associée à des bienfaits pour la santé tels qu'un risque réduit de maladies cardiovasculaires (**Bouchenak & Lamri-Senhadji 2013**). Cependant, cette culture peut être affectée par divers facteurs tels que les ravageurs. Les coléoptères Burchidae, dont les larves se nourrissent exclusivement de graines, sont les ravageurs les plus nuisibles des légumineuses (Fabaceae). L'un de ces ravageurs est *Bruchus pisorum*, un ravageur spécifique au pois (**Caswell, 1960**).

Cette espèce d'insecte peut affecter la germination des pois et l'émergence des semis, entraînant une perte de rendement importante pour les agriculteurs. Les ravageurs qui surviennent pendant le stockage des légumineuses alimentaires causent des dégâts importants et entraînent une perte de qualité et de quantité des légumineuses stockées, en particulier une

capacité de germination réduite. Ceux-ci peuvent gravement endommager les stocks et causer des pertes importantes aux producteurs. En Afrique, les pertes après 6 mois de stockage ont été estimées à environ 40 %, alors que dans les pays développés elles ne dépassent pas 3 % (**Stamm, 2014**).

Notre travail porte sur l'étude de la germination et la levée du petit pois *P.sativum* selon son infestation par *B.pisorum* et ses effets dans les conditions du laboratoire. Ce mémoire est structuré en quatre chapitres :

Le chapitre 1 : rapporte les données bibliographiques sur la plante hôte *Pisum sativum*.

Le chapitre 2 : présente les données bibliographiques sur l'insecte *Bruchus pisorum*.

Le chapitre 3 : comprend une description du matériel et des méthodes utilisés dans cette étude.

Le chapitre 4 : consiste en analyse des différents résultats obtenus et leur interprétation. Il sera suivi d'une discussion des résultats et d'une conclusion.

I.1 Origine et historique du petit pois

Le pois (*Pisum sativum* L.) est l'une des plus anciennes cultures domestiquées au monde. Son origine et sa zone de domestication initiale se situent dans le bassin méditerranéen et au Moyen-Orient. Avant d'être cultivés, les pois vesces et pois chiches faisaient partie de l'alimentation quotidienne des chasseurs-cueilleurs à la fin de la dernière période glaciaire au Moyen-Orient et en Europe. Les restes de ces plantes légumineuses sont très courants sur les sites datant des 10^e et 9^e millénaires avant JC, ce qui suggère que la domestication des légumineuses peut même avoir précédé la domestication des céréales. Les céréales et les légumineuses étaient ainsi les cultures de base au début de la " Révolution agricole ", ce qui a facilité l'établissement de colonies permanentes (**Petr Smýka et al., 2012**).

De nombreux botanistes ont décrit différentes formes sauvages qui ne diffèrent que par quelques traits morphologiques. Parfois ces types constituent des espèces distinctes dont les noms rappellent souvent le lieu d'origine. Mais surtout, ils sont considérés comme appartenant aux sous-espèces de pois : *Pisum sativum arvense* (Linné), *elatius* (Bieb Stev), *abyssinium* (Braum), *jomaradi* (Schrank), *asiaticum*, *humile transcaucasicum*, *aethiopicum* et *unbellatum*.

Tous ces groupes peuvent se croiser les uns avec les autres, il est donc logique de les considérer comme faisant partie de la même espèce. En revanche, des hybrides avec des genres voisins : Lathyrus, Vetch et Lentil ne peuvent jamais être obtenus (**Coussin, 1996**).

I.2. Production du petit pois

I.2.1. Dans le monde

Avec plus de 18 millions de tonnes récoltées en 2007, le pois (pois sec et pois frais) est la quatrième légumineuse au plan mondial, loin toutefois après le soja (216 Mt), l'arachide (35 Mt) et le haricot (28 Mt) (**FAO, 2009**).

Selon les statistiques de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), en 2007, la production mondiale de pois secs s'est élevée à 10,1 millions de tonnes pour une surface ensemencée de 6,8 millions hectares, soit un rendement moyen de 14,69 quintaux par hectare. La même année, la production de pois frais s'est élevée à 8,2 millions de tonnes pour une surface ensemencée de 1,08 millions d'hectares, soit un rendement moyen de 7,6 quintaux par hectare.

Selon d'autres statistiques de la FAO (2009), les deux principaux producteurs de pois frais, Chine et Inde, représentent près de 70 % du total mondial. Pour les pois secs, plus de 90 pays producteurs sont recensés dans le monde, cependant les cinq premiers représentent plus de deux tiers de la production totale et les quinze premiers plus de 90 %. Après avoir atteint un premier pic à 13,2 millions de tonnes en 1964, la production mondiale de pois secs qui oscillait entre 8 et 10 millions de tonnes au cours des années 1960-1970 a connu une forte croissance dans la décennie 1980 pour atteindre un pic à 16,6 millions de tonnes en 1990.

I.2.2. En Algérie

En Algérie le pois a été cultivé avant 1830 dans les jardins et les champs en Kabylie (**Loumont et Chevassus, 1960**). Il est surtout cultivé sur les plaines côtières et les zones sublittorales.

Durant cette dernière décade c'est en 1993 qu'on a enregistré la superficie la plus importante avec vingt et un mille ha alors que le rendement le plus important a été enregistré en 2001 sur une superficie de vingt mille ha (**FAO, 2003**). L'année 2007 a connu une production atteignant 25 milliers de tonnes en pois frais (**FAO, 2009**).

I.3. Intérêt du pois

Parce qu'il appartient à la famille des légumineuses, le pois présente des avantages à deux niveaux : agronomique et nutritionnel :

I.3.1. Intérêt nutritionnel

Dans la consommation humaine, les pois sont consommés frais ou sous forme d'aliments secs récoltés à pleine maturité. Les pois sont riches en protéines et peuvent remplacer certaines protéines animales dans l'alimentation, la teneur en protéines des graines allant de 17,25 % à 32,2 %, selon le génotype et les conditions de production (**Mossé et al., 1987**). (Tableau I)

Tableau I : Les valeurs nutritionnelles pour 100g du petit pois (USADA* ; 1999)

Nutriment	Unités	Petit pois crus	Petit pois cuits
Eau	g	78.86	77.8
Energies	Kcal	81	84
Protéines	g	5.42	5.36
Lipides totaux	g	0.4	0.22
Glucides	g	14.46	15.64
Fibres totales	g	5.1	5.5
Minéraux			
Calcium	mg	25	27
Fer	mg	1.47	1.54
Magnésium	mg	33	39
Phosphore	mg	108	117
Potassium	mg	244	271
Sodium	mg	5	3
Zinc	mg	1.24	0.173
Cuivre	mg	0.176	0.173
Manganèse	mg	0.410	0.525
Sélénium	mg	1.8	1.9
Vitamines			
Vitamines C	mg	40	14.2
B1 (thiamine)	mg	0.266	0.259
B2 (riboflavine)	mg	0.132	0.149
B3 (niacine)	mg	2.09	2.16
B5 (pyridoxine)	mg	0.104	0.153
B6 (acide pantothenique)	mg	0.169	0.216
Acide folique	mg	65	63.3
B 12	mg	0	0
Vitamine A	I.U	640	579
Vitamine E	mg ATE	0.39	0.39
Lipides			
Acides gras saturés	g	0.071	0.039
Acides gras mono-insaturés	g	0.035	0.019
Acides gras poly insaturée	g	0.187	0.102
Acides linoléiques (18.2)	g	0.035	0.019
Acides alpha linoléiques (18.3)	g	0.035	0.019
cholestérol	mg	0	0

I.3.2 Intérêts agronomiques

D'un point de vue agronomique, le pois est considéré comme une très bonne tête de rotation, laissant un sol riche de 30 à 50 kg/ha d'azote (Boyeldieu, 1991). Il est capable de fixer l'azote dans l'atmosphère grâce à des bactéries fixatrices d'azote dans le système racinaire, réduisant ainsi l'apport d'azote, limitant ainsi la pollution des eaux souterraines par les engrais azotés (Androsoff *et al.*, 1995).

I.4. Biologie du pois

I.4.1. Taxonomie

Le petit pois est classé selon la systématique suivante (**USDA, 2008**) :

Règne : Plantae (Plantes).

Sous-règne : Tracheobionta (plantes vasculaires).

Embranchement : Spermatophyta (plantes à graines).

Sous Embranchement : (Magnoliophyta).

Classe : Magnoliopsida (Dicotylédones).

Sous-classe : Rosidae.

Ordre : Fabales.

Famille : *Fabaceae* : fabacées, papilionacées ou légumineuses

Genre : *Pisum*

Espèce : *Pisum sativum* L.1753

I.4.2. Phénologie

I.4.2.1. Le système racinaire

L'appareil souterrain du petit pois est formé d'un système racinaire à pivot relativement peu développé avec des racines secondaires voir tertiaires. L'enracinement du pois est assez développé puisque les racines peuvent atteindre 60 cm de profondeur jusqu'à 80 cm en fin floraison. Très ramifié surtout dans la couche superficielle du sol, les racelles de 2eme ou 3eme ordre portent des nodosités qui vont permettre à la plante de fixer l'azote atmosphérique (**Carroue et Girad, 1994**). (Figure 01).



Figure 01 : Nodosités racinaires du petit pois
([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nitrogen - fixing_nodules_in_the_roots_of_legumes..JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nitrogen_fixing_nodules_in_the_roots_of_legumes..JPG))

I. 4. 2.2. La tige

La tige, peu ramifiée, de longueur variant de 50 cm à 1,5 m, voire jusqu'à deux mètres, est à croissance indéterminée. Elle est creuse, de section cylindrique, et grimpe en s'accrochant aux supports par les vrilles des feuilles. Elle se caractérise par un certain nombre de nœuds, ou mailles, dont les premiers sont purement végétatifs (émettant des feuilles ou des ramifications) et les suivants reproducteurs (portant des fleurs) (Carroue et Girad, 1994). (Figure 02).



Figure 02 : La tige du petit pois (<https://img.freepik.com/photos-premium/pisum-sativum>)

I.4.2.3 Les Feuilles

Les feuilles composées de 4 à 6 folioles sessiles à disposition alterne ont différentes teintes du vert jaune au vert bleu foncé. Les folioles sont entières ou plus ou moins dentées, de forme ovale ou elliptique, leur extrémité est arrondie et crénelée, pointue ou tronquée selon les variétés. Elles se terminent par une vrille simple ou ramifiée. Celles-ci sont entières, ovales, et ont de 1,5 à 6 cm de longueur. Les feuilles possèdent, à leur base, deux grandes stipules embrassantes, arrondies et crénelées (Coussin, 1996). (Figure 03).



Figure 03 : Les feuilles du pois(<https://static.aujardin.info/cache/th/par/pisum-sativum-600x450.jpg>)

I. 4.2. 4. Les fleurs

Les fleurs, de type « papilionacé », sont zygomorphes, à ovaire supère et cléistogames. Elles apparaissent à l'aisselle des feuilles, solitaires ou groupées en racème par deux ou trois. Le calice, de couleur verte, est formé de cinq sépales soudés et présente cinq dents inégales. La corolle compte cinq pétales très différenciés, l'étendard redressé en position postérieure,

les deux ailes en position latérale, enveloppant la carène, elle-même formée de deux pétales inférieurs, partiellement soudés. La corolle est généralement entièrement blanche, parfois rose, pourpre ou violette. L'androcée comprend dix étamines (Muahlbaur et Tubba, 1997).

La taille des fleurs est de 3 à 4 cm de long, les pédoncules de longueur variable supportent une à trois fleurs (Elzebroek *et* Wind, 2008). (Figure 04).



Figure 04 : Fleurs de pois (<https://mieux-se-connaître.com/wp-content/uploads/2009/10/pois.jpg>)

I.4.2.5 Fruit

Le fruit est de type gousse longue de 4 à 11 cm, elle contient 5 à 10 grains, de 5 à 8 mm de diamètre. Les grains sont globuleux, lisses et non marbrés, ils possèdent des réserves en amidon et en protéines.

Ces gousses présentent des variations morphologiques selon les variétés, leur forme générale est droite ou plus ou moins arquée, leur extrémité plus ou moins effilée ou tronquée.

Elles comportent généralement une membrane sclérifiée, le parchemin, qui est absente chez les variétés de type « mangetout ». Leur couleur est généralement verte, parfois violette (Prat *et al.*, 2005). (Figure 05).



