



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



THÈSE :

Présentée Par

M^{elle} MAZROU Keltouma

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
DOCTORAT (LMD)

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Protection de l'agroenvironnement et science du sol.

THÈME:

La lutte contre les ennemis de la pomme de terre

Soutenue le : 15 / 12 /2021

Membres de jury :

Président	Pr. HASSANI	Abdelkerim	Université Ibn Khaldoun de Tiaret
Examineur 01	Dr. AYACHE	Abbassia	Université Dj.Liabes Sidi Belabbes
Examinatrice 02	Dr. BOUAMOUD	Fatma	Université Ibn Badis Mostaganem
Examinatrice 03	Dr. MOULAY	Meriem	Université Ibn Khaldoun de Tiaret
Directrice de thèse	Dr. LABDELLI	Fatiha	Université Ibn Khaldoun de Tiaret
Co-directrice de thèse	Pr. ADAMOU	Malika	Université Ibn Khaldoun de Tiaret

Année universitaire : 2020–2021

Remerciements

Je remercie, tout d'abord, Dieu tout puissant, qui m'a permis de mener à bien ce travail.

Ensuite il est de mon devoir d'exprimer mes plus vifs remerciements à ma directrice de thèse, **Mme LABDELLI Fatiha**, Enseignante-chercheuse-Maitre de Conférences à l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret, qui m'a accordé l'honneur de diriger cette étude. Je la remercie également pour sa disponibilité, ses multiples attentions, sa patience et pour ses différents encouragements à mon égard. Sans oublier **Mme ADAMOU Malika**, professeur à l'université de Tiaret et co-directrice de cette thèse, pour son soutien et de m'avoir fait confiance tout au long de la réalisation de ce travail. Qu'elles trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude et mon profond respect.

Je suis également très reconnaissante aux membres du jury d'avoir accepté de juger mon travail :

Tout d'abord, Mr le président, **Pr HASSANI Abdelkrim**, Enseignant-chercheur-Professeur à la faculté SNV, à l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret, que je remercie aussi d'avoir accepté de présider le jury.

Ensuite, **Mme AYACHE Abbassia**, Enseignante-chercheuse-Maitre de Conférences à l'Université Djilali Liabes, Sidi Belabbes ; d'avoir accepté de faire partie de mon jury.

De même que **Mme BOUAMOUD Fatma**, Enseignante-chercheuse-Maitre de Conférences à l'Université de Mostaganem

Enfin, **Mme MOULAY Meriem**, Enseignante-chercheuse-Maitre de Conférences à Université Ibn Khaldoun de Tiaret,

J'exprime ma profonde gratitude à tous mes enseignants, durant mon parcours universitaire, à la faculté SNV de l'Université de Ibn Khaldoun de Tiaret, en particulier **Mr HOUCINE L**, **Mr SASSI M**, **Mr BENBEGARRA M**, **Mr KOUADRIA M**, **Mme LABDELLI F**, **Mr ZEBBAR A**, **Mr YAZLI W** et **Mr AIT HAMOU M**.

Tous mes remerciements à **Mr, le Pr AGGAD Habib** et son assistant **Mr ABDALLI Mustapha**, pour leur accueil au niveau du laboratoire d'hygiène et pathologie animale. Je

leurs exprime également toute ma gratitude pour la confiance qu'il m'on témoignée et de m'avoir permis de travailler librement sans aucune contrainte.

Mes vifs remerciements vont également à tous les ingénieurs et techniciens des laboratoires, et en particulier Mr **BENHALIMA, Bachir, Houari, Redouane et Saliha**, Je remercie les uns et les autres pour leur présence au quotidien et leurs coups de mains.

Je remercie la famille **REKAD**, qui m'a accueilli et aidé à faire ma collecte des plantes médicinales dans la commune de LARDJEM.

Je remercie **Dr BEKAI Madjid**, de m'avoir guidé pendant mon étude statistiques et toutes les informations qu'il m'a transmises.

Je tiens aussi à remercier, du plus fond de mon cœur, mon amie, la doctorante **CHELEF Mokhtaria**, qui m'a vraiment soutenu et encouragé, surtout pendant les moments difficiles, et tous les doctorants de ma promotion.

Ces remerciements ne peuvent s'achever, sans une pensée pour mon père (correcteur des fautes d'orthographe de cette thèse) : ma mère. Sa présence et ses encouragements sont pour moi les piliers fondateurs de ce que je suis et de ce que je fais.

Dédicaces

À la mémoire de mes chers grands-parents,

Taklit et Madjid

Je dédie cette thèse

Résumé

Pour protéger les tubercules de pomme de terre pendant le stockage et en plein champ contre deux ennemis, la teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* et le champignon *Rhizoctonia solani*, l'application d'extraits de plantes est une méthode alternative.

Tous les extraits ont révélé une richesse en métabolites secondaire ; l'*Ammoides verticillata* est la plus riche en polyphénols, flavonoïdes, tanins et anthocyanes.

Pour ce qui est des facteurs abiotiques idéaux à l'élevage de *Phthorimaea operculella*, la concentration de 10% en sucre; et une température de 27°C, ont permis d'obtenir la fécondité moyenne la plus élevée de 73.75 ± 1.06 et 30.6 ± 0.40 œufs respectivement.

L'ensemble des extraits ont des propriétés anti radicalaires intéressantes, seulement l'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata*, a enregistré le pouvoir antioxydant le plus élevée ($IC_{50} = 0,028 \pm 0.001$ mg/ml).

Le traitement des tubercules par les trois extraits, fait que l'extrait aqueux de *Reseda alba*, présente la meilleur CL_{50} avec une dose de 0.64%. Pour le calcul de l'indice de dommage, l'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata*, assure une protection complète des tubercules traités (ID =0.00). Concernant la deuxième méthode (trempage des larves), l'extrait aqueux de *Reseda alba* a enregistré une CL_{50} de 0.56%. À une dose de 1.5%, *Reseda alba* a freiné complètement l'apparition des nymphes et des adultes. Au traitement des œufs, l'extrait aqueux de *Reseda alba* provoque une inhibition totale de l'éclosion des œufs à des concentrations de 1, 1.5 et 2% et enregistre une CL_{50} de 0.32%. L'*Ammoides verticillata* a considérablement dissuadé la ponte des femelles de *Phthorimaea operculella* et a atteint le pic à 2%, avec un OSI de -85.57 ± 3.31 %. La meilleure combinaison est celle de AA1, avec un effet push pull de 93.49 ± 3.25 %.

L'activité antifongique des deux extraits, *Ammoides verticillata* et *Reseda alba*, présente des taux d'inhibition à 62.74 ± 2.08 % et 56.47 ± 8.26 % respectivement. L'extrait de *Phlomis crinita* s'est avéré le moins actif contre la souche fongique *Rhizoctonia solani*, avec un taux d'inhibition de 23.92 ± 1.71 %.

Mots clés : pomme de terre, plantes médicinales, biopesticide, *Phthorimaea operculella*, *Rhizoctonia solani*.

Abstract

The application of plant extracts is an alternative method to protect potato tubers both in the storage period et in the field against the potato moth, *Phthorimaea operculella*, et the fungus *Rhizoctonia solani*.

All the extracts revealed a richness in secondary metabolites; *Ammoides verticillata* is the richest in polyphenols, flavonoids, tannins, et anthocyanins.

As for the ideal abiotic factors for breeding *Phthorimaea operculella*, the 10% sugar concentration; et a temperature of 27 ° C, resulted in the highest average fertility of 73.75±1.06 et et 30.6±0.40 eggs respectively.

All the extracts have important anti-radical properties, whereas the aqueous extract of *Ammoides verticillata* recorded the highest antioxidant power (IC₅₀ = 0.028 ± 0.001 mg/ml).

After the treatment of tubers with the three extracts, we noted that the aqueous extract of *Reseda alba* presents the best LD₅₀ with a dose of 0.64%. For the calculation of the damage index, the aqueous extract of *Ammoides verticillata*, provides complete protection of the treated tubers (ID = 0.00). Regarding the second method (larvae dipping), the aqueous extract of *Reseda alba* recorded an LD₅₀ of 0.56%. At a dose of 1.5%, *Reseda alba* completely suppressed the appearance of nymphs et adults. During the treatment of eggs, the aqueous extract of *Reseda alba* causes a complete inhibition of egg hatching at the concentrations of 1, 1.5, et 2%. Also, it records an LD₅₀ of 0.32%. *Ammoides verticillata* significantly deterred egg-laying by females of *Phthorimaea operculella*. It reached its peak at the concentration of 2% with OSI= -85.57 ±3.31%.The best combination is AA1 with a push-pull effect of 93.49±3.25%..

The antifungal activity of the two extracts, *Ammoides verticillata*, et *Reseda alba*, shows inhibition rates of 62.74 ±2.08 % et 56.47 ± 8.26% respectively. The extract of *Phlomis crinita* was shown to be the least active against the fungal strain *Rhizoctonia solani*, with an inhibition rate of 23.92 ± 1.71%.

Keywords: potato, medicinal plants, biopesticide, *Phthorimaea operculella*, *Rhizoctonia solani*.

المخلص

من أجل حماية درنة البطاطا من الآفات الزراعية بالتحديد من حشرة *Phthorimaea operculella* و الفطر *Rhizoctonia solani* في الحقل و أثناء التخزين, نلجأ إلى استعمال المستخلصات النباتية كحل بديل للمواد الكيميائية.

أظهرت نتائج التحليل الكيميائي أن النباتات الثلاث غنية بالمستقبلات الثانوية , حيث أن نبتة *Ammoides verticillata* أثبتت غناها بالبولي فنول و الفلافونويد و العفص و الانثوسيانين.

العوامل المثالية لتربية *Phthorimaea operculella*, درجة حرارة 27 درجة مئوية و كذا تركيز السكر 10%. حيث نتج عنها أعلى معدل خصوبة 73.75 ± 1.06 و 30.6 ± 0.40 بيضة على التوالي.

جميع المستخلصات النباتية لديها خصائص مضادة للأكسدة مهمة , علما ان المستخلص المائي لنبتة *Ammoides verticillata* سجل أعلى نشاط مضاد للأكسدة ($IC_{50} = 0.028 \pm 0.001$).

أسفرت نتائج معالجة الدرنات بالمستخلصات المائية الثلاث أن المستخلص المائي لنبتة *Reseda alba* سجل أفضل CL_{50} بنسبة 0.64% مما أدى إلى عدم ظهور الأجيال الجديدة. كما أن حساب مؤشر الضرر بين أن نبتة *Ammoides verticillata* تعطي حماية كاملة للدرنات المعالجة (0.00ID).

بالنسبة لطريقة المعالجة الثانية و المتمثلة في غمر اليرقات داخل المستخلصات المائية, أسفرت النتائج على أن المستخلص المائي لنبتة *Reseda alba* سجل ($CL_{50} = 0.56\%$). في الجرعة 1.5% . تعمل على إبطاء ظهور الأجيال الجديدة بشكل تام.

عند معالجة البيض , بمستخلص نبتة *Reseda alba*, بينت النتائج أنه قام بتثبيط تام لفقس البيض بنسبة 0% لفقس. عند الجرعات 1% و 1.5% و 2% من جهة , و من جهة أخرى سجل المستخلص المائي لنبتة *Reseda alba* ($CL_{50} = 0.32\%$).

يجدر بنا الإشارة إلى أن نبتة *Ammoides verticillata* أعاققت وضع البيض بشكل كبير من قبل أنثى *Phthorimaea operculella* و بلغت ذروتها عند تركيز 2% مع $OSI = -85.57 \pm 3.31$ % . أفضل مزيج هو AA1 مع تأثير Push-Pull بنسبة 93.49 ± 3.25 %

أظهر اختبار النشاط المضاد للفطريات للمستخلصين معدلات تثبيط لنبتتي *Ammoides verticillata* و *Reseda alba* و هذا بنسبة . 62.74 ± 2.08 % و 56.47 ± 8.26 % على التوالي. المستخلص المائي لنبتة *Phlomis crinita* أثبت أنه أقل نشاط ضد السلالة الفطرية *Rhizoctonia solani* بنسبة 23.92 ± 1.71 % .

الكلمات المفتاحية : البطاطا , النباتات الطبية , المبيدات الحيوية, *Phthorimaea operculella*, *Rhizoctonia solani*

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉS	i
TABLE DES MATIÈRE	ii
LISTE DES TABLEAUX	iii
LISTE DES FIGURES	iv
LISTE DES ABRÉVIATIONS	v
Introduction.....	01

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralité sur la pomme de terre

<i>1.1 Importance de la pomme de terre</i>	<i>5</i>
<i>1.2 Origine et distribution</i>	<i>5</i>
<i>1.3 Production de la pomme de terre en Algérie</i>	<i>5</i>
<i>1.4 Classification</i>	<i>6</i>
<i>1.5 Morphologie.....</i>	<i>6</i>
1.5.1 Partie aérienne	6
1.5.1.1 Tige.....	6
1.5.1.2 Feuille	7
1.5.1.3 Fleur	7
1.5.2 Partie souterraine	7
1.5.2.1 Racine	8
1.5.2.2 Tubercule	8
<i>1.6 Développement des tubercules.....</i>	<i>9</i>
<i>1.7 Les problèmes phytosanitaires.....</i>	<i>9</i>
1.7.1 Stockage	9
1.7.2 Les ennemis de la pomme de terre	10

Chapitre II : La teigne de la pomme de terre

<i>2.1 Origine et répartition géographique</i>	<i>11</i>
2.1.1 Origine	11
2.1.2 Répartition géographique.....	11

2.2	<i>Généralités</i>	11
2.3	<i>Systématique</i>	12
2.4	<i>Biologie du cycle de développement</i>	12
2.5	<i>Description de la teigne de la pomme de terre</i>	13
2.5.1	Œuf	13
2.5.2	Larves.....	13
2.5.2.1	Premier stade larvaire	13
2.5.2.2	Deuxième stade larvaire	13
2.5.2.3	Troisième stade larvaire	13
2.5.2.4	Quatrième stade.....	14
2.5.3	Nymphe.....	14
2.5.4	Adulte.....	15
2.6	<i>Dégâts et symptômes</i>	16
2.7	<i>Méthode de lutte</i>	17
2.7.1	Lutte éthologique	17
2.7.2	Lutte cultural	17
2.7.3	Lutte chimique.....	17
2.7.4	Lutte biologique.....	17

Chapitre III : *Rhizoctonia solani*

3.1	<i>Généralités</i>	19
3.2	<i>Caractéristiques taxonomiques</i> :.....	19
3.3	<i>Caractère morphologique</i> :	20
3.4	<i>Le cycle vital</i> :	21
3.5	<i>Les affections causées</i>	21
3.6	<i>Méthode de lutte</i>	22
3.6.1	Lutte culturale.....	22
3.6.2	Lutte chimique.....	23
3.6.3	Lutte biologique.....	23

Chapitre IV: Les plantes médicinales étudiées

4.1	<i>Ammoides verticillata</i>	24
4.1.1	Description	24
4.1.2	Classification.....	24

4.1.3	Nom vernaculaire	25
4.1.4	Distribution	25
4.1.5	Composition	25
4.1.6	Les principes actifs	25
4.1.6.1	Composés phénoliques	25
4.1.6.2	Monoterpènes.....	26
4.1.7	Propriété et utilisation.....	26
4.2	<i>Phlomis crinita</i>	26
4.2.1	Description	26
4.2.2	Classification.....	27
4.2.3	Nom vernaculaire	27
4.2.4	Distribution	27
4.2.5	Composition	28
4.2.6	Les principes actifs	28
4.2.6.1	Les flavonoïdes	28
4.2.6.2	Les terpènes	28
4.2.6.3	Les Glycosides	28
4.2.7	Propriété et utilisation:.....	28
4.3	<i>Reseda alba</i>	28
4.3.1	Description	28
4.3.2	Classification.....	29
4.3.3	Nom vernaculaire	30
4.3.4	Distribution	30
4.3.5	Composition	30
4.3.6	Les principes actifs	31
4.3.6.1	Glucosinolate	31
4.3.6.2	Les flavonoïdes	31
4.3.6.3	Les phénols	31
4.3.7	Propriété et utilisation.....	31

Chapitre V : Présentation de la zone d'étude

5.1	<i>Site de récolte et matériel végétal</i>	32
5.2	<i>Localisation géographique des sites de prélèvement</i>	32
5.3	<i>Données climatiques de la commune de Lardjem</i>	33
5.3.1	Diagramme Ombrothermique:	33
5.3.2	Quotient pluviothermique d'Emberger	34

Partie expérimentale

Chapitre VI : Matériel et méthodes

6.1	Matériel biologique	36
6.1.1	Matériel végétal	36
6.1.2	Matériel animal (insecte)	36
6.1.3	Matériel fongique	36
6.2	Méthodologie retenue	36
6.2.1	Étude phytochimique	36
6.2.1.1	Préparation du matériel végétal	36
6.2.1.2	Préparation des extraits	37
6.2.1.3	Rendement d'extraction	38
6.2.1.4	Screening qualitatif	38
6.2.1.4.1	Mise en évidence des Anthocyanes	38
6.2.1.4.2	Mise en évidence des Glycosides cardiaques	38
6.2.1.4.3	Mise en évidence des Alcaloïdes	39
6.2.1.4.4	Mise en évidence des Tanins	39
6.2.1.4.5	Mise en évidence des Flavonoïdes	39
6.2.1.4.6	Mise en évidence des flavanes	39
6.2.1.4.7	Mise en évidence des Coumarines	39
6.2.1.4.8	Mise en évidence des Stéroïdes	39
6.2.1.4.9	Mise en évidence des terpénoïdes	40
6.2.1.4.10	Mise en évidence des Quinones libres	40
6.2.1.4.11	Mise en évidence des Saponines	40
6.2.1.5	Analyses quantitatives	40
6.2.1.5.1	Détermination quantitative des polyphénols totaux	41
6.2.1.5.2	Dosage des flavonoïdes	42
6.2.1.5.3	Dosage des tanins condensés	43
6.2.1.5.4	Dosage des anthocyanes	44
6.2.2	Élevage de la teigne de la pomme de terre (<i>Phthorimaea operculella</i>)	45
6.2.2.1	Détermination du régime alimentaire optimal pour l'élevage	45
6.2.2.2	Détermination de la température optimale pour l'élevage	46
6.2.2.3	Méthode d'élevage adapté	46
6.2.3	Étude de l'agent pathogène	48
6.2.3.1	Isolement	48
6.2.3.2	Purification des isolats	49
6.2.3.3	Conservation des isolats	50

6.2.3.4	Identification morphologique des isolats.....	50
6.2.4	Activité biologique des extraits aqueux.....	50
6.2.4.1	Activité antioxydante	50
6.2.4.1.1	Principe	50
6.2.4.1.2	Mode opératoire	51
6.2.4.2	L'effet larvicide.....	52
6.2.4.2.1	Trempage de la pomme de terre.....	52
6.2.4.2.2	Trempage des larves	53
6.2.4.3	L'effet ovicide.....	53
6.2.4.3.1	Trempage des œufs.....	54
6.2.4.4	Activité de ponte	54
6.2.4.4.1	L'indice de stimulation de l'oviposition (OSI).....	54
6.2.4.4.2	Effet de Push-Pull.....	55
6.2.4.5	Test antifongique.....	58
6.2.5	Analyse statistique.....	58

Chapitre VII : Résultats et discussion

7.1	<i>Résultats de Rendement des extraits</i>	60
7.2	<i>Résultat de l'Étude phytochimique</i>	61
7.2.1	Screening phytochimique qualitatif	62
7.2.1.1	Screening d' <i>Ammoides verticillata</i>	62
7.2.1.2	Screening de <i>Phlomis crinita</i>	63
7.2.1.3	Screening de <i>Reseda alba</i>	64
7.2.2	Résultats du phytochimique quantitatif	66
7.2.2.1	Dosage des polyphénols	66
7.2.2.2	Dosage des flavonoïdes	68
7.2.2.3	Dosage des tanins condensés	69
7.2.2.4	Dosages des anthocyanes.....	70
7.3	<i>Les facteurs abiotiques idéaux à l'élevage de Phthorimaea operculella</i>	73
7.3.1	La teneur en sucre idéale.....	73
7.3.1.1	Effet du taux de sucre sur la longévité	73
7.3.1.2	Effet du taux de sucre sur la fécondité	74
7.3.2	La température idéale pour l'élevage	76
7.3.2.1	Effet de la Température sur la longévité des adultes	76
7.3.2.2	Effet de la température sur la fécondité.....	77
7.4	<i>Identification morphologique des isolats de Rhizoctonia solani</i>	79

7.4.1	Observation macroscopique	79
7.4.2	Observation microscopique.....	80
7.5	<i>Résultats des activités biologiques des extraits</i>	81
7.5.1	Activité antioxydante par piégeage du radical libre DPPH	81
7.5.2	Activité larvicide par méthode de trempage des pommes de terre.....	86
7.5.2.1	Étude de la mortalité des larves	86
7.5.2.2	Étude de la production de la descendance	88
7.5.2.3	Indice de dommage des tubercules	90
7.5.3	Activité larvicide par méthode de trempages des larves.....	92
7.5.3.1	Étude de la mortalité des larves	92
7.5.3.2	Étude de la descendance	94
7.5.4	Activité ovicide par méthode de trempage	95
7.5.4.1	Étude de l'éclosion et l'émergence	95
7.5.5	Effet des extraits sur la ponte	99
7.5.5.1	Résultat de l'indice de stimulation de l'oviposition (OSI).....	99
7.5.5.2	Resultats d'Effet de Push-Pull	102
7.5.6	Effet des extraits aqueux sur la souche de <i>Rhizoctonia solani</i>	109

Conclusion et perspectives 115

Références bibliographiques

Annexe

Liste des Tableaux

Tableau 1: Évolution de la production de la pomme de terre en Algérie.....	5
Tableau 2: Évolution de la production de la pomme de terre a Tissemsilt	6
Tableau 3 : Les différents ennemis de la pomme de terre.	10
Tableau 4 : Catégorie d'infestation selon Fenemore	53
Tableau 5 : Les concentrations utilisées pour tester la combinaison des différentes concentrations d' <i>Ammoides verticillata</i>	56
Tableau 6 : Les concentrations utilisées pour tester la combinaison entre d' <i>Ammoides verticillata</i> et <i>Phlomis crinita</i>	56
Tableau 7 : Les concentrations utilisées pour tester la combinaison entre <i>Phlomis crinita</i> et <i>Ammoides verticillata</i>	57
Tableau 8 : Les concentrations utilisées pour tester la combinaison des différentes concentrations de <i>Phlomis crinita</i>	57
Tableau 9 : Les concentrations utilisées pour tester la combinaison entre <i>Reseda alba</i> et <i>Ammoides verticillata</i>	57
Tableau 10 : Les concentrations utilisées pour tester la combinaison entre <i>Reseda alba</i> et <i>Phlomis crinita</i>	57
Tableau 11 : Résultats de screening phytochimique d' <i>Ammoides verticillata</i>	62
Tableau 12 : Résultats de screening phytochimique de <i>Phlomis crinita</i>	63
Tableau 13 : Résultats de screening phytochimique de <i>Reseda alba</i>	64
Tableau 14 : Valeurs des IC ₅₀ des différents extraits des plantes étudiées.....	82
Tableau 15: Effets de trois extraits de plantes sur la mortalité des larves de <i>Phthorimaea operculella</i> (méthode de trempage des tubercules).....	86
Tableau 16 : Valeurs des CL ₅₀ et CL ₉₀ pour les trois extraits chez les larves de <i>Phthorimaea operculella</i> . (Méthode de trempage des tubercules).....	87
Tableau 17: Effets de trois extraits de plantes sur la descendance de <i>Phthorimaea operculella</i> (méthode de trempage des tubercules).....	89
Tableau 18 : Indice de dommages des tubercules de pomme de terre traités par trois extraits de plantes, par méthode de trempage des tubercules.	91
Tableau 19 : Effets de trois extraits de plantes sur la mortalité des larves de <i>Phthorimaea operculella</i> (méthode de trempage des larves).....	92
Tableau 20 : Valeurs des CL ₅₀ et CL ₉₀ pour les trois extraits chez les larves de <i>Phthorimaea operculella</i> . (Méthode de trempage des larves)	93
Tableau 21: Effets de trois extraits de plantes sur la descendance de <i>Phthorimaea operculella</i> (méthode de trempage des larves).....	94

Tableau 22 : Effets de certains extraits de plantes testés sur l'éclosion des œufs (méthode de trempage des œufs).....96

Tableau 23 : Valeurs des CL₅₀ et CL₉₀ pour les trois extraits chez les œufs de *Phthorimaea operculella*. (Méthode de trempage des œufs).98

Annexe

Tableau 24 : Analyse de la variance a un facteur de l'effet des extraits sur le rendement d'extraction d'*Ammoides verticillata*.

Tableau 25 : Analyse de la variance a un facteur de l'effet des extraits sur le rendement d'extraction de *Phlomis crinita*.

Tableau 26 : Analyse de la variance a un facteur de l'effet des extraits sur le rendement d'extraction de *Reseda alba*

Tableau 27 : Analyse test T du Student pour l'égalité des moyennes des flavonoïdes pour les trois extraits.

Tableau 28 : Analyse test T du Student pour l'égalité des moyennes des polyphénols pour les trois extraits

Tableau 29 : Analyse test T du Student pour l'égalité des moyennes des tanins pour les trois extraits.

Tableau 30 : Analyse de la variance des différentes quantités des anthocyanes entre les trois plantes

Tableau 31 : Analyse de la variance a un facteur de l'effet de la température sur la longévité de *Phthorimaea operculella*

Tableau 32 : Analyse de la variance a un facteur de l'effet de la température sur la fécondité de *Phthorimaea operculella*

Tableau 33 : Analyse de la variance a un facteur de l'effet du régime alimentaire sur la longévité de *Phthorimaea operculella*.

Tableau 34 : Analyse de la variance a un facteur de l'effet du régime alimentaire sur la fécondité de *Phthorimaea operculella*.

Tableau 35 : Analyse de la variance de l'effet des extraits sur les IC₅₀.

Tableau 36 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* sur la mortalité des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules)

Tableau 37 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur la mortalité des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules).

Tableau 38 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur la mortalité des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules)

Tableau 39 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* sur le taux de nymphose des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules).

Tableau 40: Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux *Phlomis crinita* sur le taux de nymphose des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules).

Tableau 41 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux *Reseda alba* sur le taux de nymphose des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules)

Tableau 42 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux *d'Ammoides verticillata* sur le taux d'émergence de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules)

Tableau 43 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur le taux d'émergence de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules).

Tableau 44 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur le taux d'émergence de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules)

Tableau 45 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux *d'Ammoides verticillata* sur l'indice de dommage (trempage des tubercules).

Tableau 46 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur l'indice de dommage (trempage des tubercules)

Tableau 47 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur l'indice de dommage (trempage des tubercules).

Tableau 48 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux *d'Ammoides verticillata* sur la mortalité des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des larves)

Tableau 49 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur la mortalité des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des larves).

Tableau 50 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur la mortalité des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des larves).

Tableau 51 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux *d'Ammoides verticillata* sur le taux de nymphose des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des larves).

Tableau 52 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur le taux de nymphose des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des larves).

Tableau 53 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur le taux de nymphose des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des larves).

Tableau 54 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux *d'Ammoides verticillata* sur le taux d'émergence (trempage des larves)

Tableau 55 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur le taux d'émergence (trempage des larves).

Tableau 56 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur le taux d'émergence (trempage des larves)

- Tableau 57** : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Ammoides verticillata* sur le taux d'éclosion des œufs de *Phthorimaea operculella* (trempage des œufs).
- Tableau 58** : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur le taux d'éclosion des œufs de *Phthorimaea operculella* (trempage des œufs).
- Tableau 59** : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur le taux d'éclosion des œufs de *Phthorimaea operculella* (trempage des œufs).
- Tableau 60** : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Ammoides verticillata* sur le taux d'émergence (trempage des œufs).
- Tableau 61** : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur le taux d'émergence (trempage des œufs).
- Tableau 62** : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur le taux d'émergence (trempage des œufs).
- Tableau 63** : Analyse de la variance de l'effet des concentrations sur la ponte de la teigne de la pomme de terre (OSI) pour (*Ammoides verticillata*).
- Tableau 64** : Analyse de la variance de l'effet des concentrations sur la ponte de la teigne de la pomme de terre (OSI) pour (*Phlomis crinita*).
- Tableau 65** : Analyse de la variance de l'effet des concentrations sur la ponte de la teigne de la pomme de terre (OSI) pour (*Reseda alba*).
- Tableau 66** : Analyse de la variance de l'effet des différentes combinaisons (AA) sur l'effet Push-Pull.
- Tableau 67** : Analyse de la variance de l'effet des différentes combinaisons (AP) sur l'effet Push-Pull.
- Tableau 68** : Analyse de la variance de l'effet des différentes combinaisons (PA) sur l'effet Push-Pull.
- Tableau 69** : Analyse de la variance de l'effet des différentes combinaisons (PR) sur l'effet Push-Pull.
- Tableau 70** : Analyse de la variance de l'effet des différentes combinaisons (RA) sur l'effet Push-Pull.
- Tableau 71** : Analyse de la variance de l'effet des différentes combinaisons (RP) sur l'effet Push-Pull.
- Tableau 72** : Analyse de la variance de l'effet des concentrations des extraits sur *Rhizoctonia solani*.

Liste des Figures

Figure 1: Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre	7
Figure 2: Coupe longitudinale d'un tubercule de la pomme de terre	8
Figure 3 : Évolution de l'abondance (potentiel de dommages) de la teigne des tubercules de la pomme de terre <i>Phthorimaea operculella</i> dans le monde entier selon les prévisions des modèles en utilisant l'indice de génération pour les années 2000	11
Figure 4 : Développement de la teigne de la pomme de terre <i>Phthorimaea operculella</i>	14
Figure 5 : L'extrémité de l'abdomen des nymphes femelles et mâles (de gauche à droite) de <i>Phthorimaea operculella</i>	15
Figure 6 : Les dommages causés par les larves de <i>Phthorimaea operculella</i>	16
Figure 7 : Mycélium de <i>Rhizoctonia solani</i> avec ramification et constriction à angle droit	20
Figure 8 : les symptômes causés par <i>Rhizoctonia solani</i>	22
Figure 9 : <i>Ammoides verticillata</i>	24
Figure 10 : <i>Phlomis crinita</i>	26
Figure 11 : <i>Reseda alba</i>	30
Figure 12 : Localisation géographique de la zone d'étude (commune de Lardjem, wilaya de Tissemsilt).	32
Figure 13 : Diagramme de la température et précipitation de la région de Lardjem	33
Figure 14 : Climagramme d'Emberger pour la période	34
Figure 15 : Préparations des extraits	37
Figure 16 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	42
Figure 17 : Courbe d'étalonnage de la quercétine.	43
Figure 18 : Courbe d'étalonnage de la catéchine.	44
Figure 19: Bocal de ponte.	46
Figure 20: Élevage de la teigne de la pomme de terre.	47
Figure 21: Récupération des nymphes de <i>Phthorimaea operculella</i>	48
Figure 22: Préparation du milieu PDA.	49
Figure 23 : Isolement de l'agent pathogène <i>Rhizoctonia solani</i> à partir des tubercules	49
Figure 24 : Dilutions préparées pour traçage de la courbe d'étalonnage d'acide ascorbique.	52
Figure 25: Le comptage des œufs pondus sur la pomme de terre.....	55
Figure 26: Schéma du test de Push-Pull.	56
Figure 27 : Rendements des différents extraits des plantes étudiées.....	60
Figure 28: Taux des polyphénols totaux des extraits de plantes étudiées.	67
Figure 29 : Taux de flavonoïdes des extraits de plantes étudiées.....	68

Figure 30: Taux de tanins condensés des extraits de plantes étudiées.	69
Figure 31: Taux des anthocyanes des extraits secs de plantes étudiées.	70
Figure 32 : Effet du taux de sucre sur la longévité des adultes.	73
Figure 33 : Effet du taux de sucre sur la fécondité.....	75
Figure 34 : Effet de la Température sur la longévité des adultes.	76
Figure 35 : Effet de la température sur la fécondité de la teigne.	78
Figure 36: Les sclérotés formés sur boîte pétri.	79
Figure 37 : Aspect macroscopique du <i>Rhizoctonia solani</i> sur le milieu PDA, a : colonie de 7 jours, b : colonie de 10 jours, c : colonie de 15 jours.	80
Figure 38: les aspects microscopique de <i>Rhizoctonia solani</i>	81
Figure 39 : Pourcentage d'inhibition de DPPH par l'acide ascorbique.	83
Figure 40 : Pourcentage d'inhibition de DPPH par les extraits d' <i>Ammoides verticillata</i>	83
Figure 41: Pourcentage d'inhibition de DPPH par les extraits de <i>Phlomis crinita</i>	84
Figure 42 : Pourcentage d'inhibition de DPPH par les extraits de <i>Reseda alba</i>	84
Figure 43 : Effet OSI de l'extrait aqueux <i>Ammoides verticillata</i>	99
Figure 44 : Effet OSI de l'extrait aqueux <i>Phlomis crinita</i>	100
Figure 45 : Effet OSI de l'extrait aqueux <i>Reseda alba</i>	100
Figure 46 : Effet Push-Pull de la combinaison AA.	103
Figure 47 : Effet Push-Pull de la combinaison AP.	104
Figure 48 : Effet Push-Pull de la combinaison PA.....	105
Figure 49 : Effet Push-Pull de la combinaison PP.	105
Figure 50 : Effet Push-Pull de la combinaison RA.	106
Figure 51 : Effet Push-Pull de la combinaison RP.....	107
Figure 52 : Effet des extraits aqueux sur la souche de <i>Rhizoctonia solani</i>	109
Figure 53: Effet de l'extrait aqueux d' <i>Ammoides verticillata</i> sur la croissance mycélienne de <i>Rhizoctonia solani</i>	110
Figure 54: Effet de l'extrait aqueux de <i>Phlomis crinita</i> sur la croissance mycélienne de <i>Rhizoctonia</i> <i>solani</i>	111
Figure 55 : Effet de l'extrait aqueux de <i>Reseda alba</i> sur la croissance mycélienne de <i>Rhizoctonia</i> <i>solani</i>	112

Annexe

- A : Figure 56 :** Courbe de CL₅₀ pour l'extrait *Ammoides verticillata* (trempage des tubercules)
- B : Figure 57 :** Courbe de CL₅₀ pour l'extrait *Phlomis crinita* (trempage des tubercules).
- C : Figure 58 :** Courbe de CL₅₀ pour l'extrait *Reseda alba* (trempage des tubercules).

- D : Figure 59** : Courbe de CL_{50} pour l'extrait *Ammoides verticillata* (trempage des larves).
- E : Figure 60** : Courbe de CL_{50} pour l'extrait *Phlomis crinita* (trempage des larves).
- F : Figure 61** : Courbe de CL_{50} pour l'extrait *Reseda alba* (trempage des larves).
- G : Figure 62** : Courbe de CL_{50} pour l'extrait *Ammoides verticillata* (trempage des œufs).
- H : Figure 63** : Courbe de CL_{50} pour l'extrait *Phlomis crinita* (trempage des œufs).
- I : Figure 64** : Courbe de CL_{50} pour l'extrait *Reseda alba* (trempage des œufs).

Liste des abréviations

AA : *Ammoides verticillata*-*Ammoides verticillata*

AP : *Ammoides verticillata*-*Phlomis crinita*

APG : Angiosperme Phylogénétique Groupe.

CIP : Centre International de la Pomme de terre

DDL : Degré de liberté

DPPH : 2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl

DPVCT : Direction de la Protection des Végétaux et du Contrôle Technique

DSA : Direction des Services Agricoles

F : F critique

FAO: Food et Agriculture Organisation

FeCl₃ : le chlorure de fer

FOASTAT : Food et Agriculture Organization Corporate Statistical Database

H₂SO₄ : acide sulfurique

HCL : Acide chlorhydrique

IM : indice de mousse

IC₅₀ : Inhibitory Concentration 50

ITMA : Institut de Technologie Moyen Agricole

mg EAG/g MS: mg équivalent en acide gallique par gramme de matière sèche.

mg EC/g MS: mg équivalent en catéchine par gramme de matière sèche.

mg EQ/g MS: mg équivalent en quercétine par gramme de matière sèche.