Figure 05 : Le fruit du pois (<https://www.aprifel.com/wp-content/uploads/2019/02/petits-pois.jpg>)

I.4.2.6. La graine

La graine est exalbuminée, riche en amidon (**Hopquin, 1994**). Les graines de pois peuvent être de trois couleurs différentes : les variétés à fleurs blanches produisent des graines vertes ou jaunes crème, alors que les variétés à fleurs roses ou rouges produisent des graines tachetées de brun. Dans le premier cas, le tégument de la graine est translucide, tandis que dans le second cas, le tégument coloré masque la couleur des cotylédons et contient toujours des tanins.(Figure 06).



Figure 06 : Les graines du petit pois
(<https://potagersdantan.files.wordpress.com/2011/04/semences-pois.jpg>)

I.4.2.7. Le cycle de vie du petit pois :

Le cycle développement du petit pois comprend deux périodes : une période végétative et une période reproductrice (figure 07).

- **Période végétative** : s'étend de la germination jusqu'à la ramification, sa durée est entre 15 et 25 jours (Callum *et al.*, 1997).
- **Période reproductrice** : cette période est marquée par l'apparition et le développement des nœuds pour la première fleur (Krawczak, 1999). (Figure 07).

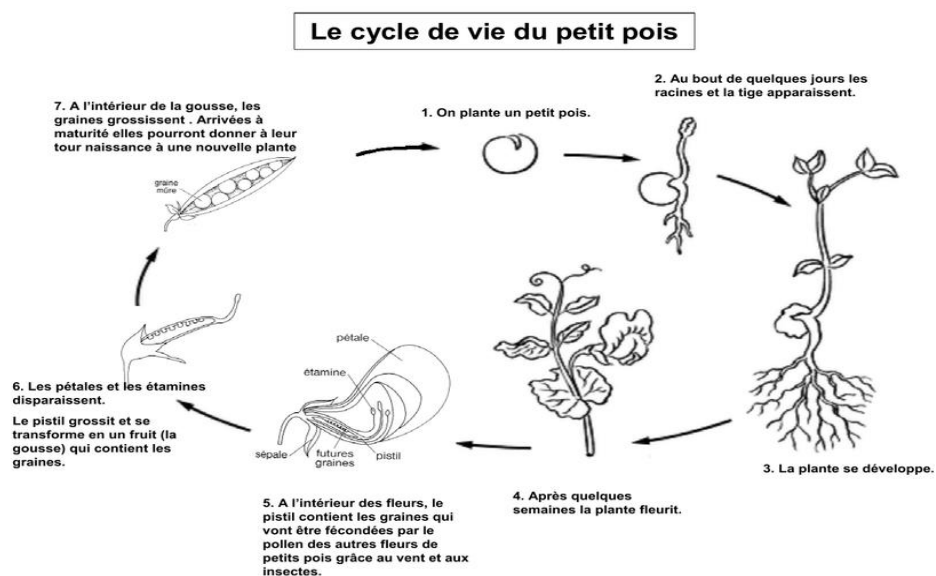


Figure 07 : Cycle de vie de *Pisum sativum* (<https://studylibfr.com/doc/1157820/cycle-de-vie-du-petit-pois>)

I.5. Les exigences agro-écologiques de la plante

I.5.1. Climat

Les pois nécessitent un climat frais et relativement humide et sont cultivés en haute altitude sous les tropiques, avec des températures allant de 7 à 30°C (Duc., 1981). Les pois tolèrent un gel de -2°C, mais la croissance aérienne peut être affectée par une protection contre les pois rustiques à -6°C et la couverture de neige (Slinkard *et al.*, 1994). Les niveaux de température optimale pour les périodes végétatives et reproductrices des pois sont réciproquement de 21 et 16°C et 16 à 10°C jour et nuit.

I.5.2. Lumière

Le pois est une plante qui a besoin de suffisamment de lumière pour compléter son cycle végétatif et qui aime les conditions de lumière vive. Un développement optimal nécessite généralement au moins 6 à 8 heures d'ensoleillement direct par jour (**William Erskine et al., 2008**)

I.5.3. Les exigences hydriques

Les pois peuvent tolérer un peu de sécheresse et ne supportent pas une humidité excessive. Dans les zones où les précipitations sont supérieures à 350 mm, les pois peuvent être cultivés irrigués ou secs (**Ferdaous., 2015**).

Il ne faut pas trop irriguer durant la phase de floraison, car cela provoquerait la chute des fleurs (**Sikerdji., 2002**).

I.5.4. Le sol

Les pois aiment les sols frais, sains et légers. Dans les sols calcaires, ils végètent mal et leurs grains durcissent. Dans les sols argileux, ils résistent mal aux gelées tardives et pourrissent dans les sols légers qui se réchauffent rapidement, assurant leur précocité, les sols silico-argileux et argilo-calcaires donnent des rendements optimaux. Un pH de sol convenable se situe entre 6 et 6,6 (**Ferdaous., 2015**).

I.5.5. L'azote

Comme toutes les légumineuses, le pois peut subir une fixation symbiotique de l'azote commençant 30 jours après le semis et se poursuivant pendant environ 60 jours.

Visuellement, lorsqu'un nodule est découpé, plus la coupe est rouge, plus elle contient de pigment réactif rouge, indicateur de la fixation symbiotique de l'azote. La fixation de l'azote varie selon la variété et les conditions de croissance des cultures (**Larue et Patterson., 1981**).

I.6. Les ennemis de la culture du pois

I.6.1. Les principaux ravageurs de pois

De nombreux insectes ravageurs s'attaquent aux cultures du pois à différents stades de développement (**Bonnemaison., 1962 ; Chaux.Claude., 1992**).

I.6.1.1. Le thrips du pois

Franklinellia robusta, un minuscule insecte piqueur de 1mm de taille qui attaque les fleurs et les gousses et dont la larve se développe sur les gousses. Elle provoque un dessèchement et un rabougrissement (empêche le développement) de la plante.

I.6.1.2. La sitone du pois

Sitona lineatus est un petit coléoptère qui dévore le limbe des feuilles en faisant des encoches semi circulaires sur le bord et dont la larve ronge les racines et les nodosités affaiblissant ainsi les plantes. Il apparaît au mois de mars au moment du semis des pois. Les prélèvements foliaires liés aux Sitone adultes ne sont pas nuisibles. En revanche, Les larves le sont puisqu'elles détruisent les nodosités (**Bovey *et al.*, 1972**).

I.6.1.3. La cécidomyie du pois

Contrinia pisi est un diptère qui provoque la formation des galles (excroissance) dans les fleurs (**S.J. Foster., 1997**).

I.6.1.4. Le puceron vert du pois

Acyrtosiphon pisum pique les feuilles et les stipules et peut causer des dégâts en cas de pullulation. Il est aussi le vecteur de diverses maladies virales.

Tout le cycle se déroule sur le pois et les fabacées. La précocité de son installation dans les cultures explique en grande partie sa nuisibilité, chez le pois de nombreux ennemis naturels contribuent à la lutte biologique contre le puceron de pois, mais souvent ils ne réussissent pas à protéger les cultures contre les pertes importantes des rendements (**Lafranchis, 2001**).

I.6.1.5. La tordeuse du pois

Elle se manifeste par sa chenille jaunâtre à tête noire d'environ 15 mm et qui vit dans les graines et peut en dévorer plusieurs successivement. Cet insecte ne peut accomplir son cycle complet que dans les cultures de pois secs.

I.6.1.6. La bruche du pois

Bruchus pisorum est un petit coléoptère qui pond dans les gousses en formation et dont les adultes se développent dans les grains mûrs et secs, ce ravageur n'est pas spécifique

du pois seulement. Contrairement au bruche du haricot, il ne se reproduit pas dans les grains entreposés. Il existe aussi la bruche tropical du pois *Zabrotes subfasciatus* Boh originaire d'Amérique du Sud qui se reproduit dans les grains secs de plusieurs espèces de légumineuses (Coutin., 2004).

I.6.1.7. Autres ravageurs :

Les pois sont vulnérables aux chenilles défoliantes de plusieurs espèces de vers gris comme La teigne du pois, Teigne des crucifères, Ver gris gamma et les papillons blanc. Les nématodes peuvent attaquer le système racinaire et les oiseaux, en particulier les tours et les tourterelles, peuvent endommager les jeunes plantes en déterrants les graines et les semis et en attaquant les gousses matures (Jarso *et al.*, 2006).

I.6.2. Les principales maladies du pois

I.6.2.1. Le mildiou du pois

Pernospora pisi produit d'abondantes oospores dans les tissus infectés, en particulier les tiges et les gousses. Les oospores peuvent être conservées dans le sol (parcelles avec cultures de l'agent pathogène) ou dans des lots de graines ou des fragments de cabosses malades mélangés à des graines. Ces lots de semences peuvent introduire des maladies dans de nouvelles zones. Les conidies de *Peronspora pisi* sont produites la nuit à des températures comprises entre 4 et 16°C (optimalement 8°C) La contamination secondaire des tiges, des feuilles et des gousses par les conidies se produit entre 8 et 16°C (à Incuber pendant 12 jours à une température supérieure à 18 °C pour stopper la progression de la maladie). Des graines saines produites dans des zones exemptes de moisissures au printemps chaud et sec sont recommandées.

La moisissure causée par le mildiou se produit lorsque le climat est froid et humide. Elle se caractérise par des taches jaunâtres sur les feuilles et des dessous de feuilles blancs puis violacés (Kabir *et al.*, 2012).

I.6.2.2. La rouille

Il existe au moins 3 espèces de rouille sur les pois, *Uromyces pisi* et *Uromyces Viciae craccaae*, un hybride qui forme l'acia sur *Euphorbia*, et *Uromyces viciae fabae*, une maladie auto-rouilleuse des fèves et des pois. La rouille causée par *Uromyces pisi* est courante chez les pois. Il apparaît sous forme de petites taches blanches poudreuses et colonise d'abord les

feuilles plus âgées. Le cycle de vie des champignons est complexe, avec cinq étapes de reproduction. Il n'a pas d'hôte intermédiaire (**Mohamed et al., 1983**).

Des rotations de cultures de deux ans empêchent l'accumulation d'inoculum fongique. (**Laundon et Waterston., 1965**).

I.6.2.3. L'oïdium du pois

L'oïdium du pois est causé par *Polysiphe polygona* (l'oïdium à plusieurs têtes) et se rencontre principalement dans les cultures maraîchères et les pépinières. Le développement de cette maladie est associé à l'intensification des cultures de pois protéagineux. L'oïdium se caractérise par des feutres blancs sur les feuilles et les branches. La maladie peut causer des dégâts considérables et entraîner une baisse de rendement de 50 % (**Rengasamy, 2006**).

Son comportement diffère de celui des autres oïdiums par un seul détail : il peut se propager par graines. Contrairement au mildiou, l'oïdium dessèche les feuilles prématurément, compromettant la qualité des pois destinés à la congélation. Le contrôle fongique de l'oïdium du pois a été peu étudié.

I.6.2.4. L'antracnose

Le pois est sensible à trois espèces appartenant au genre *Ascochyta* : *Ascochyta pisi*, *Ascochyta pinodella* et *Ascochyta pinodes*. L'espèce la plus redoutable semble être *Ascochyta pinodes* qui attaque aussi bien les organes aériens que le collet. Les périthèces formés sur les débris de plantes jouent également un rôle dans la dissémination de la maladie. Ils sont capables de projeter des ascospores au printemps suivant, transporté par le vent à des distances plus grandes que les conidies produites par les pycnides.

Les symptômes varient selon le champignon en question :

- *Ascochyta pisi* : lésions beiges à bordures foncées et nombreuses ponctuations noires (pycnides) au centre.

- *Ascochyta pinodes* ou *Mycosphaerella pinodes* : petites taches noires qui peuvent grossir et se regrouper pour former de grosses taches noires. Apparition fréquente (nécrose noire) à la base de la tige. (**Ali et al., 1978**).

II. Généralités sur la bruche du pois *Bruchus pisorum*

II.1. Origine et aire de répartition

Bruchus pisorum, également connu sous le nom de charançon du pois, est une espèce d'insecte appartenant à la famille des Chrysomelidae. L'origine de *Bruchus pisorum* est quelque peu incertaine, car il existe plusieurs théories sur la répartition géographique de l'espèce. Cependant, certaines études suggèrent que l'espèce est originaire d'Europe ou du Proche-Orient. L'analyse la diversité génétique de *Bruchus pisorum* a été étudiée en Europe et au Moyen-Orient, suggérant que l'espèce pourrait être originaire du Proche-Orient, en particulier dans les régions où le pois est largement cultivé depuis l'Antiquité (Baloch et al., 2017).

II.2. Position systématique

La bruche est classée selon la systématique suivante (Harrington and al, 1993) :

Règne : Animalia (Animaux)

Embranchement : Arthropoda (Arthropodes)

Classe : Insecta (Insectes)

Ordre : Coleoptera (Coléoptères)

Famille : Chrysomelidae (Chrysomélidés)

Sous-famille : Bruchinae

Genre : *Bruchus*

Espèce : *Bruchus pisorum*. L 1758.

II.3. Description de l'insecte *Bruchus pisorum*

II.3.a. L'adulte :

La bruche du petit pois adulte mesure environ 3 à 4 millimètres de longueur. Elle a une forme ovale et arrondie. Son corps est recouvert d'une cuticule dure et luisante. Les adultes ont une couleur de base allant du brun foncé au noir. Sur leurs élytres, on peut observer des taches claires distinctives, généralement de couleur blanche ou beige. Leurs antennes sont courtes, épaisses et composées de onze segments (Sánchez-Ramos et al., 2015). (figure08)



Figure 08: Bruche du pois adulte (<https://www.bio-enligne.com/images/insectes/coleopteres/bruche-pois-bruchus-pisorum.jpg>)

II.3.b. Les larves

Les larves de la bruche du pois sont des vers blancs, de forme cylindrique et légèrement incurvées. Elles sont dépourvues de pattes. Les larves ont une taille variable, atteignant environ 5 à 6 millimètres de longueur à maturité. Leur corps est mou et de couleur blanc crème. Elles possèdent une tête brune distincte avec des mandibules puissantes pour se nourrir des graines de pois (Sánchez-Ramos et al., 2015) (figure09).



Figure 09 : larves de *Bruchus pisorum* (https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT4beMfqesAh1Pwpz91oMOyANK00O2gc_pPpA&usqp=C
AU)

II.3.c. Les œufs

Les œufs du charançon sont de petite taille et de forme ovale. Ils sont généralement pondus individuellement sur les gousses de petit pois ou à proximité. Les œufs sont de couleur blanchâtre ou jaunâtre et mesurent environ 1 millimètre de longueur (**Weston et al., 2014**).

II.3.d. Les nymphes :

Après l'éclosion de l'œuf, la larve se développe progressivement en nymphes. Les nymphes sont des stades intermédiaires entre la larve et l'adulte. Elles sont de couleur blanche ou jaunâtre, avec une cuticule légèrement plus dure que celle de la larve. Les nymphes se trouvent généralement à l'intérieur (**Weston et al., 2014**)

II.4.Cycle de vie

Le cycle de vie de la bruche de pois comprend quatre stades : l'œuf, la larve, la nymphe et l'adulte. Les adultes émergent au printemps et se nourrissent des feuilles des plantes hôtes. Les femelles pondent ensuite leurs œufs sur les gousses de pois. Les larves éclosent et pénètrent à l'intérieur des graines, où elles se développent et se nourrissent. Une fois leur développement complet, les larves se transforment en nymphes et émergent finalement sous forme d'adultes pour recommencer le cycle. (**Dorokhov et al., 2018**) (figure10).

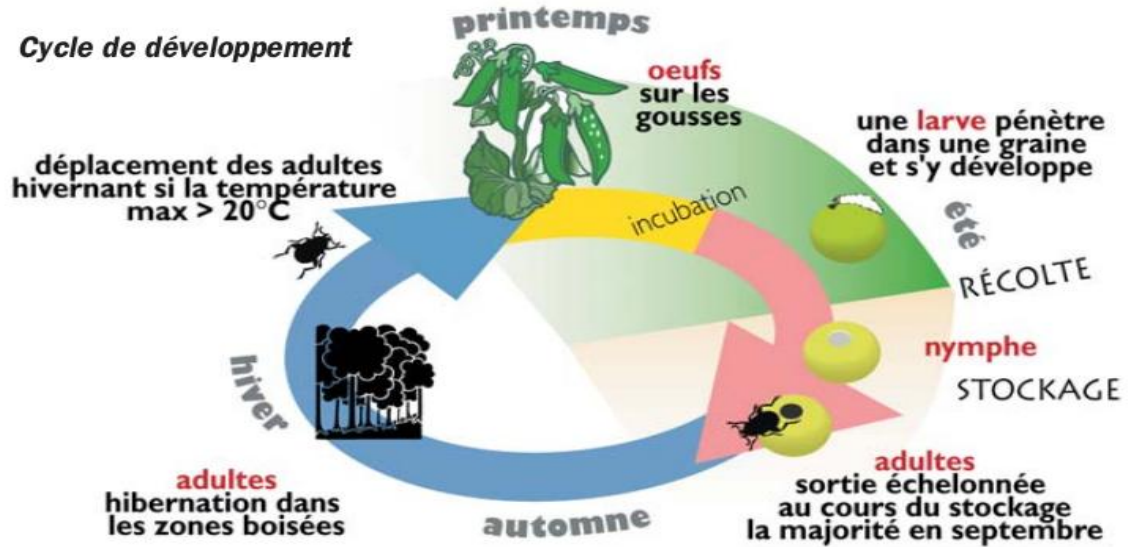


Figure 10 : Cycle de développement de la bruche du pois (<https://www.bio-enligne.com/images/lutte-biologique/bruche-pois-cycle-developpement.png>)

II.4. Bio-écologie de la bruche

La bioécologie de la bruche peut varier en fonction de l'espèce spécifique et de l'environnement. Les études sur la bioécologie des bruches se concentrent généralement sur des aspects tels que le comportement de ponte, le développement larvaire, les préférences alimentaires, les interactions avec les plantes hôtes, les ennemis naturels et les méthodes de lutte. La bruche *B. pisorum* est un coléoptère qui se nourrit des graines de pois. Les adultes émergent au printemps et pondent leurs œufs sur les gousses de pois. Les larves se nourrissent des graines en développement à l'intérieur des gousses, causant des dommages aux cultures. Les pupes se forment à l'intérieur des gousses, puis les adultes émergent et le cycle recommence (Pellissier et al, 2016).

II.5. Dégâts causés par *B. pisorum* sur le petit pois

Les principaux effets de *Bruchus pisorum* sur les cultures de petits pois sont les suivants :

II.5.1. Pertes pondérales :

Les larves de *Bruchus pisorum* s'alimentent de graines de pois, réduisant ainsi le poids des graines. Cette perte de poids peut atteindre jusqu'à 50%, réduisant considérablement la quantité de graines récoltées, entraînant des pertes économiques

importantes pour les producteurs. La perte de poids causée par la bruche sur les pois peut varier en fonction de nombreux facteurs, tels que le degré d'infestation, les conditions environnementales et la variété de pois.

Plusieurs études ont été menées afin d'examiner la perte de poids causée par l'insecte sur les pois :

-Une étude menée en Iran a évalué la perte de poids du petit pois causé par *Bruchus pisorum* chez quatre cultivars de pois. Les pertes moyennes variaient de 16,7 % à 42,5 % selon le cultivar (**Khojastehpour et al., 2018**).

-Une autre étude menée en Turquie a évalué la perte de poids causé par le coléoptère dans deux variétés de pois. La perte moyenne était de 26,6 % pour la première race et de 35,4 % pour la deuxième race (**Ertürk et al., 2016**).

-Une étude menée en Tunisie a évalué la perte de poids de trois variétés de pois par *Bruchus pisorum*. Les pertes moyennes variaient de 4,2 % à 23,4 % selon la race (**Nasr et al., 2010**).

Ces résultats indiquent que la perte de poids du pois par *Bruchus pisorum* peut varier considérablement selon la variété de pois et les conditions locales.

II.5.2. Perte de germination :

Les larves de *Bruchus pisorum* parasitent les graines de pois et réduisent leur capacité à germer. Plusieurs études ont été faites sur ce sujet, en voici certaines :

-Une étude a évalué les effets des dommages causés par *Bruchus pisorum* sur la levée au champ et la vigueur des plants de pois. Les résultats ont montré que les graines endommagées par les charançons avaient des taux de germination et une vigueur des plantes inférieurs à ceux des graines non endommagées (**Karshkov et al., 2008**).

-Une seconde étude a utilisé le modèle *Bruchus pisorum* pour examiner les effets directs et indirects de la qualité des ressources alimentaires sur la structure du réseau trophique. Les auteurs suggèrent que les coléoptères du pois peuvent affecter la composition des communautés de plantes et d'insectes en réduisant la qualité des graines de pois et en perturbant les relations prédateur-proie dans le réseau trophique (**Bucovinski et al., 2008**).

-Une autre étude a évalué les effets de l'infestation par *Bruchus pisorum* sur la germination et la croissance des pois. Les résultats ont montré que les graines infectées avaient un taux de germination plus faible et une croissance des plantes plus lente que les graines non infectées.

En résumé, la perte de germes de pois par l'insecte a été mentionnée dans plusieurs études, soulignant l'importance de contrôler ce ravageur pour maintenir la qualité des cultures de pois (**Hassanpur et al., 2012**).

II.5.3. Dépréciation des graines

Les larves de *Bruchus pisorum* endommagent également les graines de pois en les perçant et en les affaiblissant. Cela peut entraîner une perte de valeur des semences et une réduction de la commercialisation.

L'impact de cette dépréciation sur les pois est multiple et comprend : une germination réduite, une vigueur des semis réduite, une mortalité accrue des semis et un rendement final réduit. Plusieurs études ont examiné les effets de la dégradation des graines de pois par *Bruchus pisorum*. Une étude a révélé que les graines infectées par ce ravageur avaient des taux de germination plus faibles, une croissance des semis plus lente et une mortalité des semis plus élevée que les graines non infectées. De plus, cette étude a montré que l'infestation par la bruche du pois avait un impact significatif sur le rendement final en pois, le réduisant jusqu'à 30 % (**Kamel et al., 2017**).

Une autre étude a également examiné l'effet du coléoptère sur la qualité des graines de pois et le rendement final. Les résultats ont montré que les graines infectées par les insectes avaient une teneur en protéines plus faible, une teneur en huile plus élevée et une teneur totale en glucides inférieure à celle des graines non infectées. De plus, cette étude a montré que l'infestation par cet insecte avait un impact significatif sur le rendement final, le réduisant jusqu'à 50 %. En résumé, la dégradation des graines de pois par *Bruchus pisorum* peut avoir un impact significatif sur la qualité des pois et le rendement final (**Lehmann et al., 2013**).

Par conséquent, les agriculteurs et les producteurs doivent être vigilants et prendre des mesures pour empêcher la propagation de *Bruchus pisorum*, notamment en stockant correctement les semences et en utilisant des traitements appropriés pour contrôler cet insecte.

II.5.4. Baisse de rendements

Les infestations de *Bruchus pisorum* peuvent entraîner des pertes importantes de rendements de pois. Des études ont montré que la perte de rendement peut varier de 10% à 100% selon le degré d'infestation (**El Bouhssini et al., 2010**). Les résultats d'une évaluation des effets de l'infestation par *Bruchus pisorum* sur le rendement et la qualité des graines de

deux cultivars de pois ont montré que l'infestation réduisait considérablement le rendement et la qualité des graines récoltées dans les cultures de pois (**Kusy et Janczak., 2017**).

Une étude a examiné les effets des dégâts de la bruche du pois sur la qualité et le rendement des pois. Les auteurs ont constaté que les cultures infestées de charançons avaient des rendements et une qualité des semences récoltées significativement plus faibles, y compris la teneur en protéines et en sucre (**Schindelholz et Tschumi., 2015**).

Une évaluation de l'impact de l'infestation par *Bruchus pisorum* sur les composantes du rendement des cultures de pois dans des conditions de terrain, a montré que l'infestation avait un effet significatif sur la réduction du nombre de gousses, du nombre de grains par gousse et du poids des grains par plante, et qu'en conséquence, il est devenu clair que le rendement des cultures a globalement diminué (**Hasaoui et al., 2015**).