NaOH : hydroxyde de sodium

Na₂CO₃ : Carbonate de sodium

NH₄OH : Ammoniaque

OSI : Oviposition Stimulation Index

PA : *Phlomis crinita*-*Ammoides verticillata*

PP : *Phlomis crinita*- *Phlomis crinita*

p/v: poids par volume

PDA: Potato Dextrose Agar

P : Probabilité

RA : *Reseda alba*- *Ammoides verticillata*

RP : *Reseda alba*-*Phlomis crinita*

R2 : Coefficient de corrélation

TN : témoin négatif

Introduction

La pomme de terre est cultivée dans plus de 100 pays , elle occupe la quatrième place après la culture du riz, du blé et du maïs (**He et al., 2012**). En Algérie la filière de pomme de terre dans tous ses volets, semences et consommation, occupe aujourd’hui une place intéressante. C’est une culture stratégique en Algérie. Cette culture a pris de l’extension dans les régions du Nord et se développe actuellement dans le Sud algérien. Sa production reste très variable, selon les années, allant de 4 à 5 millions de tonnes (**FOASTAT, 2021**).

Le rendement de la pomme de terre dépend de plusieurs facteurs, des techniques culturales, des maladies et ravageurs.

Parmi les grands ravageurs, on peut citer la teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep : Gelechiidae), qui est un ravageur mondial de la pomme de terre. La teigne de la pomme de terre a été signalée pour la première fois en Algérie en 1874, par Boisduval (**INRA, 1913**). Très connue pour sa capacité d’adaptation à l’environnement, sa relation étroite avec son hôte et sa reproduction élevée (**Nirula, 1960; Herman et al., 2005; Kroschel etSchaub, 2013**). ce ravageur est répandu dans toutes les parties les plus chaudes du monde, dont les dégâts sont causés par les larves (**Kfir, 2003; Strand, 2006**). D’ailleurs les dégâts sur le rendement, sont étroitement liés au minage larvaire du feuillage et des tubercules.

En plein champ, les larves font la première attaque dès la germination du plant. La larve abîme les bourgeons terminaux, se nourrit des pétioles par forage (**Estrada etSierra, 1997**), des feuilles initiales et, au point de croissance des tubercules-semence lorsque ces derniers n’ont pas été couverts. Cependant, les dommages foliaires n’entraînent généralement pas de pertes de rendement significatives, par contre, les dommages dus à l’infestation des tubercules dans des conditions de stockage, pourraient aller jusqu’à 100% (**Ortega etFernandez, 2000; Capinera, 2008; Perveen, 2018**).

D’autres ennemis causent des dégâts considérables ; citons les agents pathogènes qui causent des dégâts et plusieurs maladies sur la pomme de terre, le champignon *Rhizoctonia solani* (**Ogoshi, 1987**), le mildiou de la pomme de terre, l’alternariose et la verticilliose qui sont des maladies transmises par la semence et/ou le sol (**Large, 1962**).

L’espèce fongique *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn, cause deux types d’affections sur les cultures de pomme de terre : le chancre des tiges et le rhizoctone brun. Cet espèce est capable de produire des effets aussi variés que la défiguration des sclérotés noirs superficiels sur les

tubercules de pomme de terre ; des taches brunes sur les tubercules et des pourritures des racines (**Baker, 2020**).

Ces deux affections peuvent provoquer une réduction des rendements, résultant du développement des lésions sur les tiges, les stolons et les racines et une diminution de la qualité commerciale, par la formation de sclérotés sur les tubercules (rhizoctone brun) (**Woodhall et al., 2008; Woodhall et al., 2013**).

Parmi les moyens de lutte utilisés, on peut citer les pesticides qui sont très efficaces à la fois dans les champs et dans les entrepôts (**Foot, 1976; Wale et al., 2008; Kroschel et Schaub, 2013**). L'utilisation des pesticides est presque devenue incontournable dans le système agricole, néanmoins ils sont néfastes et toxiques pour la santé du consommateur et de l'utilisateur. Ils provoquent également une pollution pérenne des eaux souterraines, superficielles et de l'air par volatilisation depuis le sol (**Bedos et al., 2005; Calvet R., 2005; Wale et al., 2008; Bedos et al., 2009; Schrack et al., 2009**).

Les pesticides, étant de plus en plus critiquée, l'utilisation des biopesticide, respectueuse de l'environnement, demeure la méthode alternative, actuellement en cours de recherche pour assurer la protection des plantes (**Regnault-Roger et al., 2005**). C'est ainsi que les produits végétaux ont été identifiés comme alternatives prometteuses, car ils présentent des risques réduits pour l'environnement et pour la santé humaine et sont plus rapidement dégradables que les composés synthétiques (**Wale et al., 2008; De Morais et Marinho-Prado, 2016**).

Depuis 1991, **Ghosh** a rapporté qu'il existe plus de 600 espèces de plantes dans le monde, qui peuvent contrôler les insectes et les ravageurs nuisibles. Ainsi s'ouvrent de nouvelles perspectives de valorisation des métabolites végétaux dans le cadre du développement de stratégies alternatives de régulation des population des pathogènes et ravageurs des cultures (**Regnault-Roger et al., 2008**). Les substances végétales secondaires possèdent des odeurs ou des goûts caractéristiques et peuvent, ainsi provoquer des réactions sensorielles (**Fraenkel, 1959**).

La richesse de la flore algérienne est incontestable, avec environ 4300 espèces et sous-espèces de plantes vasculaires (**Dobignard et Chatelain, 2010-2013**).

Ce qui présente une source d'inspiration pour les chercheurs, de ce fait, plusieurs équipes de recherches ont focalisé leurs travaux de recherche sur la recherche des substances naturelles aux propriétés biologiques intéressantes.

Le but du présent travail est d'étudier l'effet biologique de divers extraits aqueux de trois plantes endémique (*Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba*), pour protéger les pommes de terre de l'attaque par la teigne de la pomme de terre et de champignon *Rhizoctonia solani*.

La présente thèse intitulée « La lutte contre les ennemis de la pomme de terre » s'inscrit dans le cadre de la protection de l'agroenvironnement.

Durant les travaux de cette thèse, nous nous sommes intéressés à l'étude des deux ennemis de la pomme de terre ; la teigne *Phthorimaea operculella* et une souche fongique isolées *Rhizoctonia solani*. Et pour répondre aux objectifs fixés à ce travail ; deux parties distinctes ont été abordées :

La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique, qui contient cinq chapitres :

Dans laquelle on décrit la pomme de terre et les plus importants ennemis, ainsi qu'un aperçu plus détaillé sur les deux ennemis choisis pour l'étude ; *Phthorimaea operculella* et le champignon *Rhizoctonia solani*, une généralité sur les trois plantes qui vont servir de lutte biologique contre ces ennemis et enfin l'étude de la zone de prélèvement des trois plantes.

La deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale, divisée en deux chapitres ; le premier chapitre présente le matériel et les différentes méthodes qui se résument comme suit:

- Préparation des extraits à polarité différente suivie par le criblage phytochimique des différents métabolites secondaires des différents solvants, qualitatif et quantitatifs, mettant en œuvre des concentrations en composés polyphénolique (Polyphénols totaux, flavonoïdes totaux, tanins condensée et les anthocyanes) à l'aide des dosages spectrophotométriques.
- Détermination de la température et du régime alimentaire optimal pour un élevage réussis de la teigne de la pomme de terre.

- Purification, conservation et identification morphologique des isolats du *Rhizoctonia solani*.
- Activité biologique des trois extraits aqueux (activité antioxydante, et larvicide, ovicide et activité de ponte de *Phthorimaea operculella* et fongicide contre *Rhizoctonia solani*).

Le deuxième chapitre présente une synthèse des principaux résultats obtenus et leurs discussions que nous essayerons de développer.

Enfin une conclusion essentielle afin de clôturer ce travail, qui résume nos résultats et qui propose des perspectives pour des études ultérieures.

Partie Bibliographique

Chapitre I : Généralité sur la pomme de terre

Cette première partie présente une synthèse bibliographique permettant de définir les différents termes abordés dans ce sujet.

1.1 Importance de la pomme de terre

La pomme de terre est une espèce vivace de courte durée, un élément de base de l'alimentation, le tubercule de pomme de terre est un site de stockage des glucides, d'amidon (**Bradeen et Kole, 2016**); une quantité considérable de B5, B3 B6 et de vitamine C, en plus de minéraux tels que le potassium, le phosphore et le magnésium (**Joshi, 2018**).

1.2 Origine et distribution

L'histoire de la pomme de terre a débuté il y a environ 8 000 ans près du lac Titicaca, à la frontière entre la Bolivie et le Pérou ; près de 200 espèces sauvages de pommes de terre ont été répertoriées sur le continent américain. Les agriculteurs des Andes cultivaient un grand nombre de cultures vivrières (**FAO, 2008; Brown et Henfling, 2014**).

Bien que de nombreuses récoltes aient été apportées en Europe par Columbus et d'autres peu après la découverte du Nouveau Monde en 1492, la pomme de terre est arrivée bien plus tard ; c'est parce que c'est une culture froide et tempérée des hautes Andes de l'Amérique du Sud, et ceux-ci n'ont été découverts que par les Espagnols en 1532 (**Hawkes et Francisco-Ortega, 1993; Spire et Rousselle, 1996**).

1.3 Production de la pomme de terre en Algérie

La culture est introduite en Algérie au milieu du XIX^{ème} siècle, l'essentiel de la production était exporté vers la France. En 1962, lorsque le pays acquit son indépendance, il produisait 250 000 tonnes par an et en exportait environ le tiers (**FAOSTAT, 2008**). La production de la pomme de terre en Algérie entre la période de 2012 et 2019, est représentée dans le **tableau 1**.

Tableau 1: Évolution de la production de la pomme de terre en Algérie (**FOASTAT, 2021**).

Production de la pomme de terre en Algérie en (tonnes)							
2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
4 219 476	4 886 538	4 673 516	4 539 577	4 759 677	4 606 402	4 653 322	5 020 249

Selon les directions des services agricoles **DSA** de la wilaya de Tissemsilt, la production de la pomme de terre entre la période de 2015 et 2021, est représenté dans le **tableau 2**.

Tableau 2: Évolution de la production de la pomme de terre a Tissemsilt (**DSA, 2021**).

Production de la pomme de terre à Tissemsilt (Qx)					
2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021
21 955	22 070	50 853	71 816	52 306	47 426

1.4 Classification

Solanum vient du latin solor (réconforter); *tuberosum* vient du latin tubercule (une bosse ou un gonflement) faisant référence aux organes de stockage souterrains (tubercules) des plantes (**Welbaum, 2015**).

Selon **Cronquist (1988)** , la pomme de terre appartient au :

Règne : Plantae.
 Sous-règne : Tracheobionta.
 Division : Magnoliophyta.
 Classe : Magnoliopsida.
 Ordre : Solanales
 Famille : Solanaceae
 Genre : *Solanum*
 Espèce : *Solanum tuberosum* L., (1753)

1.5 Morphologie

1.5.1 Partie aérienne

1.5.1.1 Tige

La tige est dressée dans les premiers stades de croissance mais elle devient plus étalée, atteignant 50 cm de haut (**Kochhar, 2016; McKenzie, 2020**), de couleur verte ou plutôt brunâtre du fait de pigments anthocyanes associés à la chlorophylle (**Huamán, 1980**) (**Fig.01**).

1.5.1.2 Feuille

Les feuilles sont disposées en spirale sur la tige (**Huamán, 1980**), souvent légèrement arquées, les folioles toujours ovales à ovales-lancéolées, environ deux fois plus longues que larges (**Harris, 1992**) (**Figure n° 01**).

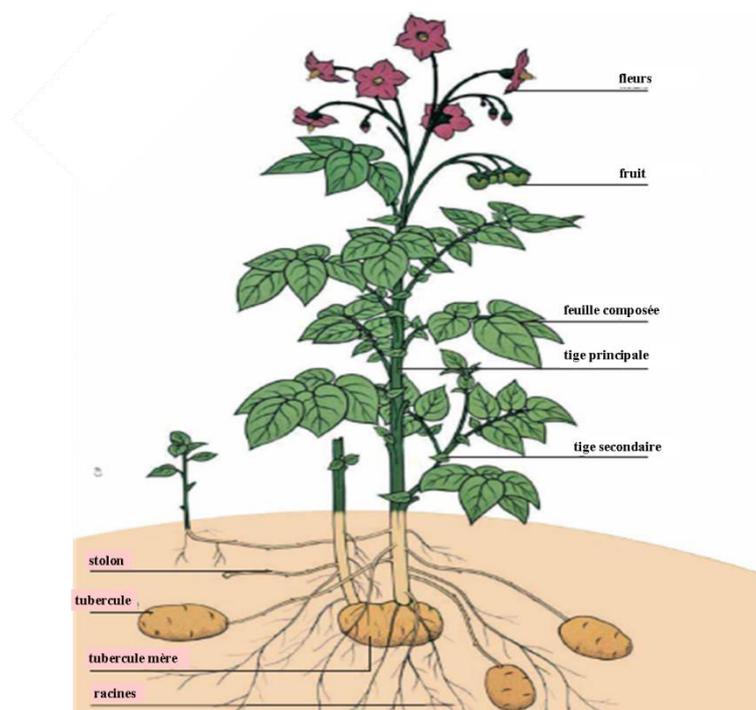


Figure 1: Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre (**FAO, 2008**).

1.5.1.3 Fleur

les fleurs sont actinomorphes et pentamères avec 5 calices, 5 corolles et 5 étamines (**Gopalakrishnan, 2007; Bradeen et Kole, 2016; Khare et Bhale, 2016**), la couleur varie , du blanc au rose au violet bleuâtre (**Welbaum, 2015**), elle est portée par un pédicelle, les fleurs sont autogames, sont souvent stériles (**Huamán, 1980**) (**Fig. 1**).

1.5.2 Partie souterraine

Il est constitué par les racines et par les stolons, sur lesquels se forment les tubercules (**Polese, 2006**).

1.5.2.1 Racine

Les plantes cultivées à partir de graines forment une racine pivotante avec des branches latérales ; les plantes cultivées à partir de tubercules forment des racines adventives à la base de chaque pousse et plus tard au-dessus des nœuds de la partie souterraine de chaque tige, (Huamán, 1980) parfois , les racines peuvent également pousser sur des stolons (Kochhar, 2016).

1.5.2.2 Tubercule

Ce sont des organes souterrains gorgés de substance de réserve, la forme et la couleur varient selon les variétés. Selon la forme, ils sont classés en quatre grandes classes : les claviformes, les oblongs, les arrondis, et les cylindriques (Polese, 2006).

À leur surface on observe des yeux qui sont en fait des bourgeons axillaires formés à l'aisselle d'une feuille en forme de petites écailles, leur nombre varie considérablement en fonction de nombreux facteurs tels que la variété, la taille des tubercules et les conditions de croissance (Van der Zaag, 1980; Horton, 1987; Raven *et al.*, 2020), ils sont plus ou moins enfoncés par rapport à la surface du tubercule (Peterson *et al.*, 1985).

La peau peut être lisse ou rugueuse (Polese, 2006), en dessous de la peau on trouve la chair comprenant ; le cortex; l'anneau vasculaire et le parenchyme (moelle) (Rossignol et Rousselle, 1996), ce dernier sa couleur peut aller du blanc au jaune (Polese, 2006) (Fig.2).

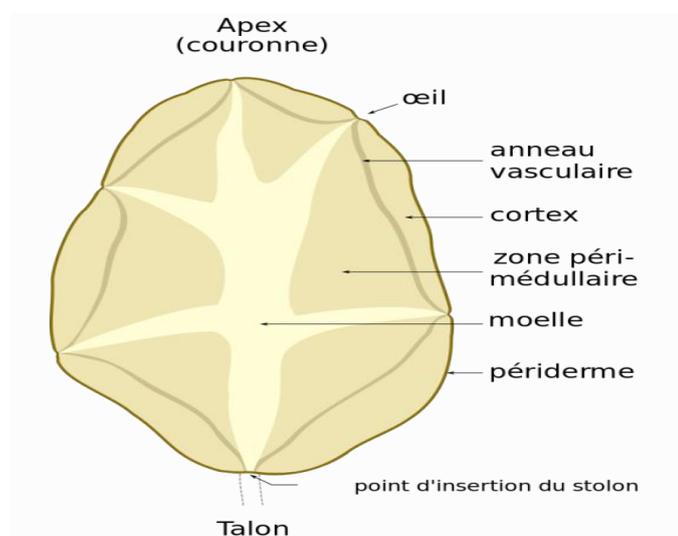


Figure 2: Coupe longitudinale d'un tubercule de la pomme de terre (Eck, 2007).

1.6 Développement des tubercules

Les tubercules souterrains poussent à partir des extrémités des stolons ou les rhizomes (**Struik, 2007**), les stolons commencent à se développer d'abord au niveau des cotylédons puis aux aisselles situé au-dessus et s'enfoncent dans le sol (**Rossignol et Rousselle, 1996**), au bout d'un certain temps, les stolons cessent leur élongation et leur extrémités se renflent pour former les ébauches (**Ellissèche, 1996**). Les températures optimales pour le développement des tubercules sont d'environ 16 °C pas au-dessus de 27°C (**Struik et Ewing, 1995; Hill, 2008**).

Les tubercules exposés à la lumière, devient verdâtre (**Marchoux et al., 2008**) et produit certaines quantités de glycoalcaloïdes et solanine; à haute concentration, peut provoquer une intoxication et un effets analogue à ceux de l'atropine (**Lisinska et Leszczynski, 1989; Bianchini et Bianchini, 1994; Navarre et al., 2009; Madison, 2017**).

1.7 Les problèmes phytosanitaires

1.7.1 Stockage

Que les tubercules soient consommés frais ou transformés, ils doivent être stockés à l'abri de la lumière, les tubercules doivent être stockés à une température comprise entre 6 et 8°C, dans un endroit obscur, bien aéré dont le taux d'humidité est relativement élevé, entre 85 et 90 % (**FAO, 2008**). Les pommes de terre sont un produit sensible aux endommagement, aux infections par moisissures (**Hayma, 2004**); le tri des tubercules endommagés et le traitement avec des insecticides directement sur les tubercules restants avant de les remettre au stockage sont généralement surveillés pour réduire les blessures et les pertes (**Raman et al., 2003**).

1.7.2 Les ennemis de la pomme de terre

Tableau 3 : Les différents ennemis de la pomme de terre.

	L'espèce, et les dégâts causés
Les maladies fongiques	Mildiou (<i>Phytophthora infestans</i>) : tache brunes sur les feuilles, feutrage blanc sur la face inférieure des feuilles et des taches grises sur les tubercules (Snowden, 2010).
	Rhizoctone brun (<i>Rhizoctonia solani</i>) : un enroulement et un jaunissement du feuillage, présence de croûte noire sur les tubercules (Gupta et al., 2017).
	Alternariose (<i>Alternaria solani</i>) : présence de petites taches brunes dispersées sur la feuille. et une pourriture sèche sur les tubercules (Torres, 2002; Wale et al., 2008).
Les maladies bactériennes	Jambe noir (<i>Pectobacterium spp</i>) : jaunissement, flétrissement et enroulement des feuilles, et pourriture molle complète des tubercules (Montesdeoca et al., 2013).
	Pourriture annulaire (<i>Clavibacter michiganensis</i>) : jaunissement du bord du limbe qui vire ensuite au brun, les tubercules pourrissent de l'intérieur (CIP, 1996).
	La gale commune (<i>Streptomyces</i>) : Gale en pustules ou en relief dans les tubercules (Messiaen et al., 1991).
Les viroses	Virus de l'enroulement (PLRV) : Les feuilles enroulées et présentent un jaunissement, et des nécroses internes (Jayasinghe, 1993).
	virus Y,A,S,X : taches nécrotiques, mosaïque, enroulement ou dépigmentations foliaire et nécrose des tubercules (Herrera et al., 2000; Ramos, 2000; Koike et al., 2006).
Les ravageurs	La teigne (<i>Phthorimea operculella</i>) : les larves minent le feuillage et les tubercules (Romeis et al., 2008).
	Doryphore (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>) : se nourrissent des feuilles; impactant le développement des tubercules (Polese, 2006).
	Taupins (<i>Agriotes sp</i>) : des galeries dans les tubercules (Kühne et al., 2011).
	Puceron vert (<i>Myzus persicae</i>) : déformation des feuilles, et vecteur de virus chez les plantes (Capinera, 2008).
	Nématodes (<i>Globodera spp</i>) : les plantes sont chétives et produisent de petits tubercules. (Pumisacho et Sherwood, 2002).
	Nématodes (<i>Meloidogyne spp</i>) : le nanisme de la plante, et des galles sur les racines et les tubercules (Egúsquiza, 2000).

Chapitre II : La teigne de la pomme de terre

2.1 Origine et répartition géographique

2.1.1 Origine

Phthorimaea operculella a été enregistrée dans la Californie depuis 1856, et plusieurs fois au cours des deux dernières décennies, il a été enregistré dans le Bassin du Columbia de l'Oregon et de Washington (Alvarez *et al.*, 2005).

2.1.2 Répartition géographique

L'aire d'origine est probablement les régions subtropicales humide d'Amérique du sud, elle est cosmopolite et se retrouve partout, très fréquente dans tous les pays du bassin méditerranéen ou elle commet d'énorme dégât, en Afrique du nord et au Moyen-Orient (Mugniery et Robert, 1996). En Afrique, on cite Algérie, Congo, Égypte, Éthiopie, Kenya et Maroc (Hagstrum et Subramanyam, 2016) (Fig.03).

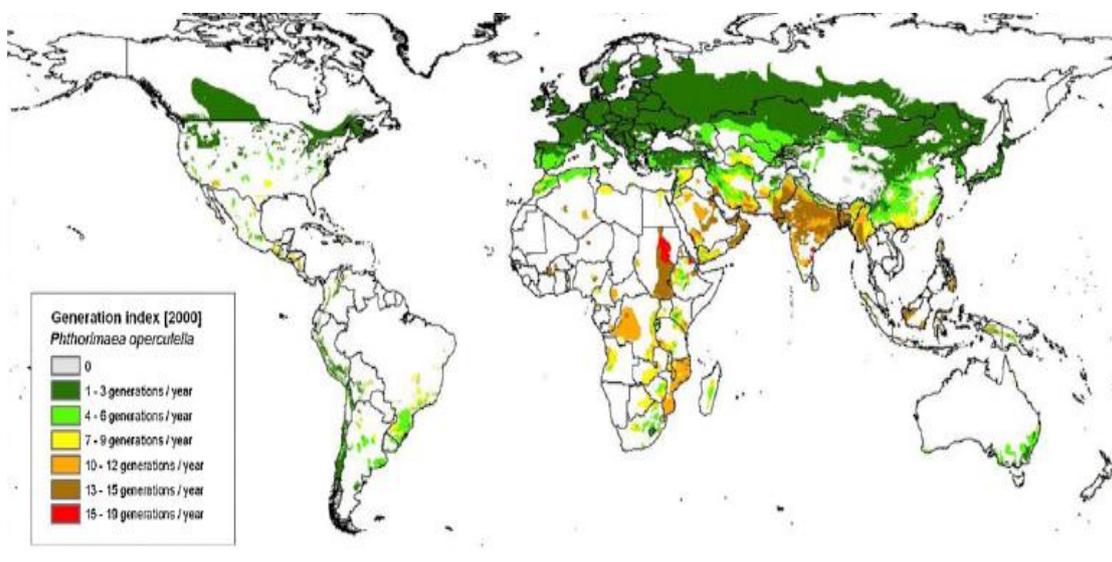


Figure 3 : Évolution de l'abondance (potentiel de dommages) de la teigne des tubercules de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* dans le monde entier selon les prévisions des modèles en utilisant l'indice de génération pour les années 2000 (Kroschel *et al.*, 2013).

2.2 Généralités

La teigne de la pomme de terre s'attaque à diverses solanacées et préfère le plus le tabac, suivie de pomme de terre et aubergine, également la tomate, le poivron, et autres plantes solanacées (Jing *et al.*, 2012), et se trouve dans les climats chauds tropicaux et subtropicaux; c'est le ravageur le plus dommageable des pommes de terre dans les champs et

dans les magasins de stockage (**Radcliffe et Lagnaoui, 2007**), c'est un organisme poïkilothermique, son développement dépend largement de la température (**Kroschel et Schaub, 2013**).

2.3 Systématique

Ndiaye (1997) rappelle la systématique de la teigne de la pomme de terre comme suit :

Règne : Animal
 Embranchement : Arthropodes
 Classe : Insectes
 Ordre : Lépidoptères
 Sous ordre : Micro-lépidoptères
 Super famille : Tineoidea
 Famille : Gelechiidae
 Genre : *Phthorimaea*
 Espèce : *Phthorimaea operculella* Zeller (1873).

2.4 Biologie du cycle de développement

La reproduction chez les lépidoptères commence par la période pendant laquelle les femelles émettent les phéromones sexuelles, qui vont agir sur le comportement des mâles, pendant cette période les mâles ont un comportement dit de recherche, caractérisé par un vol anémotaxique, le mâle vole en direction de la femelle en effectuant des zigzags dans le flux phéromonal (**Ono, 1985a; Ono, 1985b; Félix, 2008**).

La fécondité par femelle atteint un maximum de plus de 25 œufs par jour (**Arx, 1987**), une intensité lumineuse élevée inhibe la ponte (**Broodryk, 1971**), elles pondent au niveau de la tige, des feuilles, ou sur les tubercules (**Gill et al., 2014**). À l'éclosion les larves du premier stade creusent dans les tubercules et même les tiges de la plante, des galeries sinueuses tapissées de fils soyeux et renferment des excréments noirâtres (**Nyabyenda, 2005; Chandla et al., 2011**).

Les larves se nymphosent dans les feuilles de pommes, de terre morte, dans le sol ou sur les tubercules des pommes de terre entreposés, si ces habitats ne sont pas disponibles, les larves chercheront d'autres endroits protégés pour la nymphose, comme les crevasses des murs et sols ou autres endroits où la température est au-dessus du point de congélation, les

nymphes forment un cocon de soie recouvert de terre et de débris disponibles tout près (Alvarez *et al.*, 2005; Véték *et al.*, 2017), la durée du cycle de vie et le nombre de générations chaque année est influencée par la température qui varie considérablement (20 à 165 jours), 7 à 13 générations sont comptées chaque année (Chandel *et al.*, 2020).

La parthénogenèse, qui est très rare chez les lépidoptères mais possible chez *Phthorimaea operculella* avec un taux d'éclosion d'œufs plus faible, un stade larvaire plus court et une durée de vie plus courte des mâles par rapport à la population non parthénogénétique (Liu *et al.*, 2018).

2.5 Description de la teigne de la pomme de terre

2.5.1 Œuf

Les œufs sont lisses, ovales de couleur blanc nacré qui deviennent plus foncés à mesure qu'elles deviennent mature (Alvarez *et al.*, 2005; Gill *et al.*, 2014), la taille est de 0,5 x 0,35 mm, déposé individuellement ou en petits lots (Kroschel *et al.*, 2016), les œufs éclosent généralement après cinq jours (Gill *et al.*, 2014) (Fig. 4a).

2.5.2 Larves

2.5.2.1 Premier stade larvaire

De couleur blanc terne avec une tête brunâtre (Strand, 2006), mesure environ 1 mm de long (Kroschel *et al.*, 2016), la largeur de la capsule céphalique varie de 0,14 à 0,17 mm, la durée du premier stade est de 2 à 4 jours, la larve nouvellement éclosée est discrète et très difficile à détecter, elle devient assez active et commence à se nourrir quelques heures après l'émergence (Chandel *et al.*, 2005).

2.5.2.2 Deuxième stade larvaire

La couleur un peu blanc pâle avec capsule céphalique brun foncé, la longueur du corps varie de 2,8 à 3,3 mm et la largeur de la capsule céphalique est comprise entre 0,28 et 0,34mm, la durée du deuxième stade est de 2 à 6 jours (Chandel *et al.*, 2005).

2.5.2.3 Troisième stade larvaire

Les larves du deuxième et troisième stade ne montrent pas de différences de caractères morphologiques et d'apparences. La larve au troisième stade, mesure de 5,0 à 6,0mm de

longueur du corps et 0,54 à 0,65 mm de largeur de capsule céphalique. Cela dure entre 2,80 et 5,35 jours pendant la période chaude (Chandel *et al.*, 2005).

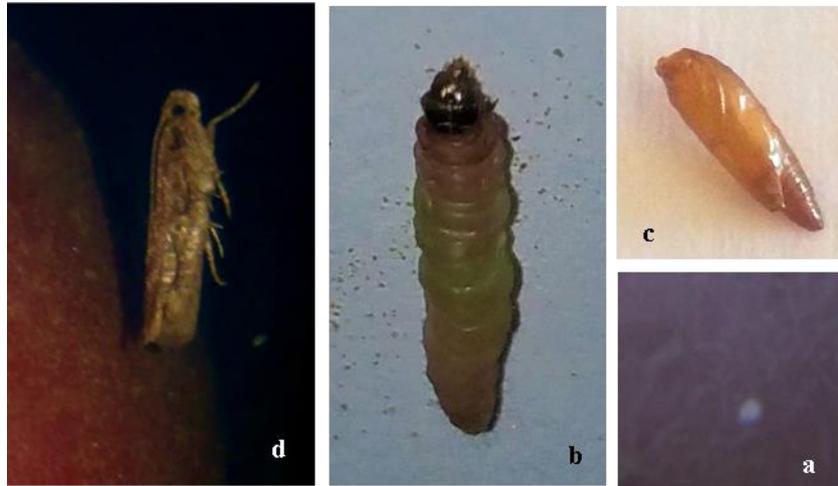


Figure 4 : Développement de la teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella*, a : œuf, b : larve (stade 4), c : nymphe, d : adulte. (Originale, 2021).

2.5.2.4 Quatrième stade

La coloration dépend des sources d'alimentation (Sporleder *et al.*, 2016), elle passe du blanc au jaune au rose ou au vert au fur et à mesure qu'elles mûrissent (Gill *et al.*, 2014), ces larves mesurent entre 9,8 et 11,3 mm de longueur, et 1,07 à 1,16 mm de largeur de capsule céphalique, le quatrième stade prend de 3 à 7 jours en été (Chandel *et al.*, 2005) (Fig. 4b).

2.5.3 Nymphe

Les nymphes mesurent 7 à 8 mm de long, d'abord de couleur brunâtre, devenant ensuite brun foncé et presque noires un jour avant l'émergence (Sporleder *et al.*, 2016), les nymphes mâles et femelles diffèrent les unes des autres par leur morphologie caractéristique. La longueur corporelle et le poids des nymphes femelles sont supérieurs à celle du mâle (Chandel *et al.*, 2005). Les nymphes mâles mesurent $6,4 \pm 1,2$ mm de longueur, tandis que les nymphes femelles mesuraient $6,6 \pm 1,1$ mm en longueur (Rondon et Xue, 2010). La morphologie des segments abdominaux de la nymphe femelle, a une longue suture présente au milieu du 8^{ème} segment abdominal (Chandel *et al.*, 2005; Xue *et al.*, 2013), et qui s'étend jusqu'au 7^{ème} et les 9^{ème} segments abdominaux, sous forme de fente, lettre « Y » à

l'articulation du 7^{ème} segment abdominal. La longue suture est formée en reliant le gonopore sur le 8^{ème} segment abdominal avec l'*oviporus* sur le 9^{ème} abdominal segment. Contrairement au mâle il n'y a qu'une suture longitudinale courte sur le 9^e segment abdominal (**Chandel et al., 2005; Dong et al., 2013**) (**Fig. 4c**), (**Fig. 5**).

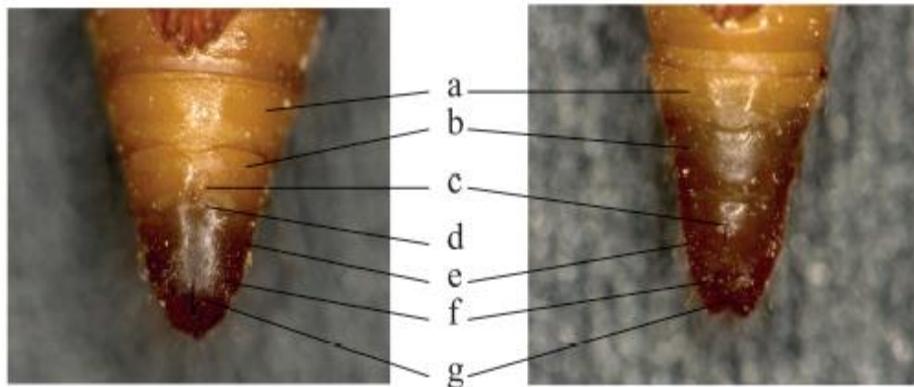


Figure 5 : L'extrémité de l'abdomen des nymphes femelles et mâles (de gauche à droite) de *Phthorimaea operculella*, a : 7^{ème} section abdominale b : 8^{ème} section abdominale c : pores génitaux d : trou de pont e : 9^{ème} section abdominale f : 10^{ème} section abdominale g : Anus (**Dong et al., 2013**).

2.5.4 Adulte

Le papillon mesure de 6 à 10 mm de long et l'envergure de ses ailes antérieures est d'environ de 10-15mm (**Mugniery et Robert, 1996**), les papillons sont étroits, de couleur gris argenté, les ailes sont brun grisâtre, frangé et allongé avec de petites marques brunes ou noires, avec des bordures frangées (**Gill et al., 2014**), ses antennes sont fines presque aussi longues que le corps (**Mugniery et Robert, 1996**) (**Fig. 4d**).

Ces lépidoptères sont actifs la nuit; pendant la journée ils se cachent sous des sacs ou sous les tubercules stockés (**Tantowijoyo et Van De Flie, 2006**). Le dimorphisme sexuel est marqué par des points présents dans les ailes antérieures et les extrémités de l'abdomen, y compris les organes génitaux; les femelles présentent une tache caractéristique de points en forme de « croix » au niveau des ailes, tandis que les mâles présentent trois ensembles de points clairement définis, l'abdomen terminal du mâle est plus large que celui des femelles (**Rondon et Xue, 2010; Horváth, 2017**).

Le segment abdominal terminal de l'ovipositeur de la teigne de la pomme de terre a environ 50 poils sensoriels sur chacune des papilles anales (**Valencia *et al.*, 1982**).

2.6 Dégâts et symptômes

Les larves entrent à travers des trous minuscules dans les yeux de tubercules, et forment des mines qui deviennent noirâtre en raison de l'accumulation d'excréments près de l'entrée du trou, ce qui facilite l'infection par des microorganismes (**Chandel *et al.*, 2005**),

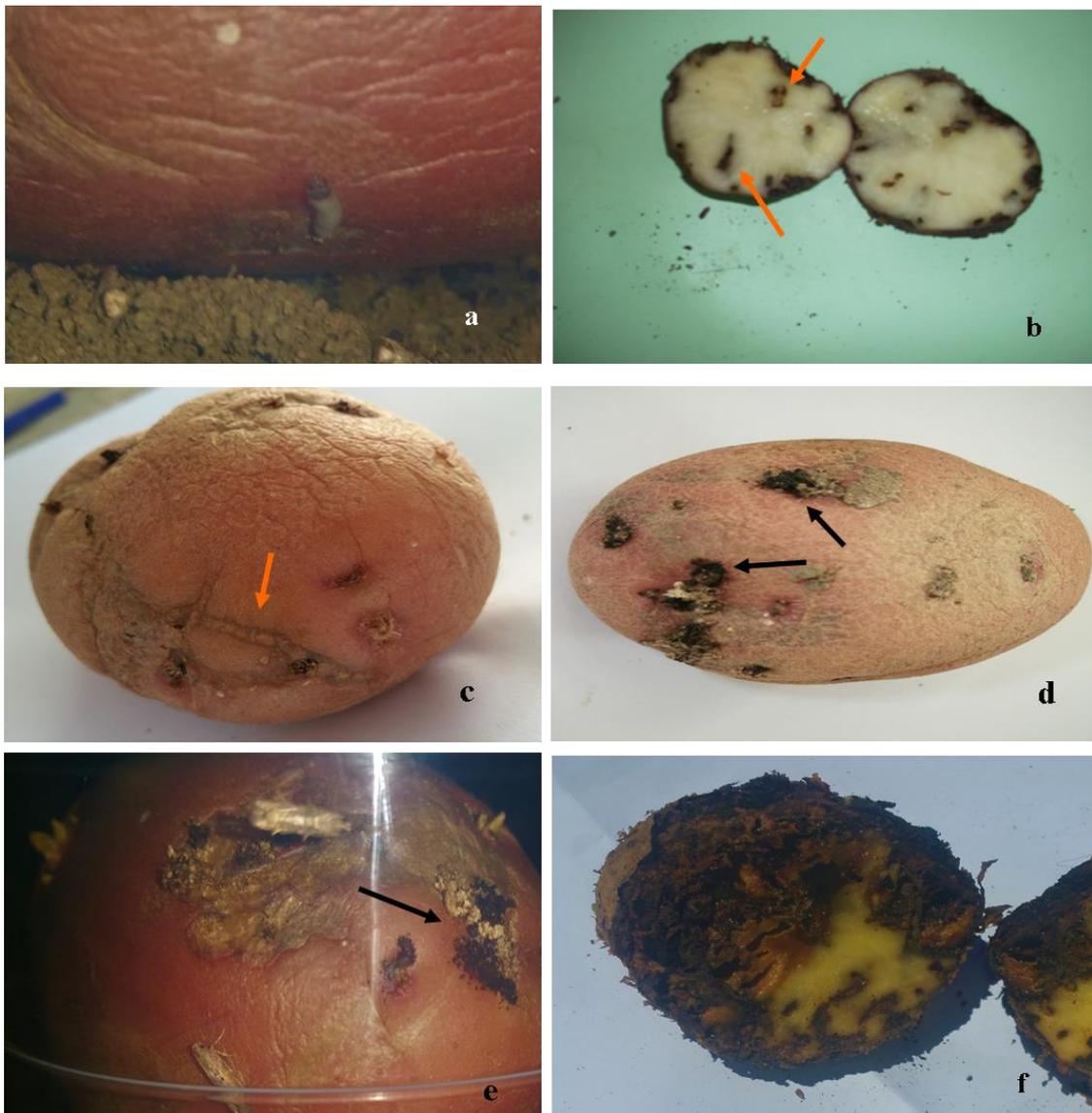


Figure 6 : Les dommages causés par les larves de *Phthorimaea operculella*, a : apparition de L4, b ; c : les mines causé par les larves, d ; e : les excréments noirâtre près des yeux, f : pourriture (infection par les microorganismes) après les dommages causé par les larves (**Originale, 2021**).

des pertes en stockage peut aller jusqu'à 100%, en particulier dans les systèmes non réfrigérés (**Rondon, 2010**) (**Fig. 6**).