II.5.4. Méthode de lutte contre *B. pisorum* :

La lutte contre le charançon du pois repose sur le contrôle des adultes dans le champ, avant même la ponte (**Huignard., 2011, Smith et Hepworth., 1992**). Cependant, il n'est pas facile de suivre les adultes sur le terrain à travers le réseau. Aucun piège n'est efficace contre ce ravageur. Cependant, le suivi des œufs semble être plus utile. La lutte contre ce charançon doit d'abord être gérée en culture (**Seindenglanzt et al., 2007**).

Cet insecte ravageur des cultures de pois, peut causer des pertes importantes. Voici quelques méthodes de lutte contre *Bruchus pisorum* :

II.5.4.1. La lutte en plein champ

a. Lutte préventive

La rotation des cultures est un moyen important de prévenir la propagation de *Bruchus pisorum*. Éviter de planter des pois dans des champs qui ont été plantés de pois l'année précédente peut réduire les populations de *Bruchus pisorum*. La sélection de variétés résistantes et le contrôle des mauvaises herbes sont également des mesures préventives importantes. Il est recommandé de récolter tôt, avant que le ravageur n'atteigne l'âge adulte. Cela détruit les résidus de culture les plus couramment infestés. Après la récolte, un labour profond est recommandé pour enfouir les graines parasites restantes après la récolte et perturber le cycle des ravageurs (**Huignard., 2011**).

b. Lutte chimique

Les insecticides sont une option pour lutter contre *Bruchus pisorum* sur le terrain. Cependant, leur utilisation doit être soigneusement planifiée afin de minimiser les risques pour l'environnement et la santé humaine. Ce contrôle est principalement dû à l'application d'insecticide avant la ponte (Clement et al., 2000). Cette application est nécessaire quand l'invasion dure 2 à 4 semaines (Huignard., 2011) et que le nombre d'œufs pondus augmente (Larez et al., 2007 in Huignard., 2011). Cependant, l'effet des insecticides sur les adultes et les œufs peut ne pas être significatif dans les infestations graves (Seidenglanzt et al., 2011).

c. Lutte biologique

Les ennemis naturels tels que les parasites et les prédateurs peuvent également être utilisés pour lutter contre *Bruchus pisorum*. Ils possèdent un haut niveau de capacité cognitive qui leur permet de détecter les ravageurs cachés (Lafont., 2007). Il existe plusieurs prédateurs qui se nourrissent de cette espèce, tel que :

- Carabidae : Certaines espèces de coléoptères sont connues pour se nourrir de *Bruchus pisorum*. Une étude, a montré que le carabe *Poecilus chalcites* pouvait réduire significativement la population de *Bruchus pisorum* (Lundgren et Rosentrater., 2007)
- Chrysopidae : Les larves de plusieurs membres de la famille des Chrysopidae, comme *Chrysoperla carnea* et *Chrysopa septempunctata*, ont été signalées comme prédateurs de *Bruchus pisorum* (Benelli et al., 2018)
- Staphylinidae : Plusieurs coléoptères lobes, comme *Philonthus cognatus*, ont également été signalés comme prédateurs potentiels de *Bruchus pisorum* (Beyarslan et al., 2012)
- Guêpes parasitoïdes : Plusieurs espèces de guêpes parasites, telles que *Pachycrepoides vindemmiae*, ont été signalées comme parasitant les larves de *Bruchus pisorum* (Seyahoei et al., 2019).

II.5.4.2. La lutte pendant le stockage

a. Lutte préventive

Le stockage des pois dans de bonnes conditions peut empêcher l'infestation de *Bruchus pisorum*. Les pois doivent être conservés au frais et au sec. Ainsi que les sacs de stockage doivent être hermétiquement fermés pour empêcher les insectes d'entrer. Voici quelques mesures préventives pour contrôler le charançon du petit pois pendant le stockage :

- Séchage des pois : Le séchage des pois après la récolte est une étape importante pour réduire l'humidité et empêcher la croissance de moisissures et de champignons dont se nourrissent les charançons. Une humidité relative inférieure à 65% et des températures inférieures à 25°C réduisent efficacement la croissance des charançons sur les pois entreposés **(Huang et al., 2019)**.

- Utilisation de contenant hermétique : L'utilisation d'un contenant ou récipient hermétique empêchera les charançons de pénétrer dans les pois entreposés. Le récipient peut être constitué de matériaux tels que le polyéthylène ou le PVC. L'utilisation de sacs en polyéthylène est efficace pour réduire la perte de poids et les taux d'infestation par *B. pisorum* pendant le stockage des pois **(Li et al., 2018)**.

b. Lutte curative :

Plusieurs méthodes de lutte curative sont utilisées pour contrôler ce ravageur pendant le stockage. Voici quelques-unes de ces méthodes :

- Traitement au gaz : Le traitement des graines de pois avec des gaz tels que le phosphore d'aluminium ou le disulfure de carbone peut être utilisé pour contrôler *Bruchus pisorum* pendant le stockage. Ces gaz sont toxiques pour les insectes et sont efficaces pour réduire les populations de *Bruchus pisorum*. Cependant, ces gaz peuvent également être toxiques pour l'homme et doivent être manipulés avec précaution **(Arthur FH., 2014)**.

- Traitement thermique : Le traitement thermique des graines peut être utilisé pour tuer les insectes et les œufs du charançon. Ce traitement consiste à chauffer les graines à haute température pendant un certain temps. Bien que cette méthode soit efficace pour contrôler les populations de *Bruchus pisorum* pendant le stockage, elle peut également affecter la qualité des semences **(Navarro et al., 2003)**.

- Entreposage au froid : L'entreposage au froid des graines ralentit la croissance et le développement de *Bruchus pisorum* et peut réduire la population de ces insectes. Des températures de stockage inférieures à 5 °C sont efficaces pour contrôler les populations du coléoptère pendant le stockage, mais peuvent également affecter la qualité des semences **(Daglish GJ., 2008)**.

- Utilisation de pesticides : L'utilisation de pesticides est efficace pour lutter contre *Bruchus pisorum* pendant le stockage. Des insecticides tels que la deltaméthrine, le chlorpyrifos et le foxime ont été utilisés avec succès pour réduire la population de l'insecte sur les graines de

pois. Cependant, l'utilisation excessive de pesticides peut amener les insectes à développer une résistance aux produits chimiques (**Abdel-Rahman HA et al., 2010**).

III. Matériel et méthodes

L'expérience a été pratiquée au laboratoire "pathologie et protection des écosystèmes" du département des sciences biologiques et agronomiques de l'université MOULOUD MAMMARI de Tizi-Ouzou.

Cette étude est portée sur les semences de pois secs *Pisum sativum*, récoltées dans la zone de Tizi-Ouzou.

III.1. La température

Les températures relatives enregistrées au laboratoire pendant la période d'étude (avril-mai 2023), sont présentées dans la figure 11.

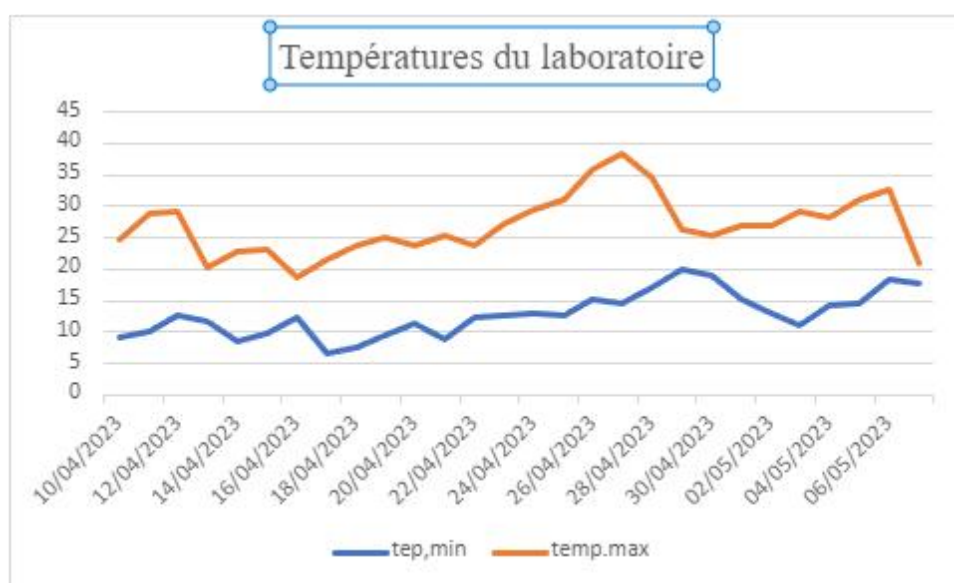


Figure 11: Évolution temporelle des températures mensuelles enregistrées en laboratoire d'avril à mai 2023 (<https://www.infoclimat.fr/climatologie-mensuelle/60395/mai/2023/tizi-ouzou.html>)

III.2. Matériel utilisé

-Terreau : qui est un engrais naturel obtenu en mélangeant de la terre végétale (débris végétaux) et de la matière organique et est utilisé pour les cultures maraîchères et florales.

-Des gobelets en plastiques troués dans leurs fonds

-Des graines sèches de petit pois triées comme suis :

*10 graines saines de 2023

*10 graines infestées de 2022

*10 graines infestées de 2021

*10 graines infestées de 2020

III.3.Mise en germination

La germination est le processus par lequel une graine se développe en une nouvelle plante en présence de conditions favorables. Lors de la germination, la graine absorbe de l'eau, puis la radicule qui est la première racine émerge, puis la tige et la première feuille. Ce processus fait sortir la plante de la dormance et entre en croissance active (**José María Monsalve-Fernández; 2019**). (Figure 12).



Figure 12 : Mise en germination des graines de *Pisum sativum* (ORIGINALE, 2023)

III.4.Semis des graines

Nous avons procédé à la plantation des graines de petit pois le 10 Avril 2023 dans des gobelets en plastiques étiquetés avec le numéro, le type de graine qu'elle soit saine ou infestées et l'année de provenance de la graine (exp: 01/ saine, 01/2020...), en remplissant d'abord le gobelet a moitié de terreau puis y introduire une graine, la recouvrir de terreau ensuite coller l'étiquette. (Figure 13).



Figure 13: Semi des graines (ORIGNALE, 2023)

III.5. Arrosage des graines

Le premier arrosage a été fait sur place lors du semis des graines avec 20 ml d'eau de robinet, puis nous avons arrosé avec la même quantité d'eau tout les 2 jours.

III.6. Mise en évidence de l'influence de l'infestation par *Bruchus pisorum* sur la germination et la levée

L'effet du taux d'infestation sur la germination des graines de pois a été déterminé en comparant des graines infestées à des graines saines semées dans les mêmes conditions en fonction de l'âge de ces graines. L'observation et le comptage des graines germées ont été effectués quotidiennement à partir du jour du semis. Les graines non germées sont détectées et leur état est enregistré.

III.7. Taux de germination

Nous avons compté les graines germées et non germées. Le taux de germination est obtenu en divisant le nombre de graines germées par le nombre totale des graines et multiplier par 100.

$$\text{Taux de germination (\%)} = (\text{nombre de graines germées} / \text{nombre totale des graines}) \times 100$$

III.8. Taux de levée

Il s'agit de déterminer le pourcentage de levée dans chaque pot à la deuxième semaine en comptant les plantes qui ont émergé. Il est donné par la formule suivante :

$$\text{Taux de levée \%} = (\text{nombre de plantes levées} / \text{nombre totale de graines semées}) \times 100$$

III.9. Méthode d'analyse statistique des résultats

Pour souligner l'effet de l'infestation du pois *Pisum sativum* par le charançon *Bruchus pisorum* sur la germination et la levée des graines, nous avons utilisé le test statistique ANOVA. Et le logiciel R

L'ANOVA (analyse de la variance) est une technique statistique qui compare les moyennes de trois groupes ou plus dans une étude expérimentale ou observationnelle. Cela permet de déterminer si les différences observées entre les groupes sont statistiquement significatives, c'est-à-dire si elles sont probablement dues à des différences réelles plutôt qu'à des fluctuations aléatoires. (Montgomery ad al ; 2012).

Le logiciel R est un langage de programmation largement utilisé dans le domaine de la statistique, de l'analyse de données et de la science des données. Il a été développé par Ross Ihaka et Robert Gentleman à l'Université d'Auckland, en Nouvelle-Zélande, dans les années 1990 (Hadley et al., 2017).