2.7 Méthode de lutte

Plusieurs méthodes sont possibles pour la lutte contre la teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella*, et souvent un bon contrôle est obtenu par l'association de plusieurs approches.

2.7.1 Lutte éthologique

Utiliser des capsules de phéromones sexuelles pour surveiller la teigne de la pomme de terre dans les champs et les magasins, à l'aide de simples pièges artisanaux (seuil d'action 20 papillons / piège en une nuit) (**Giri et al., 2013b**).

2.7.2 Lutte cultural

Certaines pratiques courantes pour les teignes des tubercules de la pomme de terre sont l'utilisation de tubercules de semence exempts de ravageurs, plantation profonde, irrigation régulière pour éviter la fissuration du sol, haut buttage pour protéger les tubercules (**Kroschel et al., 2020**), on outre séparer les tubercules sain de ceux abimé et les détruire immédiatement (**Ortega et Fernandez, 2000**), et faire un nettoyage et une désinfection systémique de l'entrepôt prévu pour le stockage (**Espinel-Correal, 2010**).

2.7.3 Lutte chimique

La lutte chimique a été employée par pulvérisations du feuillage et du sol, et par pulvérisations ou fumigations des tubercules pendant leur stockage. Il n'existe pas d'insecticides chimiques spécifiques pour les teignes de la pomme de terre, les insecticides les plus utilisés sont à base de Pyrethroides, Acéphate, Chlorpyrifos et Profenofos, l'utilisation de ces insecticides peut occasionner des problèmes environnementaux pour la faune utile, et pour la santé humaine due aux effets cancérogènes de ces insecticides chimiques (**Arévalo et Castro, 2003**), cité par (**Espinel-Correal, 2010**).

2.7.4 Lutte biologique

La lutte biologique est toute forme d'utilisation d'organismes vivants ayant pour but de limiter la pullulation et/ou la nocivité des divers ennemis des cultures (**Jourdheuil et al.,**

1991), les biopesticides sont dérivés d'animaux, des plantes et d'autres matières naturelles telles que les champignons, les bactéries, les algues, les virus, les nématodes et les protozoaires (Senthil-Nathan, 2015; Nawaz *et al.*, 2016).

Plusieurs espèces de parasitoïdes sont considérées comme une alternative appropriée aux produits chimiques synthétiques pour le contrôle des teignes de la pomme de terre sans aucun résidu ni problème de santé, comme *Steinernema feeliae* et *Steinernema carpocapsae* (Ebrahimi *et al.*, 2021).

Plusieurs auteurs ont contribué à passer en revue certaines des recherches menées sur la teigne de la pomme de terre, citons un traitement à base de bactérie *Bacillus thuringiensis* (Bt), et du virus *granulovirus* (PhopGV) ; qui ont été utilisés avec succès contre *Phthorimaea operculella* et ont réduit significativement le nombre des larves (Broodryk et Pretorius, 1974; Von Arx et Gebhardt, 1990; Kroschel *et al.*, 1996; Arthurs *et al.*, 2008; Lacey *et al.*, 2010; Mascarin *et al.*, 2010; Saour *et al.*, 2016).

Ou encore des champignons entomopathogènes de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, les dommages ont été considérablement réduits (Zelege *et al.*, 2015; Alsaoud *et al.*, 2018), et même des acariens comme *Blattisocius tarsalis* pourraient être un agent de lutte pertinent contre *Phthorimaea operculella* (Gavara *et al.*, 2021).

Plusieurs produits naturels peuvent être utilisés efficacement contre la teigne de la pomme de terre, comme la terre de diatomée native qui a un potentiel dans la lutte contre *Phthorimaea operculella* (Atay *et al.*, 2021) et les plantes médicinales, d'ailleurs plusieurs sont étudiées contre la teigne de la pomme de terre, entre 1915 à 1993, Das (1995) a examiné la littérature et a révélé que 35 plantes sont efficaces pour réduire les dommages contre la teigne de la pomme de terre.

La pomme de terre associée au maïs peut être utilisée comme tactique de lutte biologique contre *Phthorimaea operculella* en augmentant la densité des ennemis naturels dans les agroécosystèmes (Zheng *et al.*, 2020).

Les stratégies Push-Pull impliquent la manipulation comportementale de l'insecte, des ravageurs et leurs ennemis naturels, via l'intégration de stimuli qui agissent de manière à rendre la ressource protégée peu attrayante ou inadaptée aux ravageurs (pousser), tout en les attirant vers une source attrayante (tirer) (Cook *et al.*, 2007).

Chapitre III : *Rhizoctonia*
solani

3.1 Généralités

Il y a un peu plus de 100 ans, Julius Kuhn a observé un champignon sur des tubercules de pomme de terre malades et l'a nommé *Rhizoctonia solani* (Kuhn, 1858), depuis lors, ce champignon a acquis la réputation d'être un phytopathogène répandu, destructeur et polyvalent, il est le sujet de centaines d'articles de recherche (Parmeter, 1970), sont présents dans toutes les régions du monde et capable d'attaquer une vaste gamme de plantes hôtes (Trigiano *et al.*, 2008), et dans des conditions environnementales plus diverses, l'espèce est capable de produire des effets aussi variés (Baker, 2020).

3.2 Caractéristiques taxonomiques :

Rhizoctonia solani est l'anamorphe du basidiomycète *Thanatephorus cucumeris* (Frank) qui fait partie des champignons basidiomycètes saprotrophes (Brown et Ogle, 1997; Boddy *et al.*, 2007).

Selon (Pöggeler et Wöstemeyer, 2011) *Rhizoctonia solani* appartient au :

Règne : Fungi
 Division : Basidiomycota
 Classe : Basidiomycetes
 Sous-classe : Agaricomycetidae
 Ordre : Cantharellales
 Famille : Ceratobasidiaceae
 Genre : *Rhizoctonia*
 Espèce : *Rhizoctonia solani* (Kuhn, 1858).

De nombreux critères ont été utilisés pour délimiter les sous-groupes de *Rhizoctonia solani*, la méthode la plus largement utilisée pour le diviser en groupes plus petits et plus homogènes était exclusivement sur la base de critères tels que l'anastomose hyphale (Parmeter Junior *et al.*, 1969; Ogoshi, 1976; Anderson, 1982; Carling *et al.*, 1987; Sneh *et al.*, 1991; González García *et al.*, 2006), les groupes d'anastomose que l'on désigne par l'abréviation AG ("Anastomosis Groups") sont reconnus sur la base de la capacité de leurs hyphes à fusionner avec ceux d'une autre souche (Carling *et al.*, 1994; Brown et Ogle, 1997).

À ce jour, 13 AG ont été identifiés au niveau de l'espèce *Rhizoctonia solani*, et chaque groupe d'anastomose est associé à un hôte particulier (Tsrer, 2010), par exemple le groupe d'anastomose AG-8 est associé aux céréales (Roberts et Sivasithamparam, 1986), alors que la majorité des *Rhizoctonia* affectant la pomme de terre sont les groupes d'anastomose AG-3, AG-4 et AG-5 (Carling *et al.*, 1986; Carling *et al.*, 1989; Balali *et al.*, 1995; Salamone et Okubara, 2020).

3.3 Caractère morphologique:

Les jeunes hyphes de ce champignon montrent des ramifications plus ou moins à angle aigu, inclinées dans le sens de croissance et sont invariablement un peu resserrés au point d'union avec les hyphes principaux, alors que celles des hyphes matures les branches sont approximativement perpendiculaires à l'hyphe principale, les distances entre les murs transversaux sont plus grandes, les constriction où les branches apparaissent moins marquées (Duggar, 1915) ils sont plus uniformes et rigide et deviennent plus profondément colorés, en culture, les masses donnent lieu à des sclérotés (Mukerji et Manoharachary, 2010). Cloisonné avec les septa à intervalles de 100-200 μm , le diamètre des hyphes végétatifs sont de 8-12 μm . Les articles mycéliennes sont multinucléées, contenant 2 à 18 noyaux (Duggar, 1915; Brown et Ogle, 1997) (Fig. 7).

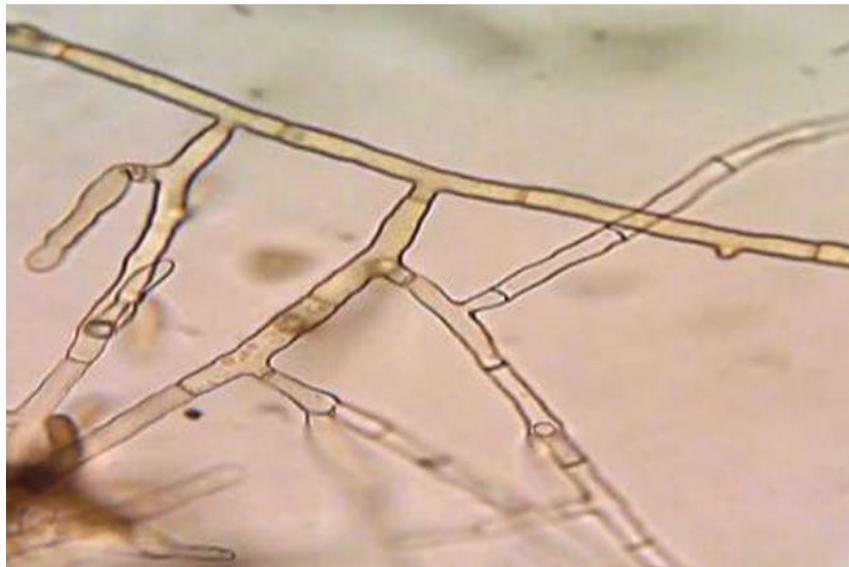


Figure 7 : Mycélium de *Rhizoctonia solani* avec ramification et constriction à angle droit (Nagaraj *et al.*, 2019).

3.4 Le cycle vital :

Rhizoctonia solani survit pendant de longues périodes sur les débris de culture et dans le sol sous forme de mycélium et des sclérotés, mais passe également l'hiver à l'état dormant sur les tubercules de pomme de terre (Walter *et al.*, 2001; Wale *et al.*, 2008). *Rhizoctonia solani* peut également survivre comme saprophyte et colonise les débris organiques, il survit généralement sous forme d'hyphes mélanisés à parois épaisses (Brown et Ogle, 1997).

Au condition favorable les sclérotés s'activent et germent et se mettent à produire un amas (le mycélium), il pénètre directement dans les plantes et envahit les racines, les pousses et les tiges (Wale *et al.*, 2008), les racines et les stolons peuvent être attaqué à tout moment pendant la saison de croissance, bien que la plupart des infections surviennent au début du cycle de croissance des plantes (Wharton *et al.*, 2007).

Rhizoctonia solani est plus agressif dans des conditions chaudes (24-30 ° C) et plus susceptible de causer des pertes économiques dans ces conditions (Beukema et Van Der Zaag, 1990; Kraft et Pflieger, 2001).

3.5 Les affections causées

Le complexe de la maladie *Rhizoctonia* de la pomme de terre comprend deux phases distinctes: infection des plantes en croissance (chancre *Rhizoctonia*) et infestation des tubercules filles par les sclérotés (gale noire), l'une ou les deux phases peuvent être présentes dans les cultures de pommes de terre (Banville *et al.*, 1996)

La gale noire et le chancre de la tige de la pomme de terre sont un complexe de maladies économiquement important, causant des dommages à la fois quantitatifs et qualitatifs aux cultures de pommes de terre (Tsrör, 2010). Les premières attaques de *Rhizoctonia solani* se manifestent sur les jeunes pousses, il attaque les germes encore enterrés les stolons et les racelles, provoquant l'apparition de profondes tache brunes qui entraînent des retards ou des manques à la levée (Bovey et Faes, 1967; Hide *et al.*, 1989), il provoque la fonte des semis avant et après la levée et la pourriture de la tige (Parmeter, 1970; Trigiano *et al.*, 2008; Wale *et al.*, 2008) (Fig. 8b). Dans le cas d'attaque sévère le champignon envahit aussi la base des tiges aériennes, formant une pellicule blanchâtre

aranéuse qui remonte à quelque centimètre du sol et la tige ne tarde pas alors à fléchir (Bovey et Faes, 1967) (Fig. 8a)



Figure 8 : les symptômes causés par *Rhizoctonia solani*, a : *Rhizoctonia solani* envahit la base de tige formant une pellicule blanche (El Bakali et Martín, 2006), b : lésions brunes et enfoncées sous terre, tiges et les stolons (Wharton *et al.*, 2007), c : des sclérotés sur les tubercules (Khan *et al.*, 2016), d : Sclérotés (flèches) sur le tubercule (Originale, 2021).

Le symptôme le plus typique des affections causées par *Rhizoctonia solani* se manifeste par l'apparition sur les tubercules de sclérotés sombres (Weinhold *et al.*, 1982), les tubercules de semence avec certains ou plusieurs sclérotés ont toujours donné de nombreux tubercules de descendance avec gale noire et aux yeux infectés par *Rhizoctonia solani*, et des tubercules souvent déformés (Bovey et Faes, 1967; Hide *et al.*, 1973) (Fig. 8c, d).

3.6 Méthode de lutte

3.6.1 Lutte culturale

La rotation avec des cultures non hôtes et le système de travail du sol réduit, peut aider à réduire les risques d'accumulation de la population par l'agent pathogène, elle a un effet

profond sur les cultures qui suit (**Frank et Murphy, 1977; Mukerji et Manoharachary, 2010; Acton, 2012; Sneh et al., 2013**), l'application de fumier stable et une culture de couverture de seigle réduit la quantité de *Rhizoctonia solani* sur les tubercules (**Blodgett, 1939**), en ce qui concerne la résistance à cette maladie, certaines variétés de pomme de terre présentent des niveaux de tolérance (**Yanar et al., 2005**).

3.6.2 Lutte chimique

Les fongicides agricoles sont destinés au contrôle des champignons phytopathogènes qui provoquent des maladies lors du cycle de culture du végétal, mais ils ont un impact sur les écosystèmes et le milieu environnemental qui leur sont liées, cependant un usage irraisonné de ces composés chimique ne peut manquer de poser des problèmes, mais restent des outils indispensables (**Catherine, 2014**). Parmi les traitements préventifs proposés par la direction de la protection des végétaux et des contrôles technique, le Fludioxomil qui est utilisé pour la semence (**DPVCT, 2015**).

3.6.3 Lutte biologique

L'utilisation de microorganismes antagonistes a été proposé comme une composante de la lutte biologique pour contrôler *Rhizoctonia solani* comme les champignons *Gliocladium sp*, qui assurent le meilleur potentiel inhibiteur sur *Rhizoctonia solani* (**Alaya Ben Salem et al.**), et Cinq isolats de *Trichoderma harzianum* qui se sont avérés antagonistes contre *Rhizoctonia solani* (**Demirci et al., 2011; Ibrahim, 2017**).

Ou encore des isolats bactériens *Pseudomonas sp* ont un excellent potentiel d'utilisation comme agents de lutte biologique efficaces favorisant la croissance des plantes avec une incidence réduite de la maladie (**Tariq et al., 2010**), même trois souches de bactéries *Pseudomonas fluorescens* B1, *Pseudomonas fluorescens* B2, et *Serratia plymuthica* B4, ont un potentiel élevé des endophytes dans le contrôle biologique de *Rhizoctonia solani* dans des conditions de champs (**Grosch et al., 2005**).

Plusieurs plantes ont été étudiées contre *Rhizoctonia solani*, comme *Dodonaea viscosa* qui a pu être utilisé pour la gestion de la maladie (**Aslam et al., 2010**).

Chapitre IV: Les plantes médicinales étudiées

4.1 *Ammoides verticillata*

4.1.1 Description

C'est une plante annuelle spontanée, qui ressemble au persil sauvage a tige grêle mesurant en moyenne de 10 à 40 cm de hauteur très ramifiée (**Parsa, 1948; Quezel et Santa, 1963**), racine axonomorphe, les feuilles radicales pennatiséquées ; 3 à 5 segments très rapprochés, pétiolées et verticillées, découpées en lanières étroites (**Ibiza, 1907; Parsa, 1948; Castroviejo et Feliner, 2003; El-Houda et al., 2016**).