L'ANOVA est basée sur l'hypothèse nulle selon laquelle il n'y a pas de différences significatives entre les moyennes des groupes. Cette hypothèse est évaluée en décomposant la variation totale des données en deux composantes : la variation intergroupe (également appelée variation intergroupe) et la variation intragroupe (également appelée variation intragroupe). Si la variation inter-groupes est significativement supérieure à la variation intra-

groupe, cela indique une différence significative entre les groupes. (Agresti, A., & Finlay, B ;2009).

L'ANOVA produit une statistique appelée F, qui est le rapport de la variation entre les groupes et au sein des groupes. Si la valeur F est suffisamment élevée et dépasse un seuil critique déterminé par le niveau de signification choisi (généralement 0,05), il est possible de rejeter l'hypothèse nulle et conclure qu'il existe une différence significative entre les groupes. (Field, A ; 2013).

Il existe plusieurs types d'ANOVA, telles que l'ANOVA à un facteur (comparant les moyennes de plusieurs groupes indépendants), l'ANOVA à deux facteurs (comparant les moyennes de plusieurs groupes indépendants en tenant compte de deux facteurs) et l'ANOVA à mesures répétées (Comparant les moyennes d'un même groupe à différents moments ou conditions). (Howell, D. C ; 2012).

L'ANOVA est largement utilisée dans de nombreux domaines, notamment la recherche scientifique, les sciences sociales, la psychologie, la biologie et les études de marché, pour évaluer les différences entre les groupes et effectuer des comparaisons statistiques. (Montgomery ad al ; 2012).

Le logiciel R est un langage de programmation largement utilisé dans le domaine de la statistique, de l'analyse de données et de la science des données. Il a été développé par Ross Ihaka et Robert Gentleman à l'Université d'Auckland, en Nouvelle-Zélande, dans les années 1990 (Hadley et al., 2017).

IV. Résultats et interprétation

IV.1. Taux de germination des graines semées

IV.1.1. Taux de germination total

La figure ci-dessous représente le taux de germination total obtenu à partir des graines semées dans les conditions du laboratoire (figure14) :

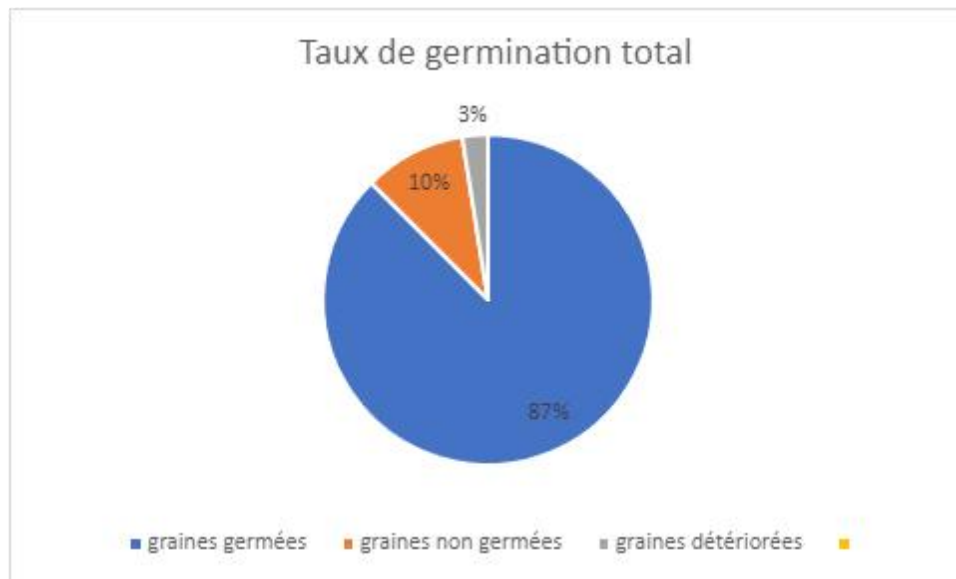


Figure14 : Taux de germination total des graines de *P. sativum*

Il apparaît sur cette figure que le taux de germination total est de 87%, celui des graines non germées est de 10% et le pourcentage des graines détériorées est de 3%.

IV.1.2. Taux de germination par catégorie de graines

Les taux de germination ont été calculés pour chaque catégorie de graines semée.

A. Taux de germination pour les graines saines

La figure ci-dessous représente le taux de germination obtenu à partir des graines saines (figure15).



Figure15 : Taux de germination des graines saines de *P.sativum*.

Il ressort de cette figure que le taux de germination des graines saines est de 100%.

B.Taux de germination totale des graines bruchées

La figure suivante représente le taux de germination obtenu à partir des graines infestées (figure 16) :

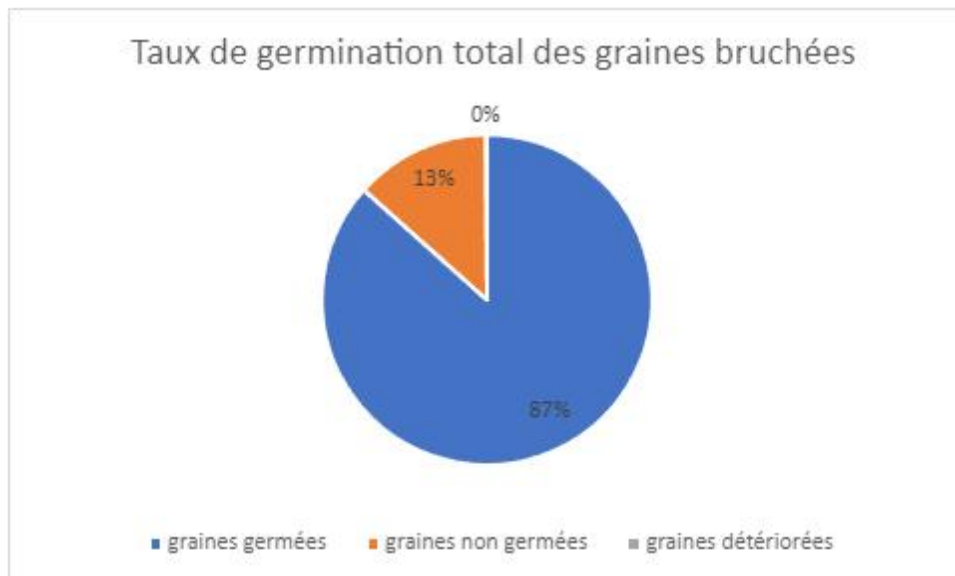


Figure16 : Taux de germination total des graines bruchées de *P. sativum*.

Il apparaît sur cette figure que le taux de germination total des graines bruchées est de 86.6%, et le taux des graines non germées est de 13.3%, et pour les graines détériorées, il est de 0.1%.

C.Taux de germination pour les graines bruchées de 2020

La figure ci-dessous représente le taux de germination obtenu à partir des graines bruchées de 2020 (figure 17) :

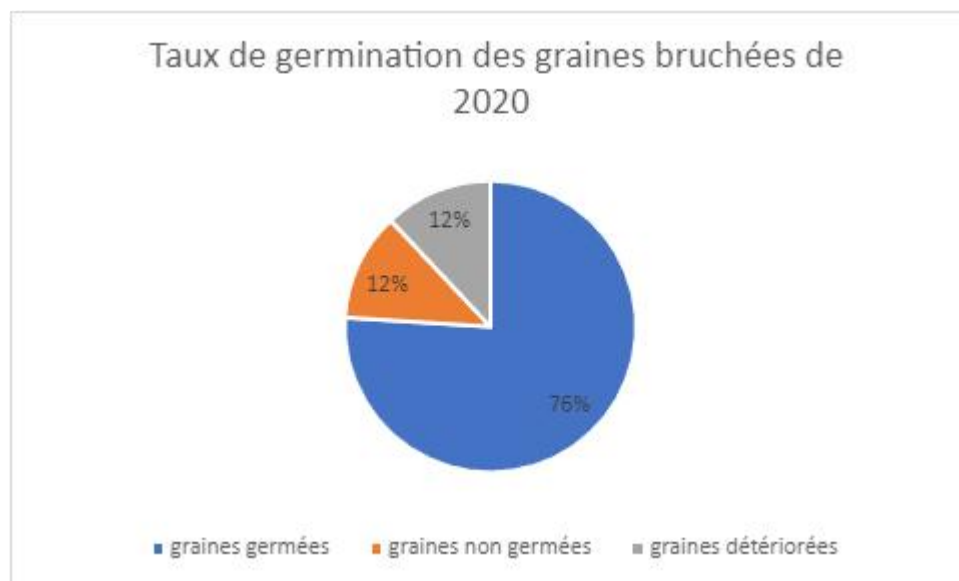


Figure 17 : Taux de germination des graines bruchées de 2020 de *P.sativum*.

Nous déduisons à partir de cette figure que le taux de germination des graines bruchées de 2020 est de 76%. Celui des graines non germées est de 12%, et pour les graines détériorées, il est de 12%.

D.Taux de germination pour les graines bruchées de 2021 :

La figure suivante représente le taux de germination obtenu à partir des graines bruchées de 2021 (figure 18) :

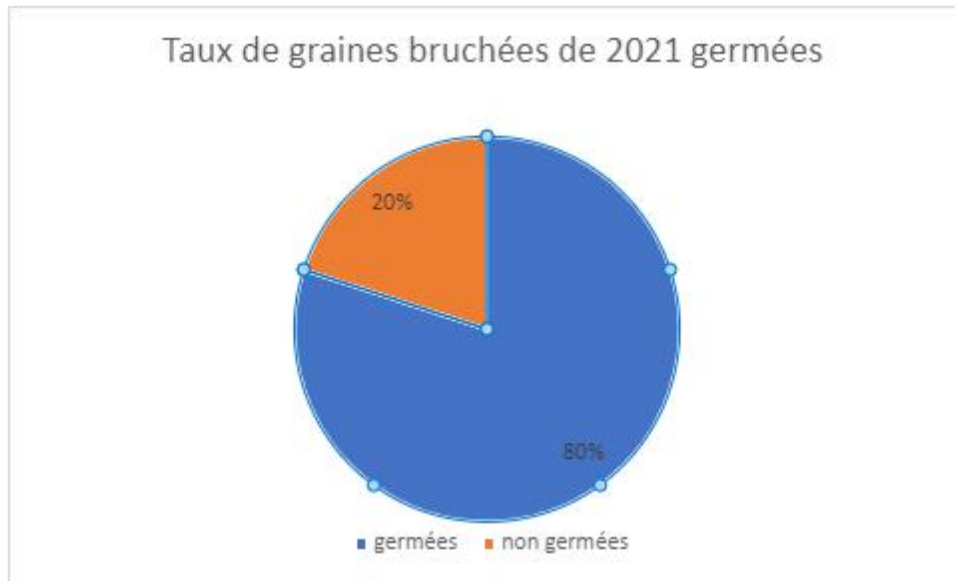


Figure 18 : Taux de germination des graines bruchées de 2021 de *P.sativum*

Il apparaît sur cette figure que le taux de germination pour les graines bruchées de 2021 est de 80%, et celui des graines non germées est de 20%.

E.Taux de germination pour les graines bruchées de 2022

La figure suivante représente le taux de germination obtenu à partir des graines bruchées de 2022 (figure 19) :

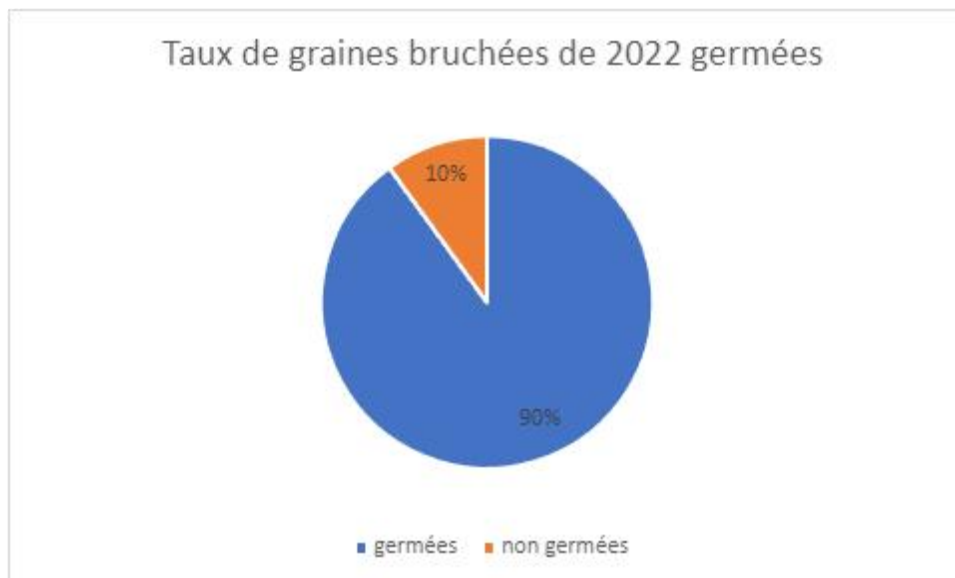


Figure 19 : Taux de germination des graines bruchées de 2022 de *P.sativum*.

Il apparaît sur cette figure que le taux de germination pour les graines bruchées de 2022 est de 90% et celui des graines non germées est de 10%.

Les résultats obtenus dans l'étude du taux de germination des graines de différentes catégories montrent d'une part que les graines saines ont un pouvoir germinatif supérieur à celui des graines infestées, et d'autre part que la germination des graines infestées semble suivre un gradient en fonction de l'année de récolte. En effet, les graines de 2022 ont le taux de germination le plus élevé suivies par les graines de 2021 puis celles de 2020.

Le taux important de germination des graines saines peut s'expliquer par le fait que les cotylédons des graines sont intacts, contrairement à ceux des graines bruchées qui sont réduits et diminuent de ce fait le développement de la graine.

Le gradient suivi par les graines bruchées peut s'expliquer par le fait que les dégâts occasionnés par la bruche sont plus importants sur les graines de 2020 et 2021 que sur celle de 2022.

IV.2. Le taux de levée des graines semées

IV.2.1. Taux de levée total

La figure ci-dessous représente le taux de levée total obtenu à partir des graines semées (figure 20) :



Figure 20 : Taux de levée total de *P.sativum*.

Il apparaît sur cette figure que le taux de levée total est de 87,5%, et celui des graines saines est de 100%, et pour les graines bruchées il est 82%.

IV.2.2. Taux de levée des graines bruchées

La figure suivante représente le taux de levée des graines bruchées des trois années 2020, 2021, 2022 (figure 21) :

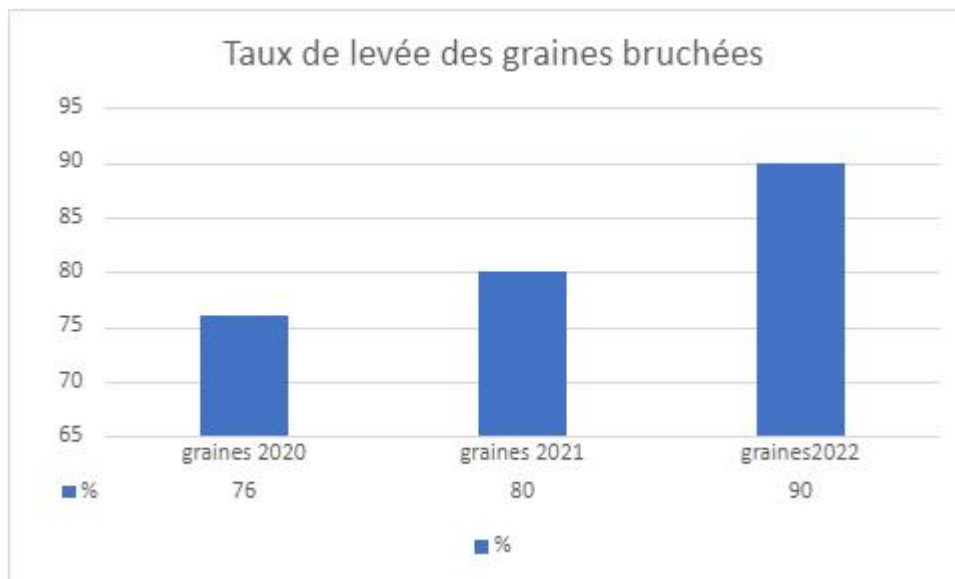


Figure 21 : Taux de levée des graines bruchées de *P. sativum*

Nous déduisons de cette figure que le taux de levée des graines bruchées de 2020 est de 76%. Celui des graines bruchées de 2021 est 80%, et celui des graines bruchées de 2022 est de 90%.

Les résultats obtenus dans l'étude du taux de levée des graines de différentes catégories montrent d'une part que les graines saines ont un pouvoir de levée supérieur à celui des graines infestées, et d'autre part que la levée des graines infestées semble suivre un gradient en fonction de l'année de récolte. En effet, les graines de 2020 ont le taux de levée le plus élevé suivies par les graines de 2021 puis celles de 2022.

Le taux important de levée des graines saines peut s'expliquer par le fait que les cotylédons des graines sont intacts, contrairement à ceux des graines bruchées qui sont réduits et diminuent, de ce fait, le développement de la graine.

Le gradient suivi par les graines bruchées peut s'expliquer par le fait que les dégâts occasionnés par la bruche sont plus importants sur les graines de 2022 et 2021 que sur celles de 2020.

Cette différence du taux de levée est analogue à celle de la germination ceci du fait que la levée est un phénomène qui suit la germination.

IV.3. Tests statistiques

Afin de mettre en évidence l'effet de l'infestation de *Bruchus pisorum* sur la germination et la levée de *Pisum sativum*, nous avons appliqué à nos résultats des tests statistiques.

Tableau II : Résultats du test d'ANOVA :

	Df	Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Age de la graine	03	3019,8	1006,6	6,9958	0,0007942
Residuals	36	5179,9	143,89		

Nous avons effectué une analyse de variance ANOVA à un facteur pour tester l'effet de la variable "Age de la graine" sur la variable "levée". Les résultats confirment qu'il existe une différence hautement significative entre les groupes d'âge de la graine avec une p-value = 0,00079.

Tableau III : Résultats du test Newman-Keuls :

	Levée	Groups
Année 2021	33,6	a
Année 2022	29,34	a
Saine	17,66	b
Année 2020	12	b

Nous avons ensuite réalisé un test de comparaison Newman-Keuls entre les groupes d'âge de la graine. Les résultats montrent des moyennes groupées avec des lettres (a, b) indiquant les différences significatives entre les groupes.

Les résultats montrent qu'il existe une relation significative entre l'âge de la graine et la variable mesurée "levée". Les groupes d'âge de la graine "Année2021" et "Année2022" ont des moyennes significativement plus élevées que les groupes "Année2020" et "saine".

Discussion

Dans cette partie, seront discutés les résultats que nous avons obtenus dans l'étude de l'effet de l'infestation des graines du petit pois *Pisum sativum* par la bruche *Bruchus pisorum* sur la germination et la levée.

Taux de germination des graines de *Pisum sativum* :

Il ressort de notre étude que le taux de germination total des graines de *Pisum sativum* est de 80%. Ce résultat est très proche de celui de Nacef et Boudjedaimi (2015) qui ont obtenu un taux de 79% sur le petit pois. Ce résultat révèle que les conditions du laboratoire ont été favorables pour permettre la germination.

Influence de l'infestation par *Bruchus pisorum* sur la germination :

Le taux de germination total des graines bruchées est de 87%. Cette valeur n'est pas proche de celle de Nacef et Boudjedaimi (2015) qui est 54%, cela nous montre que l'infestation influe sur le rendement du petit pois.

L'impact de l'infestation sur la germination des graines de pois a été étudié en utilisant des graines endommagées en fonction de leur âge, comparées à des graines saines semées dans les mêmes conditions. Les résultats ont révélé une influence significative de l'infestation par la bruche sur la germination. Le taux global de germination des graines saines était nettement supérieur à celui des graines endommagées. Cette diminution de la capacité de germination des graines peut être attribuée à une réduction de la qualité des réserves présentes dans les cotylédons et/ou à une altération de leur qualité. Réduction de la viabilité des graines : Lorsque les larves de bruche émergent, elles se nourrissent de l'intérieur des graines, se nourrissant de leurs réserves nutritives. Cela peut entraîner une diminution de la viabilité des graines, c'est-à-dire leur capacité à germer et à produire une plante à croissance vigoureuse.

Une étude a évalué l'effet des dégâts de *Bruchus pisorum* sur la levée au champ et la vigueur des plants de pois. Les résultats ont montré que les graines endommagées par le charançon avaient des taux de germination et une vigueur des plantes inférieurs à ceux des graines non endommagées. **(Kashkov et al., 2008).**

Une autre étude a examiné les effets de l'invasion de *Bruchus pisorum* sur la germination et la croissance des pois. Ils ont découvert que les graines infectées avaient un taux de germination plus faible et une croissance des plantes plus lente que les graines non

infectées. En résumé, la perte de pousses de pois due à cet insecte a été mentionnée dans plusieurs études, soulignant l'importance du contrôle de ce ravageur dans le maintien de la qualité de la récolte de pois. **(Hassanpur et al., 2012).**

Impact de l'infestation sur la levée :

Nos résultats montrent que le taux de levée total des graines de *P. sativum* est de 87.5% tandis que celui des graines infestées est de 83.3 %.

La valeur de p (p-value) obtenue dans notre analyse de variance ANOVA confirme qu'il existe une différence hautement significative entre les groupes d'âge de la graine en ce qui concerne la variable "levée". Une p-value de 0,00079 indique que la probabilité d'obtenir une différence aussi importante entre les groupes d'âge de la graine par pur hasard est extrêmement faible.

Cela affirme fortement que l'âge de la graine a un effet significatif sur la variable de levée. En d'autres termes, l'âge de la graine semble être un facteur important qui influence la levée des graines.

Les résultats de notre test de comparaison Newman-Keuls indiquent des différences significatives entre les groupes d'âge de la graine en ce qui concerne la variable "levée". Les moyennes groupées avec des lettres (a, b) indiquent les différences significatives entre les deux groupes.

Dans notre cas, le groupe "a" d'âge de la graine "Année2021" et "Année2022" a des moyennes significativement plus élevées que le groupe "b" "Année2020" et "saine". Cela signifie que les graines provenant des années 2021 et 2022 ont montré une levée significativement meilleure par rapport aux graines provenant de l'année 2020 et des graines saines.

Plusieurs facteurs pourraient expliquer ces différences significatives. Tout d'abord, l'intensité de l'infestation varie entre les différentes années (2020, 2021 et 2022). C'est-à-dire que les graines des années 2021 et 2022 présentent une infestation moins sévère que celles de l'année 2020,

Il est également important de noter que les conditions environnementales du laboratoire (lumière...) peuvent avoir influencé les résultats obtenus. Ainsi, la présence des

graines saines dans le groupe “b” est due au fait d’un retard de croissance causé par le manque de lumière.

Au terme de notre travail, certains aspects de la biologie de la bruche du pois *Bruchus pisorum* et de sa plante hôte *Pisum sativum* en été étudiés au laboratoire UMMTO.

Dans notre travail, nous avons tenté de mettre en relation les paramètres de l'infestation avec l'âge des graines .

Dans les conditions du laboratoire, le taux de germination des graines varie avec l'âge physiologique des graines, et selon leur état (soit infesté ou non).

D'après nos résultats, le taux de germination est important, la germination totale est de l'ordre de 87%.

Les graines bruchées de 2022 ont le pourcentage le plus élevé, par rapport aux autres graines est cela peut s'expliquer par le fait que les dégâts occasionnés par la bruche sont plus importants sur les graines de 2021 et 2020 que sur celles de 2022.

Nos résultats montrent que le taux de levée suit aussi le taux de germination car les graines bruchées de 2022 ont le taux de levée le plus important.

L'analyse du taux de levée des graines confirme qu'il existe une différence hautement significative entre les groupes d'âge de la graine avec une p-value = 0,00079.

A partir des résultats obtenus, nous constatons que l'effet de l'infestation des graines varie selon l'âge de chacune des catégories du petit pois.

Ces résultats soulignent l'importance de prendre des mesures de lutte efficaces contre *Bruchus pisorum* afin de minimiser les pertes de rendement dans les cultures de pois. Les agriculteurs et les professionnels de l'agriculture doivent être conscients de ce ravageur commun et mettre en place des stratégies de gestion appropriées, telles que le triage des semences, le stockage adéquat et l'utilisation de traitements insecticides ciblés.

De plus, des études supplémentaires pourraient être nécessaires pour explorer d'autres méthodes de lutte alternatives, telles que l'utilisation d'agents de lutte biologique ou de

pratiques culturelles spécifiques, pour réduire l'infestation par *Bruchus pisorum* de manière durable et respectueuse de l'environnement.