La floraison de cette espèce commence au mois de mai et s'étale jusqu'en juillet, les fleurs de couleur blanche, sont regroupées en ombelles composées de 8 à 15 rayons chaque rayon composé de 2 à 6 (9) mm de pétales (**Woods, 1850; Castroviejo et Feliner, 2003; El-Houda et al., 2016**), les graines de petites de forme ovoïde (**Battandier et Trabut, 1888; Kadereit et Bittrich, 2019**) (Fig. 9).



Figure 9 : *Ammoides verticillata*, a : (**Lariushin, 2012**), b : (**Originale, 2021**).

4.1.2 Classification

Ammoides verticillata (Desf.) Briq, il est à noter qu'elle est connue sous d'autres nom ; *Ammoides pusilla* (Brot.) Breistr, *Ptychotis Ammoides* Koch, *Carum Ammoides* (L.) Ball (**Conti et Bartolucci, 2015**).

Selon la classification Angiosperm phylogeny group IV (APG IV) (2016) appartient au :

Règne : Plantae.
Clade: Angiospermes.
Clade : Eudicots.
Clade : Eudicots centraux.
Clade : Superastéridés
Clade : Asteridées II
Famille : Apiacées
Genre : *Ammoides*
Espèce : *Ammoides verticillata* (Desf.) (1914).

4.1.3 Nom vernaculaire

En Algérie, elle est appelée Nounkha ou Nûnkha tirée du nom Perse «Nankhah» qui est utilisée en Iran, comme aromate dans le pain. En effet, «Nan» et « Khah » signifient respectivement pain et goût (Baytop et Sütülpinar, 1986).

4.1.4 Distribution

Elle pousse en Afrique du Nord, en Éthiopie et en Turquie. Elle s'étend également dans la région méditerranéenne, elle est cultivée en Inde, Iran, Afghanistan, Égypte et au Pakistan (Quezel et Santa, 1963).

4.1.5 Composition

Cette plante est riche en composés phénoliques (Senouci *et al.*, 2020b), en composés terpéniques : (saponosides, stéroïdes, stérols et triterpènes) et en composés azotés (alcaloïdes) (El-Houda *et al.*, 2016).

4.1.6 Les principes actifs

4.1.6.1 Composés phénoliques

L'acide 5- *O*-caféoylquinique, lutéoline-3- *O*-glucoside (Ziani *et al.*, 2018), le carvacrol (El Ouariachi *et al.*, 2011) et le thymol (Attou *et al.*, 2017).

4.1.6.2 Monoterpènes

p-Cymène, limonène, le γ -terpinène (Attou *et al.*, 2017; Senouci *et al.*, 2020a) et le terpinène-4-ol (Mami *et al.*, 2021).

4.1.7 Propriété et utilisation

Connue pour son utilisation contre les maux de dos (Dietrich *et al.*, 1988), la toux, rhumes, gripes, bronchites (Bellakhdar, 2008), migraine, infections rénales et les Cycles douloureux (Felidj *et al.*, 2010).

4.2 *Phlomis crinita*

4.2.1 Description

Phlomis crinita est un buisson de 30 à 75 cm, la tige couverte de duvet formé par des poils étoilés et pédicellés, les feuilles basales font 6 à 18 mm de longueur, elles sont lancéolées, caduques, pelucheux, épais, avec des nerfs marqués sur la face inférieure, en général en forme de cœur, avec bord recourbé, présente des fleurs groupées en verticilles, généralement avec 6 fleurs chacun festonné (Castroviejo, 1986; López González, 2004; Boubakr *et al.*, 2015 ;Adjoudj, 2019) ; la lèvre supérieure courbée à 90 ° vers l'avant formant un casque (Sanz *et al.*, 2014), la lèvre inférieure convexe, de la même longueur que la lèvre supérieure, le calice 5 à 10 nerfs et les fleurs jaunes très voyantes, les étamines sont longues, recourbées, et incluses dans la lèvre supérieure (Andrés, 1986; Castroviejo, 1986; León *et al.*, 2002; López González, 2004) (Fig. 10).



Figure 10 : *Phlomis crinita* (Originale, 2021).

4.2.2 Classification

Les Lamiacées, sont une famille végétale importante qui comprend 250 genres et plus de 7000 espèces (Stankovic, 2020). le genre *Phlomis* L. (Lamiaceae) comprend plus de 100 espèces avec un principal centre de diversification dans le bassin méditerranéen oriental (Azizian et Moore, 1982).

En Algérie, il existe 4 espèces : *Phlomis herba-venti* et trois espèces endémiques : *Phlomis bovei*, *Phlomis caballeroi* et *Phlomis crinita* (Quezel et Santa, 1963).

Selon la classification Angiosperm phylogeny group IV (APG IV) (2016) la plante *Phlomis crinita* appartient au :

Règne : Plantae.
 Clade: Angiospermes.
 Clade : Eudicots.
 Clade : Asteridées
 Clade : Lamiidées
 Ordre : Lamiales
 Famille : Lamiaceae
 Genre : *Phlomis*
 Espèce : *Phlomis crinita* Cav. (1795).

4.2.3 Nom vernaculaire

Nom vernaculaire local: khayat ledjrah (Boubakr *et al.*, 2015), et en kabyle Ticabounin (Hanoteau *et al.*, 2003).

4.2.4 Distribution

L'espèce *Phlomis crinita* Cav, considéré comme d'origine ancienne, espèces de la distribution eurasiennne et dans le bassin méditerranéen orientale et Afrique du Nord (Andrés, 1986; Hofrichter, 2003; Babali *et al.*, 2013; Desfontaines, 2013; El-Banhawy et Al-Juhani, 2019).

4.2.5 Composition

Présence des tanins, flavonoïdes, iridoïdes, stéroïls, glycosides cardiaques, anthraquinone, coumarines et stéroïdes (**Limem-Ben Amor et al., 2009b; Dellai et al., 2009**).

4.2.6 Les principes actifs

4.2.6.1 Les flavonoïdes

p-coumaroylglucosides (**Tomás-Barberán et al., 1992**), lutéoléine, luteoleine-7-O- β -lucopyranoside et phenylethyacohol glycosides (**Kabouche et al., 2005**).

4.2.6.2 Les terpènes

trans-Caryophyllene et β - caryophyllene germacrene D (**Limem-Ben Amor et al., 2008**).

4.2.6.3 Les Glycosides

Verbascoside (**Kabouche, 2005**).

4.2.7 Propriété et utilisation:

Usage thérapeutique: khayat ledjrah, une expression, qui pourrait être traduite littéralement par quiconque « suture plaies », faisant probablement référence aux propriétés cicatrisantes (**González-Tejero et al., 1995; Boubakr et al., 2015**).

Un déshydratant astringent, les fleurs sont bonnes pour avoir les cheveux de couleur dorée et les feuilles guérissent les brûlures (**Quer, 2012**), diurétique (**Murad et Bian, 2019**), hémostatique (**Schröder et al., 1996**) anti-inflammatoires, des propriétés antiallergiques, anticancéreuses, antimicrobiennes et antioxydante (**Limem-Ben Amor et al., 2009a**).

4.3 *Reseda alba*

4.3.1 Description

Reseda vient du latin, « de resedare » qui signifie calmer et guérir (**Couplan, 2009**), plante vivace avec une tige assez robuste de 30 à 60 cm de haut (**Lemoine, 2005**), munis de feuilles découpée profondément en segment inégaux, poilues à la base, et ramifiées au sommet possédant au moins 10 lobes, lancéolés de couleur vert foncé brillant, les fleurs sont

blanches groupées en épis et rétrécies au sommet (Sehimi, 1987; Lemoine, 2005; Polese, 2007), elles comportent 5 à 6 sépales et 5 à 6 pétales et de nombreuses étamines de 11 à 13, apparaissent de mai à septembre (Fig. 11).

Le fruit est une capsule en forme d'outre ouverte à quatre dents (Lemoine, 2005; Baldwin *et al.*, 2012), les grains de pollen sont prolate-sphéroïdal rugueux (De Langhe, 1983; Daniel, 2012; Çilden *et al.*, 2021).

4.3.2 Classification

Les *Resedaceae* est une petite famille incluse dans l'ordre des Brassicales, très voisine de celle des crucifères composée de six genres (Courchet, 1898; Martín-Bravo et Escudero, 2012), le genre *Reseda* est probablement le plus grand, composé de plus de 50 espèces (De Wit et Boedyn, 1963; Punt et Marks, 1995).

Selon la classification Angiosperm phylogeny group IV (APG IV) (2016) la plante *Reseda alba* appartient au :

Règne : Plantae.
 Clade: Angiospermes.
 Clade : Eudicots.
 Clade : Rosidées.
 Clade : Malvidées.
 Ordre : Brassicales.
 Famille : Resedaceae.
 Genre : *Reseda*.
 Espèce : *Reseda alba* (L). (1753).



Figure 11 : *Reseda alba*, a : Champ de *Reseda alba*, b: fleurs de *Reseda alba* (Originale, 2021).

4.3.3 Nom vernaculaire

Le nom vernaculaire de *Reseda alba* le plus cité dans la littérature est Achebet – El – Kherouf (Debeaux, 1894; Foureau, 1896), et Dhil kherouf en tunisie (Akrouit *et al.*, 2010).

4.3.4 Distribution

Reseda alba est une espèce largement répandue.(Abdallah et De Wit, 1978), elle abondent surtout dans l'Europe (Couplan, 2009), Asie et l'Afrique du nord (Courchet, 1898), très fréquente en région méditerranéenne (Polese, 2007).

Se trouve sur les terrains vagues et pierreux (Polese, 2007), elle pousse aussi dans les champs, sur sable, près du littorale (Lemoine, 2005), les bords des routes et les voie ferres (Sehimi, 1987), généralement préfèrent les sols basiques (Martín-Bravo et Escudero, 2012).

4.3.5 Composition

Reseda alba contient du calcium, potassium, magnésium et du phosphore (Akrouit *et al.*, 2010), identifiée comme hyper accumulateur des métaux lourd en particulier le Pb (Hasnaoui *et al.*, 2020), presque tous les résédas contiennent dans leur organe végétatif et notamment dans leur tige une matière colorante jaune la lutéoline abondante (Courchet, 1898), contient des saponines, des flavonoïdes et des tanins et absence d'alcaloïdes (Akrouit *et al.*, 2010).

4.3.6 Les principes actifs

4.3.6.1 Glucosinolate

2- Hydroxy-2-méthyl-propyl-glucosinolate (Gmelin et Kjær, 1970).

4.3.6.2 Les flavonoïdes

Rutine, lutéoline, quercétine. (Soliman *et al.*, 2004), et kaempférol-3,7-O- α -L-dirhamnoside (Nebel, 2006).

4.3.6.3 Les phénols

Acide *p*-coumarique et acide chlorogénique (Soliman *et al.*, 2004).

4.3.7 Propriété et utilisation

Le Reseda blanc est ornemental, ses feuilles sont comestible en salade, leur saveur est légèrement piquante et proche de celle des crucifères, et fréquemment été consommé à la façon des asperges en Grèce, et parfois encore en Italie assaisonné avec de l'huile d'olive (Nebel, 2006; Couplan, 2009).

Les habitants de l'île d'Ischia près de Naples se servent du *Reseda alba* comme légume (Gesellschaft, 1858), le goût qui est un peu comme le chou (Abd Allah et Isma'il, 1967), en Turquie les racines sont mangés contre les maux d'estomac mais avec un gout amère (Couplan, 2009), utilisé aussi contre les coliques, diarrhées et l'intoxication (Abdallah et De Wit, 1978).

Chapitre V : Présentation de la zone d'étude

5.1 Site de récolte et matériel végétal

Les trois plantes étudiés ont été récoltés au début durant l'année 2018, le matériel végétal a été récolté en pleine inflorescence à l'état spontané,. Les lieux de récolte des plantes sont présentés dans la **Figure 12**. Les échantillons des plantes ont été prélevés à partir de la commune de Lardjem.

5.2 Localisation géographique des sites de prélèvement

La présente étude a été menée dans la commune de Lardjem à l'Ouest de la wilaya de Tissemsilt, cette commune s'étend sur une superficie totale de 26600 has. Elle se trouve entre les coordonnées suivantes : 35° 44' 58" Nord, 1° 32' 54" Est.

Elle est limitée au nord par la commune de Larbaa, au sud par les communes de Sidi Lantri et Maacem, à l'Est par les communes de Bordj Bounaama, Sidi Abed et Tamellahet, à l'Ouest par la wilaya de Relizane et au Sud-ouest par la commune de Melaab. La superficie forestière dans cette commune est 17683,6605 has soit un taux de boisement de 66,48%. (<https://fr.db-city.com/>).

La localisation géographique des sites de prélèvement est présentée la carte ci-dessous :

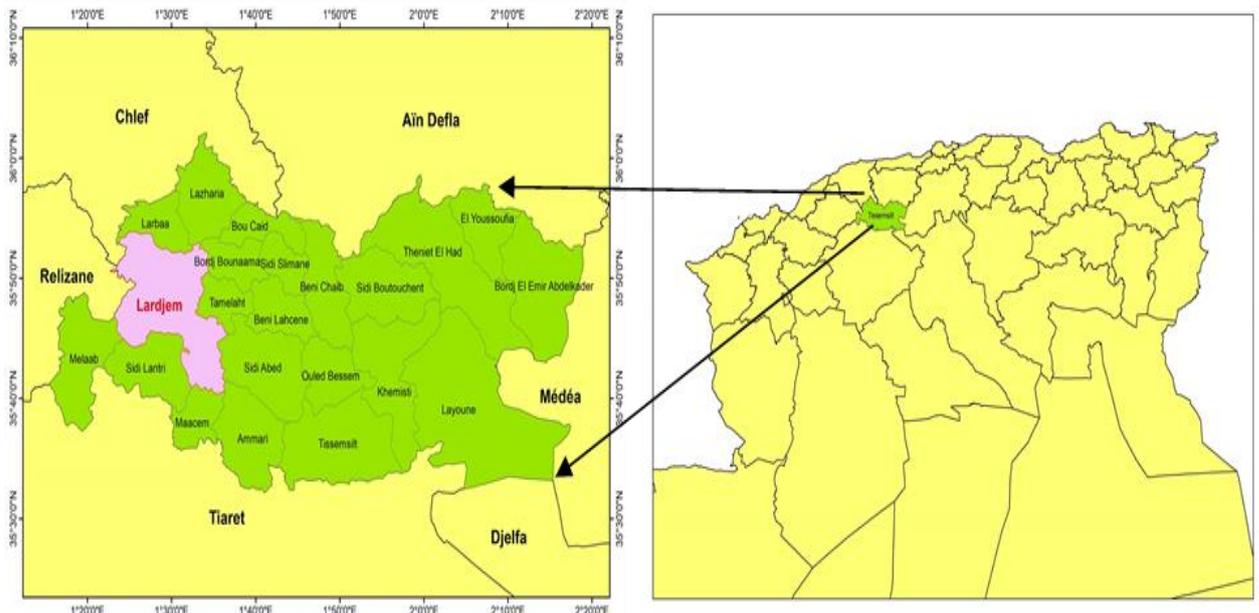


Figure 12 : Localisation géographique de la zone d'étude (commune de Lardjem, wilaya de Tissemsilt).

5.3 Données climatiques de la commune de Lardjem

Le climat, par ses différents facteurs (température, pluviométrie, vent, humidité), joue un rôle déterminant et intervient dans la régénération, le développement et la répartition géographique des végétaux.

5.3.1 Diagramme Ombrothermique:

Le diagramme Ombrothermique de la région de Lardjem est représenté par la **figure13**. L'histogramme représente les précipitations moyennes mensuelles en mm et la courbe représente la température moyenne mensuelle en degré Celsius (C°) de chaque mois des 30 dernières années.

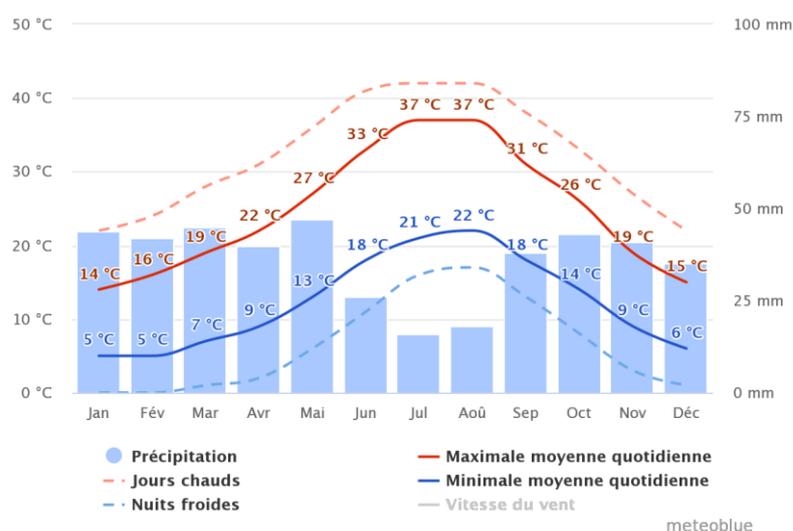


Figure 13 : Diagramme de la température et précipitation de la région de Lardjem (<http://meteoblue.com>).

La température est un des éléments fondamentaux dans la détermination du caractère climatique d'une région, et aussi un facteur nécessaire à l'apport de l'énergie pour les plantes. Les températures moyennes mensuelles sont, de novembre à avril, inférieures à la moyenne annuelle et sont supérieures à cette moyenne de mai à octobre, divisant ainsi l'année en deux saisons : l'une froide et l'autre chaude.

L'hiver à Lardjem se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été. Cette région connaît une période pluvieuse qui s'étend de début d'octobre à la fin de mai.

atteignant son maximum en mois de mai (47 mm) Les mois de Juin, Juillet et Août sont les mois les plus secs, avec un minimum enregistré au mois de juillet (16 mm).

5.3.2 Quotient pluviothermique d'Emberger

Le diagramme correspondant permet de déterminer la position de chaque station météorologique et de délimiter l'aire bioclimatique d'une espèce ou d'un groupe végétale. Le quotient d'EMBERGER, est spécifique du climat méditerranéen, il est le plus fréquemment utilisé en Afrique du Nord. Le quotient Q_2 a été formulé de la façon suivante :

$$Q_2 = \frac{2000 \times P}{M^2 \times m^2}$$

M : moyenne du maxima du mois le plus chaud en degré absolu °K.

m : moyenne du minima du mois le plus froid en degré absolu °K.