En adoptant des mesures de prévention et de contrôle adéquates, il est possible de minimiser les effets néfastes de cette infestation sur la germination et la levée des pois, contribuant ainsi à la réussite des cultures et à la sécurité alimentaire.

Pour maintenir la production et conquérir les normes mondiales l'Algérie est appelée à:

- Valoriser et encourager les études et les programmes de recherches sur ce ravageur
- La maîtrise totale de la bio-écologie du ravageur
- Organiser des journées de formation et de vulgarisation pour les agriculteurs afin de préciser les causes et l'intérêt des programmes de lutte intégrée en agriculture.

Les résultats obtenus montrent l'importance économique de l'insecte ravageur étudié, ceci nous encourage à poursuivre la recherche sur ce ravageur au dépend de plusieurs variétés de pois cultivé dans des milieux différents et pas seulement au laboratoire.

Comme il est aussi intéressant de chercher d'autres relations trophiques et reproductives qui peuvent lier *B. pisorum* avec d'autres plantes, notamment cultivées et sauvages.

La recherche doit apporter d'avantage un appui pour la lutte notamment biologique par la recherche des auxiliaires, des prédateurs et des parasites. Sans oublier l'évaluation de l'activité biologique des huiles essentielles sur les adultes de *B. pisorum* dans les conditions de laboratoire.

A

- ***Abdel-Rahman HA, Zettler JL, Arthur FH. 2010:** Insecticide susceptibility of stored-product psocids and beetles collected from food processing facilities. *Journal of Stored Products Research* 45 : 54-59.
- ***Agresti, A., & Finlay, B. 2009:** Statistical methods for the social sciences. Pearson Education.
- ***Ali, S.M. Nishchke, L.F. Dube, A.J. Krause, M.R et Cameton, B.1978:** Selection of pea lines for resistance to pathotypes of *Ascochyta pinodes*, *A. pisi* and *Phoma medicaginis* var. *Pinodella*. *Aust J. Agric. Res.*, 29: 841-849.
- ***Arthur FH. 2014:** Grain protectants : current status and prospects for the future. *Journal of Stored Products Research* 59: 1-11.

B

- ***Bailey, K.L., Gossen, B.D., Lafond, G.P., Watson, P.R., & Derksen, D.a. 2001 :** Effect of tillage and crop rotation on root and foliar diseases of wheat and pea in Saskatchewan from 1991 to 1998: univariate and multivariate analyses. *Canadian Journal of Plant Science*, 81(4), 789-803.
- ***Baloch, F.S., Amjed, I., Farzand, A., Ahmad, S., Shah, T.M., & Naeem, M. 2017:** Genetic diversity analysis of *Bruchus pisorum* L. populations from Europe and the Middle East using microsatellite markers. *Journal of Pest Science*, 90(3), 841-850.
- ***Benelli, G., and al, 2018:** Chrysopids and aphids: a biological control double-act. *Open Entomology Journal*, 12(1), 27-36.
- ***Beyarslan, A., and al, 2012:** Contributions to the knowledge of Staphylinidae (Coleoptera) fauna in Turkey: *Philonthina* (*Philonthus*) *cognatus* group, with new records. *Journal of the Entomological Research Society*, 14(3), 36-70.
- ***Bovey, Ret Coll. 1972:** *La défoncée des plantes cultivées* -Ed. Payot, Lausanne, 863p.
- ***Boyeldieu, J., 1991:** *Produire des grains oléagineux et protéagineux*. Paris Lavoisier Tec & Doc.
- ***Bukovinszky, T., Van Vee, F.J.F., Jongema, Y., & Dicke, M. 2008:** Direct and indirect effects of resource quality on food web structure. *Science*, 319 (5864), 804-807.

C

- ***Caswell G.H, 2014:** The infestation of cowpeas in the Western region of Nigeria. *Tropical Science*, pp: 154-158.

***Clement S, Darryl C.H, 2000:** Development of bioassays to wild pea germplasm for resistance to pea weevil (Coleoptera : Bruchidae) Crop Protection 20: 517-522.

***Coussin, R., 1974:** Le pois: Annal de l'amélioration des plantes. INRA, Paris. P-10-117.

D

***Daglish GJ. 2008:** Cold storage as a potential non-chemical control strategy for stored-product insects. Journal of Stored Products Research 44: 72-80.

***Duc, J.A., 1981:** Hand book of legumes of world economic importance. Plenum Press, New York. P.199-265.

E

***El Bouhssini, M., Hillocks, R.J & Muehlbauer, F.J. 2010:** Legume crop pests : Bruchids of pulses. CABI.

***Elzebroek, T., and Wind, K. 2008:** Guide to cultivated plants. CAB International, Oxfordshire, UK. Enzymology. (1): 149-158.

***Ertürk, E., Aksoy, U., & Karabörklü, S. 2016:** Evaluation of som pea genotypes for resistance against *Bruchus pisorum* L. (Coleoptera: Chrysomelidae) under field conditions. Turkish Journal of agriculture and forestry, 40(5), 749-757.

F

***FAO, 2003:** Food and alimentation organisation. Sur le site FAO-STAT: [http\\apps.fao.org](http://apps.fao.org).

***FAO, 2009:** Food and alimentation organisation. Sur le site FAO-STAT: [http\\apps.fao.org](http://apps.fao.org).

***Ferdaous, M. 2005:** Amélioration génétique de quelques génotypes de pois protéagineux. Universitaires Européennes. France, 91p.

***Field, A. 2013 :** Discovering staatistics using IBM SPSS Statistics. Sage Publications.

***F.Pellissier, E.Tabone, J.Bourguet, A.Streiff, 2016:** The role of ecological specialization in the molecular adaptation to different environments : Insights from *Bruchus pisorum*. PLOS ONE, Volume 11, Issue 10, e0163488.

G

***Guedider Hocine 2012:** Mémoire de Mgister Contribution à l'étude du complexe Ascochyta sur pois (*Pisum sativum* L) dans le Nord Ouest Algérien:

-Confrontation in vitro des souches vis-à-vis de quelques fongicides.

-Test d'agressivité des souches pathogènes sur feuilles détachées.

H

- ***Hadley Wickham, Garrette Grolemond 2017** : R for Data Science
- ***Hamdi Mahdi 2020**: Synthèse des travaux phytochimiques et activités biologiques de l'espèce *Pisum sativum* L.
- ***Hasnaoui, N., Chahbi, A., Boutekrabt, A., & El Idrissi-Tourane, A. 2015**: Effect of pea weevil (*Bruchus sativum*) damage on yield components of pea (*Pisum sativum* L) under field conditions. Legume Research-An International Journal, 38(6), 769-772.
- ***Hassanpour, M., Nouri-Gangalani, G., & Saber, M., 2012**: Effect of seed weevil (*Bruchus pisorum*) infestation on germination and growth of pea. Archives of Phytology and Plant Protection, 45(10), 1220-1225.
- ***Howell, D.C. 2012** : Statistical methods for psychology. Cengage Learning.
- ***Huignard J., 2011**: les plantes et les insectes : une lutte permanente. Publication trimestrielle N°251°. 20p.
- ***Hwang, S.H., Kim, Y.H., & Kim, J.H. 2019**: Influence of storage temperature and relative humidity on development and emergence of the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera : Chrysomelidae : Bruchinae). Journal of Stored Products Research, 84, 101515.

J

- ***J.M. Sánchez-Ramos, J.J. Téllez-Rodríguez, E. Garzo, J.A. Diaz, 2015**: Plant-herbivore interactions : A case study of *Bruchus pisorum* L. (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) and *Vicia faba* L. (Fabaceae). Environmental Entomology, Volume 44, Issue2, pages 485-496.
- * **José María Monsalve-Fernández 2019** : Seed Germination: Physiology, Biochemistry, and Ecology" (La germination des graines : physiologie, biochimie et écologie); CRC Press

K

- ***Kabir, A.H. Paltridge, N.G. Able, A.J. PAULL, J.G. Stangoulis, J.C. 2012**: Natural variation for Fe-efficiency is associated with upregulation of Strategy I mechanisms and enhanced citrate and ethylene synthesis in *Pisum sativum* L. Planta, 235: 1409-1419.

- ***Kalushkov, P., & Zhelev, P., 2018:** Effect of seed damage by pea weevil (*Bruchus pisorum*) on field emergence and seedling vigour of peas. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 24(1), 140-143.
- ***Kamel, A., Abd El-Gawad, A.M., & El-Mergawi, R.A. 2017:** Impact of *Bruchus pisorum* L infestation on germination, seedling growth, and yield of pea. Journal of Plants Protection Research, 57(4), 385-391.
- ***Khojastehpour, M., Bandani, A.R., & Talaei-Hassanloui, R. 2018:** Resistance of four pea (*Pisum sativum*) cultivars to *Bruchus pisorum* (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of Economic Entomology, 111(5), 2326-2332.
- ***Krawczak, M. 1999:** Informativity assessment for biallelic single nucleotide polymorphisms. Electrophoresis, 20: 1676-1681.
- ***Kusy, A., & Janczak, R. 2017:** The effect of infestation by the pea weevil *Bruchus pisorum* L on the yield and quality of seeds of two pea cultivars. Acta Agrobotanica, 70(4), 1751.

L

- ***Larue, T.A and Pattesson, T.G., 1981:** Howmuch Nitrogen do legume fix, Advan.agr.p.34-15-38.
- ***Laundon, G.F et Waterston, J.M. 1965:** Uromyces viciae-fabae. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 60. Commonw. Mycol. Inst, Kew, Surrey, Angleterre, 2pp.
- ***Lewis, G., Schrirer, B., Mackinder, B., Lock, M, 2005:** Legumes of the World, Royal Botanical Gardens, Kew, UK.
- ***Li, X., Jiang, X., Chen, S., Li, L., & Chen, f. 2018:** Effects of polyethylene packaging on quality and pest control of fresh broad beans during storage. Journal of Food Process Engineering, 41(4), e12827.
- ***Loumont et chevassus A, 1960:** Note sur l'alimentation de lentille en Algérie; ANN, INR El Harrach, tome 2 pp3-37.
- ***Lundgren, J.G., & Rosentrater, K.A. 2007:** Carabidae as predators of pea leaf weevil larvae, *Bruchus pisorum*. Journal of Applied Entomology, 131(8), 557-560.

M

- ***Mohamed, H.A. Shata, H.M. Abdelal, H.R. El-Fahl, A.M. Ismail, I.A. 1983:** Host range and viability of urediospores of *Uromyces fabae* de bary. Agric. Res. Rev. 61: 73-82.

***Montgomery, D.C., Peck, E. A., & Vining, G. G. 2012** : introduction to linear regression analysis. John Wiley & Sons.

***Mossé J., Huet J.C., Baudet J., 1987**: Changements de la composition en acides aminés des graines de pois en fonction de leur taux d'azote. *Sci. Aliments*, 7: p301-324.

***M. R. Harrington, R. I. Vane-Wright, 1993**: The biology and taxonomy of the Bruchidae (Coleoptera). *The Zoological Journal of the Linnean Society*, Volume 109, Issue 1, pages 1-37.

N

***Nasr, N., Zghal, M.C., & Chermiti, B, 2010**: Resistance of Tunisian pea (*Pisum sativum* L) cultivars to pea weevil *Bruchus pisorum* L. (Coleoptera : Bruchidae). *Journal of Pest Science*, 84(4), 499-504.

***Navarro S, Donoso J, Ortiz R. 2003**: Thermal death kinetics of *Bruchus pisorum* L. (Coleoptera: Bruchidae) on peas. *Journal of Stored Products Research* 39: 17-25.

***Nemecek, T., von Richthofen, J.S, Dubois, G., Casta, P., Charles, R., & Pahl, H., 2008** : Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations. *European Journal of Agronomy*, 20(3), 380-393.

***N.I. Dorokhov, P. V. Tuzhilkina, 2018**: Biology, ecology, and control of pea weevil *Bruchus pisorum* (Coleoptera, Chrysomelidae: Bruchinae): a review. *Entomological Review*, volum 98, Issue 5, pages 484-496.

P

***P. A. Weston, R. J. Barker, S. E. Nissen, 2014**: *Bruchus pisorum* (Coleoptera: Chrysomelidae) oviposition preference and larval performance on common vetch (*Vicia sativa*). *Journal of Economic Entomology*, Volum 107, Issue 1, Pages 406-414.