P : précipitation annuelle en mm.

Le Q_2 calculé pour la période (1991-2021) est équivalent à 46,21 et donc la zone d'étude se trouve dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver tempéré, doux (Fig. 14).

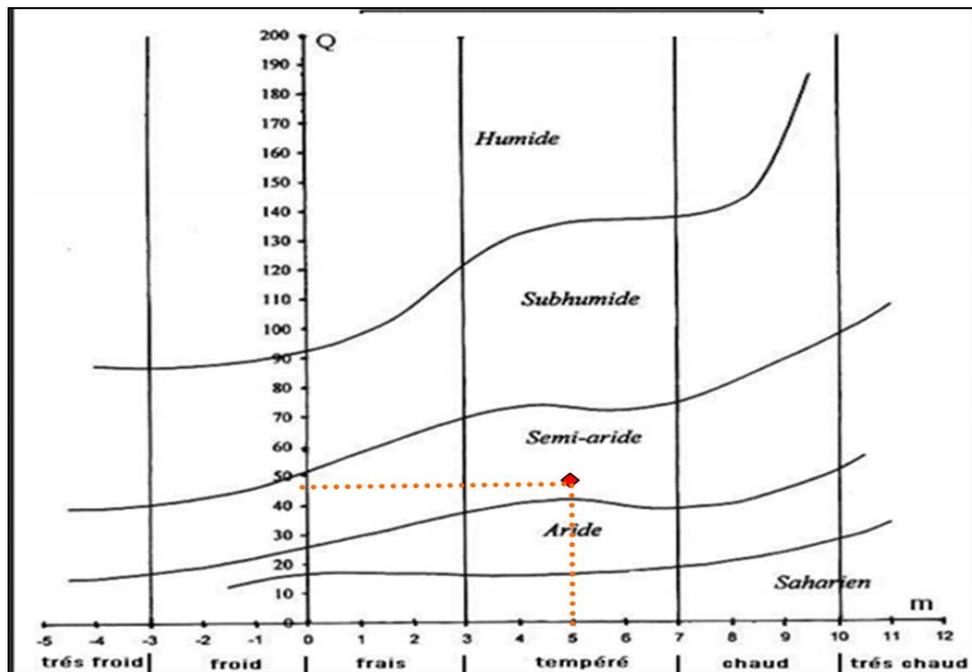


Figure 14 : Climagramme d'Emberger pour la période (1991-2021).

Partie expérimentale

Chapitre VI : Matériel et méthodes

Notre étude porte sur deux ennemis de la pomme de terre ; une espèce de Gelechiidae, *Phthorimaea operculella*, communément appelée la teigne de la pomme de terre ; et le champignon *Rhizoctonia solani*.

Notre travail s'inscrit dans le cadre de proposer un moyen de lutte naturelle contre ces ennemis, comme alternative aux pesticides, qui sont très nocifs pour la santé et l'environnement, et la mise en valeur des substances naturelles, d'origines végétales.

Notre travail se repose sur deux parties distinctes.

- ✓ La première partie concerne l'étude phytochimique basée, principalement sur l'extraction et la détermination qualitative et quantitative des métabolites secondaires de trois plantes (*Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita*, *Reseda alba*).
- ✓ La deuxième partie est consacrée à l'évaluation des activités biologiques. Citons : l'activité antioxydante, activité (larvicide, ovicide et de la ponte) contre *Phthorimaea operculella* et l'activité fongicide contre *Rhizoctonia solani*.

Cette partie expérimentale est réalisée au sein des laboratoires suivants :

- ✓ Laboratoire de recherche d'agro-biotechnologie et de nutrition en zone semi-aride. Faculté SNV. Université Ibn Khaldoun. Tiaret. Algérie.
- ✓ Laboratoire de protection des végétaux. Faculté SNV. Université d'Ibn Khaldoun .Tiaret .Algérie
- ✓ Laboratoire de biochimie. Faculté SNV. Université Ibn Khaldoun. Tiaret, Algérie
- ✓ Laboratoire de Microbiologie. Faculté SNV. Université d'Ibn Khaldoun .Tiaret .Algérie
- ✓ Laboratoire d'Hygiène et pathologie animale. ITMA. Université Ibn Khaldoun. Tiaret. Algérie.
- ✓ Laboratoire de reproduction des animaux de la ferme. ITMA. Université Ibn Khaldoun. Tiaret. Algérie.

6.1 Matériel biologique

6.1.1 Matériel végétal

Le choix des trois plantes s'est porté sur *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba*. L'identification botanique de ces espèces végétales, est encadrée par Mr. Ait Hammou (enseignant au niveau de la faculté de SNV, Université Ibn Khaldoun, Tiaret).

6.1.2 Matériel animal (insecte)

La teigne de la pomme de terre : l'identification de cet insecte est encadrée par Mme Labdelli (enseignante au niveau de la faculté de SNV, Université Ibn Khaldoun, Tiaret).

6.1.3 Matériel fongique

Isolats de *Rhizoctonia solani* obtenus à partir de tubercules de pomme de terre contaminés présentant les symptômes typiques du rhizoctone brun. L'identification de ces isolats est encadrée par Mr. Yezli (enseignant au niveau de la faculté de SNV, Université Ibn Khaldoun, Tiaret).

6.2 Méthodologie retenue

Nous rappelons que ce travail de recherche consiste à trouver un biopesticide à base de plante comme alternatif naturel au produit chimique.

De ce fait, nous avons jugé important de commencer, tout d'abord, par l'étude phytochimique des extraits de nos trois plantes, qui a pour objectif de détecter les principaux métabolites secondaires existants, responsables de la plupart des activités biologiques de chaque espèce végétale.

6.2.1 Étude phytochimique

L'étude phytochimique se manifeste par une analyse qualitative, soit par la formation d'un précipité, ou par une coloration caractéristique du composé ; et une analyse quantitative.

6.2.1.1 Préparation du matériel végétal

Le matériel végétal (partie aérienne : tige, feuille et fleur) est nettoyé et séché dans l'obscurité, à une température ambiante (25 ± 1 ° C) pendant 2 semaines. Une fois, les plantes

séchées, elles sont broyées dans un mixeur, puis la poudre tamisée est conservée dans des flacons en verre entreposés au laboratoire, à l'abri de l'humidité et de la chaleur.

6.2.1.2 Préparation des extraits

Trois extraits de polarité croissante (éther diéthylique, méthanol et eau distillé), sont préparés comme suit :

Une prise de 20g de la poudre végétale a été mise à macération dans 200 ml de méthanol / éther diéthylique sous agitation pendant 24 heures à une température $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Les extraits obtenus ont été filtrés et séchés dans un rotavapeur jusqu' à l'élimination des solvants. Le résidu sec est conservé jusqu'à son utilisation (Mouas *et al.*, 2017) (Fig. 15b).

Pour l'extrait aqueux, la technique utilisée est celle proposée par Etou-Ossibi *et al.* (2005), Aouinty *et al.* (2006) et Yougbaré-Ziébro *et al.* (2016). Une infusion de 50g de poudre végétale, est additionnée à 500 ml d'eau distillée, préalablement portée à ébullition. Le mélange est laissé, sous agitation magnétique à froid pendant 24 heures. Après, il est filtré sur papier wattman n°04. Le filtrat obtenu est séché dans l'étuve à 40°C puis stocké dans des flacons recouverts de papier en aluminium à 4°C (Fig. 15a).



Figure 15 : Préparations des extraits ; a : extrait aqueux ; b : extrait à partir des solvants (dans un rotavapeur).

6.2.1.3 Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction est calculé selon la formule donnée par (Falleh *et al.*, 2008) comme suit :

$$R(\%) = PR/PV \times 100$$

R(%) : Rendement d'extrait.

PR : Poids du résidu sec en mg.

PV : poids de matériel végétal (en mg).

6.2.1.4 Screening qualitatif

Les résultats qualitatifs sont classés en comme suit :

* Réaction fortement positive (+++)

* Réaction positive (++)

* Réaction plus au moins positive (+)

* Réaction négative (-)

6.2.1.4.1 Mise en évidence des Anthocyanes

Les anthocyanes sont révélés par addition de 5 ml d'acide sulfurique à 10% et 5 ml d'infusé à 5%. Puis on ajoute 5 ml d'une solution d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH), diluée à 50%. Une apparition d'une coloration bleu violacée, atteste la présence des anthocyanes (Bruneton, 1999).

6.2.1.4.2 Mise en évidence des Glycosides cardiaques

À 5ml d'extrait, on a ajouté 2 ml d'acide acétique glacial, contenant une goutte de solution de chlorure ferrique, puis 1 ml d'acide sulfurique concentré a été ajouté. L'apparition d'un anneau brun marron spécifique aux glycosides avec 2-désoxysucres, tandis que dans la couche d'acide acétique, un anneau verdâtre peut se former juste au-dessus de l'anneau brun (Bhat *et al.*, 2005; Ayoola *et al.*, 2008).

6.2.1.4.3 Mise en évidence des Alcaloïdes

Les alcaloïdes sont détectés par le test de Wagner ; 1 ml de réactif de Wagner a été ajouté goutte à goutte à 1ml d'extrait. La formation d'un précipité brun rougeâtre indique la présence des alcaloïdes (**Wagner et Bladt, 1996; Evans, 2002**).

6.2.1.4.4 Mise en évidence des Tanins

Les tanins sont détectés par la réaction de FeCl₃; 2ml d'extrait sont transférés dans le tube à essais et quelques gouttes de FeCl₃ (0,1%) sont ajoutées. Une coloration vert brunâtre confirme la présence des tanins (**Trease et Evans, 1987**).

6.2.1.4.5 Mise en évidence des Flavonoïdes

Une petite quantité d'extrait est mélangée à 2 ml d'hydroxyde de sodium aqueux à 10%, pour produire une coloration jaune. Cette solution devient incolore lors de l'ajout d'acide chlorhydrique dilué, ce qui indique la présence des flavonoïdes (**Evans, 2002**).

6.2.1.4.6 Mise en évidence des flavanes

2ml d'infusé à 10 % sont mélangés avec l'acide chlorhydrique concentré, renfermant 2% de vanilline. L'apparition d'une coloration rouge, indique une réaction positive (**Senhaji et al., 2005**).

6.2.1.4.7 Mise en évidence des Coumarines

2 ml de chaque extrait sont partagés dans deux tubes. On ajoute à un des tubes 0.5 ml de NH₄OH 25 %, ensuite, une goutte de chaque tube est déposée sur un papier filtre qui sera observée sous U.V. à 366 nm. Une fluorescence intense est observée pour le tube contenant le NH₄OH (**Bruneton, 1999**).

6.2.1.4.8 Mise en évidence des Stéroïdes

Le résidu de chaque extrait est dissout dans 1 ml d'anhydride acétique et 0.5 ml d'acide concentré. L'apparition à l'interface d'un anneau pourpre ou violet, virant au bleu ou au vert, indique la présence des stéroïdes (**Edeoga et al., 2005; Xiong et al., 2007**).

6.2.1.4.9 Mise en évidence des terpénoïdes

L'extrait de plante est mélangé dans 2 ml de chloroforme, puis 3 ml H₂SO₄ concentré sont ajoutés soigneusement. La formation d'une couche brune rougeâtre à l'interface indique la présence des terpénoïdes (Alamgir, 2018).

6.2.1.4.10 Mise en évidence des Quinones libres

À 2 ml d'extrait végétal chloroformique, mélangé avec 2 ml de NaOH 10%. Si la coloration de la phase aqueuse vire au rouge puis au violet ; ceci indique la présence des quinones libres (Harborne, 1998).

6.2.1.4.11 Mise en évidence des Saponines

La présence des saponines est déterminée, quantitativement par le calcul de l'indice de mousse ; degré de dilution donnant une mousse persistante dans des conditions déterminées, 2g d'extrait végétale dans 100 ml d'eau distillée pour constituer la solution mère. À partir de cette solution, on prépare 10 tubes (1,3 cm de diamètre interne) avec 1, 2, ... 10 ml, les 9 premier tubes sont ajusté à 10 ml avec de l'eau distillée.

Les tubes sont agités pendant 15 secondes. Après 15 min de repos et en position verticale, on mesure la hauteur de la mousse persistante en cm. Leur présence est déterminée quantitativement par le calcul de l'indice de mousse selon la formule suivante :

$$IM : H \times 10 / 0,0X$$

IM = indice de mousse.

H = hauteur de la mousse (cm) le plus proche de 1 cm

X = numéro du tube ayant une hauteur de mousse égale ou proche de 1 cm.

La présence des saponines dans la plante est confirmée avec un indice supérieur à 100 (Brunel, 1948; Dohou *et al.*, 2003).

6.2.1.5 Analyses quantitatives

Les analyses quantitatives des polyphénols totaux, flavonoïdes et des anthocyanes des différents extraits, sont déterminées à partir des équations de la régression linéaire des

courbes. La raison principale pour le choix de ces substances, réside dans le fait que la majorité des activités biologiques et pharmacologiques des plantes leurs sont attribuées.

6.2.1.5.1 Détermination quantitative des polyphénols totaux

Principe de la méthode

Le réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$). Commercialisé sous la dénomination de Folin-Ciocalteu. Il est réduit lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène, qui sont des produits colloïdaux (**Ribéreau-Gayon, 1968; Burgot, 2011**). La coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 750 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux (**Collin et Crouzet, 2011**).

Mode opératoire

La teneur en polyphénols totaux est déterminée par la méthode de Folin-Ciocalteu, décrite par (**Wilfred et Nicholson, 2006**). Un volume de 100 μ l de l'échantillon, est mélangé avec 2 ml d'une solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 2%.

Après un repos de 5min à température ambiante, 100 μ l de réactif Folin-Ciocalteu à 0,2N sont ajoutés. L'ensemble est incubé à l'obscurité pendant 30 minutes et la lecture est effectuée contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre à 700 nm.

Courbe d'étalonnage

L'acide gallique est le standard le plus souvent employé dans la méthode de Folin-Ciocalteu (**Wilfred et Nicholson, 2006**). Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions expérimentales avec l'acide gallique, à différentes concentrations (0 à 1 mg/ml). Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 1 g de matière sèche (**Fig. 16**).

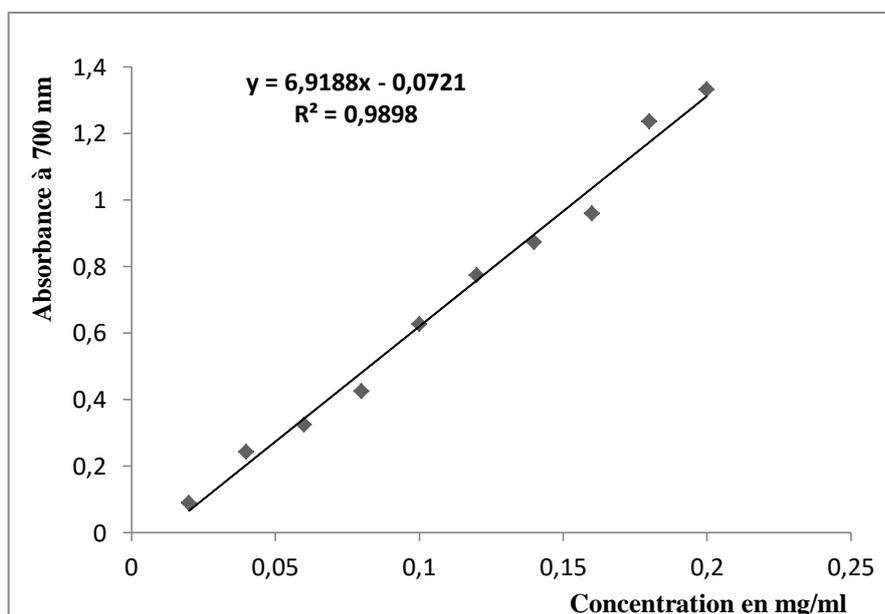


Figure 16 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

6.2.1.5.2 Dosage des flavonoïdes

Principe de la méthode

La quantification des flavonoïdes a été effectuée par la méthode colorimétrique avec le trichlorure d'aluminium. Cette méthode est basée sur la formation d'un complexe flavonoïde-aluminium, ayant un maximum d'absorption à 415 nm (Patil, 2020). Dans le visible, on observe une coloration jaune. Cette coloration est due à la formation d'un complexe entre le chlorure d'aluminium et les atomes d'oxygène présents sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes (Lagnika, 2005).

Mode opératoire

Le protocole utilisé est basé sur celui décrit par Zhishen *et al.* (1999). Une prise de 500 μ l de l'extrait ou d'étalon ou de l'eau distillée pour le témoin, sont ajoutés à 1500 μ l d'eau distillée. Puis une prise de 150 μ l de nitrite de sodium (NaNO_2) à 5% est ensuite ajoutée. Après 5 min d'incubation à l'obscurité et à température ambiante, on ajoute 150 μ l de ALCL_3 à 10%, le tout est ré incubé dans les conditions précédemment mentionnées durant 6min. À la fin, 500 μ l de NaOH à 4% sont additionnées au mélange; l'absorbance du mélange est déterminée à 510 nm par rapport à un blanc d'eau préparé.

Courbe d'étalonnage

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions expérimentales, avec la quercétine à différentes concentrations (0 à 1 mg/ml). Les résultats sont exprimés en mg équivalent de quercétine par 1 g de matière sèche (**Fig. 17**).

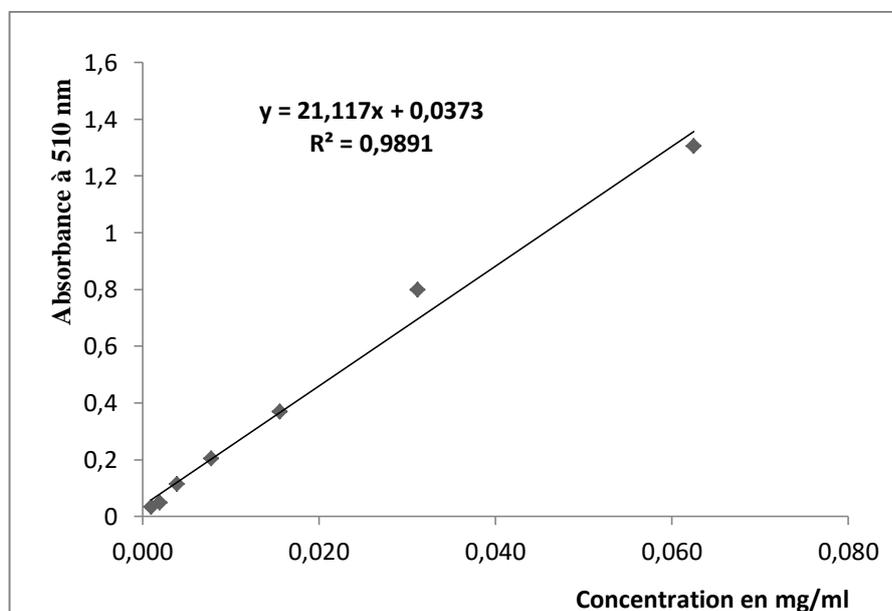


Figure 17 : Courbe d'étalonnage de la quercétine.