***Peoples, M.B, Brockwell, J., Herridge, D.F., Rochester, I.J., Alves, B.J.R., Urquiaga, S., Jensen, E.S., 2009** : The contributions of nitrogenfixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. *Symbiosis*, 48(1-3), 1-17.

***Petr Smyka, Gregoire Aubert, Judith Burstin, Clarice J. Coyne, Noel T.H. Ellis, Andrew J. Flavell, Rebecca Ford, Miroslav Hybl, Jiri Macas, Pavel Neumann, Kevin E. McPhee, Robert. Redden 10, Diego Rubiales 11, Jim L. Weller 12 and Tom D. Warkentin. 2012**: Pea (*Pisum sativum* L) in the Genomic Era, p76.

***Prat, R., Mosiniak, M et Vornax, V., 2005**: Les fruits. *Biologie Multimedia université Pierre Curie- UFR de Biologie*.

R

***Rangasamy, P. 2006:** World salinization with emphasis on Australia. *J Exp Bot.*, 57: 1017-1023.

***Rehman, S., Ali, A., Ali, H., Khan, M.A., & Tariq, M. 2013:** Impact of *Bruchus pisorum* (Coleoptera: Bruchidae) on nutritional quality and yield of pea (*Pisum sativum*). *Journal of Insect Science*, 13(1), 37.

S

***Schindelholz, L., & Tschumi, P., 2015:** Pea weevil damage and the impact on pea quality and yield. *Agrarforschung Schweiz*, 6(11), 490-4095.

***Seindenglanzt M., Rotrekl J., Polslisna J., 2007:** Možnostiochrany hrachu proti zrnokazovi hrachovemu (*Bruchus pisorum* L, Chrysomelidae, Coleoptera). *Proceedings Conference Aktualni poznatky v pestovani, slechteni, ochrane rostlin a zpracovani produktu*, November 8-9, 2007, VUP Troubskou Brna, Brno: 129-136.

***Seyahooei, M.A., and al 2019:** Parasitism of *Pachycrepoideus vindemmia* Rondani (Hymenoptera: Pteromalidae) on *Bruchus pisorum* L. (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 39(3), 247-252.

* **S.J. Foster , 1997:** "The pea midge, *Contarinia pisi* (Winnertz) (Diptera: Cecidomyiidae), and its control", Source : *Bulletin of Entomological Research*, Volume 87, Issue 2.

***Skiredji, A., 2002:** La patate, le navet, le cou, le petit pois, le haricot, fiche technique, Institut Agronomique et vétérinaire, Hassan II. Agadir-Maroc.

***Slinkard, A., Hernandez-Bravo, A.e., Bascur, G., 1994:** Biotic and abiotic stresses of cool season food legumes in the western hemispher, p 195-203. In :F.J. Muehlbauer and W.J. Kaiser (eds), *Expanding the Production and Use of Cool Season Food Legumes*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, the Netherlands.

***Smith A.M., Hepworth. G, 1992:** Sampling statistics and a Sampling plan for eggs of pea weevil (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Economic Entomology*, 85: 1791-1796.

***STAMM S. 2014 :** Projet de réduction des pertes Post-Récolte. *Bulletin de Juin 2014.qc*

U

***USDA, 2008:** Plants profile of *Pisum sativum* L (Garden pea). United states Departement of Agriculture (USDA), Naturel Ressources Conservation Service (NRCS), Plants database. Eliasson, A.C., Gudmundsson, M., 2006. Starch : physicochemical and functional aspects In: Eliasson, AC. (Ed.), *Carbohydrates in Food*. Taylor and Francis Group, Boca Raton, pp. 391-470.

W

* **William Erskine, James D. Lawn, et Colin W. Wrigley, 2008** : Pois (*Pisum sativum* L.) Handbook of Plant Breeding, Volume 5: Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae Éditeur : Springer. Année : 2008. ISBN : 978-0-387-74109-2

Tableau 1: Les températures relative enregistrée au laboratoire pendant la période d'étude (avril-mai 2023) :

jours	Temp. min°C	temp.m ax°C
10/04/2023	9,1	24,8
11/04/2023	10,2	28,9
12/04/2023	12,7	29,2
13/04/2023	11,8	20,4
14/04/2023	8,4	22,8
15/04/2023	9,9	23
16/04/2023	12,4	18,8
17/04/2023	6,6	21,7
18/04/2023	7,6	23,8
19/04/2023	9,4	25
20/04/2023	11,5	23,7
21/04/2023	8,9	25,3
22/04/2023	12,4	23,8
23/04/2023	12,7	27,4
24/04/2023	13,1	29,4
25/04/2023	12,6	31
26/04/2023	15,1	35,7
27/04/2023	14,6	38,4
28/04/2023	17,2	34,5

3		
29/04/202		
3	20	26,3
30/04/202		
3	18,9	25,3
01/05/202		
3	15,1	26,8
02/05/202		
3	12,9	26,8
03/05/202		
3	11,2	29,3
04/05/202		
3	14,3	28,3
05/05/202		
3	14,5	31,1
06/05/202		
3	18,3	32,7
07/05/202		
3	17,9	20,8

Tableau 02: Les mesures de la levée des graines saines :

saine	18/04/2023	23/04/2023	26/04/2023	02/05/2023	07/05/2023
1	5cm	19cm	22cm	26cm	26cm
2	6cm	15cm	20cm	24cm	24cm
3	4cm	15cm	19cm	21cm	23cm
4	5cm	14cm	17cm	17cm	17cm
5	3cm	12cm	14cm	16cm	17cm
6	5cm	15cm	24cm	24cm	24cm
7	5cm	18cm	22cm	27cm	28cm
8	7cm	17cm	20cm	22cm	23cm
9	5cm	18cm	22cm	25cm	26cm
10	6cm	18cm	24cm	28cm	29cm

Tableau 03: Les mesures de la levée des graines infestées de 2020 :

2020	18/04/2023	23/04/2023	26/04/2023	02/05/2023	07/05/2023
1	8cm	8cm	8cm	morte	morte
2	4cm	10cm	19cm	21cm	22cm
3	4cm	16cm	20cm	22cm	24cm
4	5cm	17cm	21cm	22cm	23cm
5	4cm	14cm	17cm	18cm	18cm
6	3cm	11cm	14cm	18cm	19cm
7	0cm	0cm	0cm	0cm	0cm
8	5cm	16cm	18cm	19cm	19cm
9	2cm	13cm	17cm	19cm	19cm
10	1cm	9cm	11cm	11cm	11cm

Tableau 04: Les mesures de la levée des graines infestées de 2021 :

2021	18/04/2023	23/04/2023	26/04/2023	02/05/2023	07/05/2023
1	6cm	35cm	50cm	55cm	57cm
2	7cm	36cm	55cm	65cm	66cm
3	6cm	34cm	54cm	73cm	73cm
4	2cm	23cm	42cm	64cm	68cm
5	15cm	35cm	40cm	46cm	47cm
6	8cm	36cm	47cm	60cm	60cm
7	0cm	0cm	0cm	0cm	0cm
8	6cm	36cm	51cm	57cm	57cm
9	6cm	29cm	48cm	60cm	65cm
10	0cm	0cm	0cm	0cm	0cm

Tableau 05 : Les mesures de la levée des graines infestées de 2022 :

2022	18/04/2023	23/04/2023	26/04/2023	02/05/2023	07/05/2023
1	0cm	0cm	0cm	0cm	0cm
2	8cm	36cm	42cm	50cm	50cm
3	6cm	29cm	31cm	32cm	32cm
4	7cm	32cm	52cm	63cm	66cm
5	8cm	31cm	43cm	56cm	58cm
6	10cm	30cm	31cm	32cm	32cm
7	5cm	32cm	48cm	64cm	64cm
8	8cm	33cm	52cm	60cm	61cm
9	5cm	16cm	22cm	27cm	27cm
10	4cm	15cm	19cm	19cm	19cm

Tableau 06 : Taux de germination et de levée des quatres types de graines :

saine	germi nat°	levée	2020	germi nat°	levée	2021	germi nat°	levée	2022	germi nat°	levée
1	+	+	1	mort	mort	1	+	+	1	-	-
2	+	+	2	+	+	2	+	+	2	+	+
3	+	+	3	+	+	3	+	+	3	+	+
4	+	+	4	+	+	4	+	+	4	+	+
5	+	+	5	+	+	5	+	+	5	+	+
6	+	+	6	+	+	6	+	+	6	+	+
7	+	+	7	-	-	7	-	-	7	+	+
8	+	+	8	+	+	8	+	+	8	+	+
9	+	+	9	+	+	9	+	+	9	+	+
10	+	+	10	+	+	10	-	-	10	+	+
%	100	100	%	80	80	%	80	80	%	90	90

Tableau 07 : Taux de germination total :

	graines germées	graines non germées	graines détériorées
%	80	10	10

Tableau 08 : Taux de germination totale des graines bruchées :

	graines germées	graines non germées	graines détériorées
%	86,6	13,3	0,1

Tableau 09 : Taux de germination pour les graines bruchées de 2020 :

	graines germées	graines non germées	graines détériorées
%	80	10	10

Tableau 10 : Taux de levée total :

	levée total	levée saine	Levée bruchée
%	87,5	100	83,3

Tableau 11 : Les moyennes de la levée de chaque échantillons :

age de la graine	repetition	levée
saine	1	19,6
	2	17,8
	3	16,4
	4	14

	5	12,4
	6	18,4
	7	20
	8	17,8
	9	19,2
	10	21
2020	1	4,8
	2	15,2
	3	17,2
	4	17,6
	5	14,2
	6	13
	7	0
	8	15,4
	9	14
	10	8,6
2021	1	40,6
	2	45,8
	3	48
	4	39,8
	5	36,6
	6	42,2
	7	0
	8	41,4
	9	41,6
	10	0
2022	1	0
	2	37,2
	3	26
	4	44
	5	39,2

	6	27
	7	42,6
	8	42,8
	9	19,4
	10	15,2

Tableau 12 : Résultats du test d'ANOVA :

	Df	Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Age de la graine	03	3019,8	1006,6	6,9958	0,000794 2
Residuals	36	5179,9	143,89		

Tableau 13 : Résultats du test Newman-Keuls :

	Levée	Groups
Année 2021	33,6	a
Année 2022	29,34	a
Saine	17,66	b
Année 2020	12	b

Résumé :

L'étude porte sur l'effet de l'infestation des graines de *Pisum sativum* (pois cultivé) par *Bruchus pisorum*, un insecte ravageur commun. L'objectif est d'évaluer l'impact de cette infestation sur la germination des graines et l'émergence des plantules. Dans cette étude, des graines de *Pisum sativum* sont divisées en deux groupes : un groupe infesté par *Bruchus pisorum* et un groupe non infesté (témoin). Les deux groupes sont ensuite semés dans des conditions identiques, telles que le substrat, la température et l'humidité. Les résultats de l'étude montrent que l'infestation des graines de *Pisum sativum* par *Bruchus pisorum* a un effet négatif sur la germination et la levée des plantules. Les graines infestées ont présenté un taux de germination plus faible et un temps de germination plus long par rapport au groupe témoin. De plus, les plantules issues des graines infestées ont montré un retard dans leur émergence et une croissance plus lente. Ces résultats suggèrent que *Bruchus pisorum* peut causer des dommages significatifs aux cultures de pois en affectant la germination et la levée des plantules. Il est donc important de mettre en place des mesures de lutte appropriées pour contrôler cette infestation et préserver la santé des cultures de pois.

Abstract :

The study focuses on the effect of infestation by *Bruchus pisorum* on the germination and emergence of *Pisum sativum* (common pea) seeds. The objective is to assess the impact of this infestation on seed germination and seedling emergence. In this study, *Pisum sativum* seeds are divided into two groups: one group infested with *Bruchus pisorum* and one group uninvested (control). Both groups are then sown under identical conditions, such as substrate, temperature, and humidity. The results of the study demonstrate that infestation of *Pisum sativum* seeds by *Bruchus pisorum* has a negative effect on seed germination and seedling emergence. The infested seeds showed lower germination rates and longer germination times compared to the control group. Moreover, seedlings from infested seeds exhibited delayed emergence and slower growth. These findings suggest that *Bruchus pisorum* can cause significant damage to pea crops by affecting seed germination and seedling emergence. It is therefore important to implement appropriate control measures to manage this infestation and preserve the health of pea crops.