6.2.1.5.3 Dosage des tanins condensés

Principe de la méthode

Les tanins condensés lorsqu'ils sont traités en milieu acide, peuvent être polymérisés et génèrent des anthocyanidols, ce dernier lorsqu'il est couplé à la vanilline y a une formation d'un adduit. En effet la vanilline réagit avec les flavan 3-ols libres et les unités terminales des proanthocyanidines (tanins condensés), donnant une coloration rouge dont l'intensité est proportionnelle aux taux de flavanols présents dans le milieu et qui présente un maximum d'absorption à 500 nm de longueur d'onde (**Ghedadba et al., 2015; Boutefnouchet et al., 2020**).

Mode opératoire

Le dosage des tanins condensés est réalisé par la méthode de la vanilline décrite par **Broadhurst et Jones (1978)**. Un volume de 250 µl d'extraits placés dans des tubes recouverts d'une feuille d'aluminium, puis 1500 µl de 4% de vanilline (p/v) sont ajoutés.

Les tubes ont été secoués vigoureusement et immédiatement après, 750 μ l de HCl concentré sont additionnés. Le mélange obtenu est laissé réagir à la température ambiante pendant 20 min. Les absorbances sont mesurées à 500 nm.

Courbe d'étalonnage

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions expérimentales, avec la catéchine à différentes concentrations (0 à 1 mg/ml). Les résultats sont exprimés en mg équivalent catéchine par 1 g de matière sèche (**Fig. 18**).

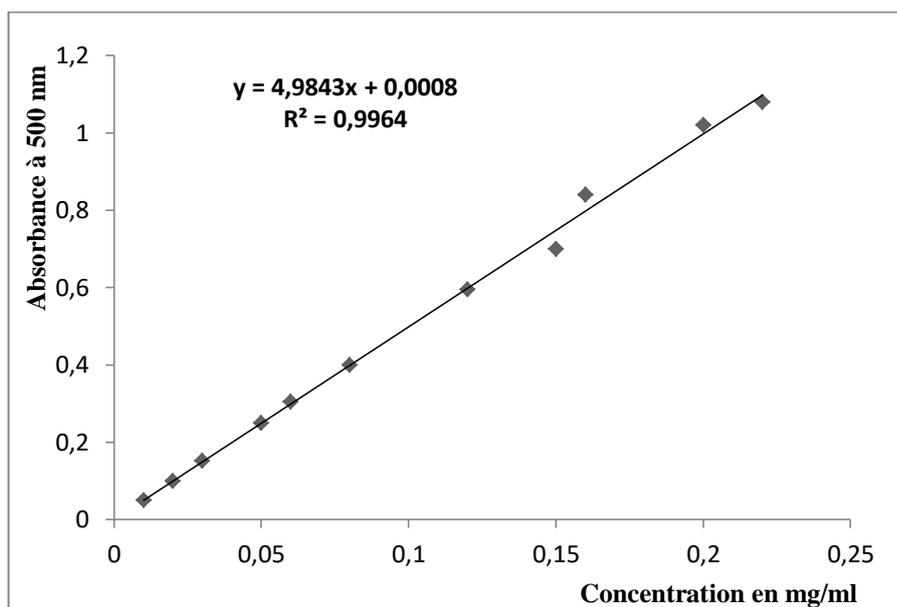


Figure 18 : Courbe d'étalonnage de la catéchine.

6.2.1.5.4 Dosage des anthocyanes

Principe de la méthode

Les anthocyanes sont particulièrement sensibles au pH; d'ailleurs en solution l'anthocyane présente deux formes en équilibre, l'une incolore et l'autre colorée. En déplaçant cet équilibre, on provoque une variation de l'intensité de la couleur proportionnelle à la teneur en anthocyanes (Macheix *et al.*, 2005; Colette, 2010).

Mode opératoire

La teneur en anthocyane est analysée selon la méthode de Chung *et al.* (2005) et Einali *et al.* (2018). Les extraits sont obtenus, en utilisant 25 mg de chaque poudre de plante à 1 ml

de méthanol acidifié (HCl 1%) pendant 2 h à température ambiante dans l'obscurité, puis centrifugés à 2000 tours/min pendant 10 min. La concentration d'anthocyanine dans le surnageant, est mesurée par spectrophotométrie à 530 et 657 nm, respectivement. Les valeurs d'absorbance pour 530 et 657 nm ont été indiquées comme A_{530} et A_{657} , respectivement.

La teneur en anthocyanes a été calculée en supposant un coefficient d'extinction de $31,6M^{-1}cm^{-1}$ qui était utilisé pour convertir les valeurs d'absorbance en concentration d'anthocyanine. La concentration a été calculée à l'aide de l'équation suivante:

$$\text{Teneur en anthocyanes } (\mu\text{mole / g}) = \left(\frac{(A_{530} - 0,33) \times A_{657}}{31,6} \right) \times \left(\frac{\text{volume (ml)}}{\text{poids (g)}} \right)$$

6.2.2 Élevage de la teigne de la pomme de terre (*Phthorimaea operculella*)

Avant de démarrer l'élevage de masse de la teigne de la pomme de terre en laboratoire, afin de pouvoir reproduire un cycle de vie complet et obtenir suffisamment d'insecte pour démarrer les tests biologiques, il fallait déterminer les conditions favorables de la teigne de la pomme de terre pour un élevage réussis.

6.2.2.1 Détermination du régime alimentaire optimal pour l'élevage

Pour déterminer le meilleur régime alimentaire pour l'élevage de masse, on a adapté la méthode utilisée par **Badegan et Ngameni (2000)**. 10 à 15 couples, nouvellement émergés, sont mis dans un bocal, alimenté de différentes concentrations en sucre (5%, 10%, 15%, 20% et 25%) par le haut quotidiennement, la préparation de ces différentes concentrations consiste à la dilution de poudre de sucre dans 100 ml d'eau distillé (**Fig. 19**).

L'effet de l'alimentation sur le temps de développement (longévité de l'adulte) et sur la fécondité, est enregistré dans la même expérience. Observations quotidiennes à chaque concentration

La fécondité était déterminée par le nombre d'œufs pondus par femelle. Cela indique le nombre moyen d'œufs qu'une femelle avait pondus au cours de son cycle biologique.



Figure 19: Bocal de ponte.

6.2.2.2 Détermination de la température optimale pour l'élevage

Pour déterminer la température optimale pour l'élevage de masse, on a adapté la méthode utilisée par **Golizadeh et Zalucki (2012)** et **Andreadis *et al.* (2017)**. 10 à 15 couples, nouvellement émergés sont mis dans un bocal nourri d'une solution de sucre à 10 % en tant que source de nourriture par le haut, effectuée quotidiennement. L'élevage est maintenu à huit températures constantes (20, 22, 25, 27, 30, 32 et 35 ° C) sous une photopériode 14J: 10N. La température a été surveillée à l'aide d'un thermomètre. La variation de température était $\pm 0.3^{\circ}$ C.

À chaque température la longévité et la fécondité des individus de *Phthorimaea operculella* ont été enregistrées.

6.2.2.3 Méthode d'élevage adapté

L'élevage de la teigne de la pomme de terre a été effectué dans un laboratoire, à des conditions de $27 \pm 1^{\circ}$ C, $70 \pm 5\%$ HR et photopériode de 14: 10 (J: N) en adaptant la méthode décrite par **Singh et Charles (1977)**, **Briese (1980)**, **Badegan et Ngameni (2000)** et **Visser (2004)**. Les tubercules infestés de larves de *Phthorimaea operculella* sont obtenus et conservés dans une cage d'élevage (40x60x40 cm) (**Fig. 20**). La ventilation a été réalisée en fixant une ouverture recouverte de mailles au couvercle de la cage de développement. Le

fond de la cage était recouvert d'une fine couche de sable désinfecté, pour une nymphose réussite et un ramassage facile des nymphes, qui seront sexés pour le suivie des adultes (**Fig. 21**).



Figure 20: Élevage de la teigne de la pomme de terre.

Un bocal en verre mesurant 15 x 20 cm est placé sur le couvercle supérieur de la cage d'élevage, pour faciliter le ramassage des adultes, parce que les teignes de la pomme de terre, volent toujours vers le haut. Le bocal est ensuite transféré pour la ponte, nourris quotidiennement d'une solution de sucre à 10 % ; l'autre extrémité ouverte (partie inférieure) du bocal est fermée par un grillage sur lequel un morceau de papier filtre est placé pour le dépôt des œufs, collectés quotidiennement et conservés dans un réfrigérateur à 4 ° C.

Pour les larves, les œufs sont placés à une température de 27°C dans des boites pétri en verre fournies de rondelles de pomme de terre comme nourriture. Après l'éclosion, chaque larve du premier stade est immédiatement transférée pour les différents tests.



Figure 21: Récupération des nymphes de *Phthorimaea operculella*.

6.2.3 Étude de l'agent pathogène

6.2.3.1 Isolement

L'isolement des souches est réalisé à partir des sclérotés prélevés de la surface des tubercules contaminés. Les sclérotés sont aseptiquement prélevés et désinfectés par un passage dans une solution d'hypochlorite de sodium à 2%, suivi de trois rinçages successifs à l'eau distillée stérile. Les sclérotés sont ensuite, séchés puis déposés au centre d'une boîte de pétri, contenant un milieu PDA (**Fig. 23**), dont la composition est la suivante :

Pomme de terre	200 g
Glucose (Dextrose)	20 g
Agar	20 g
Eau distillée	1000 ml

La culture est incubée en chambre de culture pendant 5 jours, à une température ambiante de 25°C.



Figure 22: Préparation du milieu PDA.

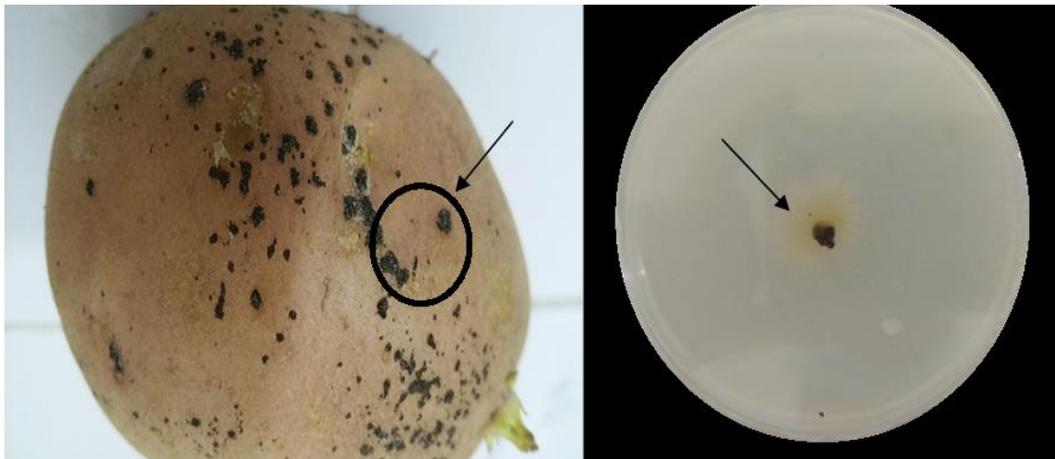


Figure 23 : Isolement de l'agent pathogène *Rhizoctonia solani* à partir des tubercules (Originale, 2021).

6.2.3.2 Purification des isolats

Dès que les colonies fongiques sont visibles, on procède à l'aide d'un emporte pièces, à des prélèvements d'explants de mycélium de 6mm à partir de la culture à la périphérie des colonies et repiqués dans des boîtes de Pétri contenant un milieu PDA ; afin d'éliminer les bactéries et/ou les champignons qui contaminent ces cultures. Les cultures ainsi obtenues sont incubées à l'obscurité à une température ambiante de 25°C. En cas de contamination, il est

nécessaire de transplanter le mycélium dans des nouvelles boîtes, les prélèvements doivent être faits le plus loin possible de l'origine de la colonie (**Rapilly, 1968**).

6.2.3.3 Conservation des isolats

Les cultures purifiées sont repiquées dans des tubes à essais, contenant du milieu PDA et conservées dans un réfrigérateur à une température de 4°C.

6.2.3.4 Identification morphologique des isolats

L'identification morphologique est basée, principalement sur l'observation macroscopique (couleur des colonies, formation de sclérotes) et microscopique des isolats de *Rhizoctonia solani*, par la technique du drapeau. L'identification est basée principalement sur les critères établis par **Duggar (1915)**, **Parmeter (1970)**, et **Barnett et Hunter (1972)**.

- L'aspect et la coloration du mycélium sur milieu PDA.
- L'aspect des hyphes.
- Présence ou absence d'anses d'anastomose
- La formation des septa (angle)
- Nombre des noyaux dans chaque cellule mycélienne.
- La présence ou l'absence des cellules moniloides cylindriques. Chez les mycéliums âgés.

6.2.4 Activité biologique des extraits aqueux

Ce volet va entamer l'activité biologique de nos trois extraits aqueux (*Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita*, *Reseda alba*) en mesurant : l'activité antioxydante, l'effet larvicide, l'effet ovicide, activité de la ponte sur *Phthorimaea operculella* et l'activité antifongique sur *Rhizoctonia solani*.

6.2.4.1 Activité antioxydante

6.2.4.1.1 Principe

Le principe de cette méthode est basé sur la mesure du piégeage des radicaux libres de DPPH (1,1-Diphényle-2-picrylhydrazyl). DPPH est un radical libre stable à température ordinaire qui présente une couleur rose-violacée bien caractéristique. Les antioxydants présents dans l'échantillon le réduisent et il devient la diphénylpicrylhydrazine de couleur

jaune, ce qui conduit à une diminution de l'absorbance. La décoloration du DPPH est directement proportionnelle à la capacité des molécules bioactives à le réduire, ce qui est facilement mesurable par spectrophotométrie à 517 nm. La méthode est généralement standardisée par rapport à un antioxydant standard (**Popovici et al., 2009; Oliveira et Rodrigues, 2018**).

6.2.4.1.2 Mode opératoire

Cette activité est mesurée par le protocole décrit par **Hsu et al. (2007)** et **Soni et Sosa (2013)**. La solution de DPPH est préparée par solubilisation de 4 mg de ce produit dans 100 ml de méthanol. Les solutions mères des extraits ont été préparées dans le méthanol pour atteindre la concentration de 1 mg/ml. Des dilutions d'extraits, à des concentrations décroissantes sont préparées, sont ajoutées à un volume équivalent de DPPH. Le mélange obtenu est laissé pendant 30 minutes, dans l'obscurité à température ambiante. La lecture spectroscopique est enregistrée à 517 nm. La solution du DPPH et méthanol, sans échantillons est utilisée comme contrôle négatif et l'acide ascorbique est utilisé comme témoins positifs (**Fig. 24**).

Cette activité est estimée en pourcentage d'inhibition, calculé suivant la formule suivante :

$$I \% = [(A_0 - A) / A_0] \times 100\%.$$

I % : Le pourcentage d'inhibition

A₀ : Absorbance de la réaction du témoin négatif (T= 0 min)

A: Absorbance de l'échantillon contenant une dose d'extrait testée (T= 30 min)

L'IC₅₀, qui est la quantité d'échantillon nécessaire pour diminuer l'absorbance du DPPH de 50% et qui permettra la caractérisation du pouvoir antioxydant des extraits, est calculé,



Figure 24 : Dilutions préparées pour traçage de la courbe d'étalonnage d'acide ascorbique.

6.2.4.2 L'effet larvicide

Des essais biologiques sont utilisés pour déterminer l'effet larvicide des extraits aqueux de trois plantes ; *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba*, à différentes concentrations (0.5%, 1%, 1.5% et 2%,) sur les larves de *Phthorimaea operculella*, selon le protocole d'**Erdogan et Yilmaz (2018)**, avec quelques modifications ; et cela par deux méthodes (trempage de la pomme de terre et trempage des larves). Les extraits sont préparés avec de l'eau distillée. Les expériences sont réalisées dans des conditions de laboratoire (27 ± 1 °C, 70 ± 5 % HR et photopériode de 14: 10 (J: N)). Chaque test est répété six fois.

6.2.4.2.1 Trempage de la pomme de terre

Un tubercule de pomme de terre (environ 150 g) est plongé dans des concentrations préparées, pendant 30 secondes. Après cela, ces tubercules sont laissés sécher pendant 30 minutes. Après séchage, les tubercules sont placés dans des cages de (20 x 20 x 10 cm) et 10 larves nouvellement écloses sont transférées dans chaque cage. Ensuite, les cages sont placées au laboratoire et les aspects biologiques suivants sont étudiés: pourcentage de mortalité des larves avec le calcul de CL_{50} et CL_{90} , pourcentage de nymphose, pourcentage d'émergence des adultes et l'Indice de dommage des tubercules ; ce dernier est calculé selon la formule de **Fenimore (1980a)** citée ci-dessous.

$$D.I = \frac{(n^{\circ} \text{ léger } \times 1) + (n^{\circ} \text{ modéré } \times 2) + (n^{\circ} \text{ sévère } \times 3) \times 10}{\text{nombre total de tubercules}}$$

L'évaluation de l'indice moyen de dommages est déterminée selon les catégories d'infestation, en fonction du nombre de tunnels larvaires visibles depuis l'examen externe.

L'indice maximum possible est donc de 30 tunnels / tubercules, si tous les tubercules entrent dans la catégorie sévère.

Tableau 4 : Catégorie d'infestation selon Fenemore (1980a).

Catégorie d'infestation	Catégorie des dommages	facteur
1. propre	Aucun signe visible d'infestation	0
2. Légère	Une ou deux mines, qui pourraient être retirées facilement lors du pelage	x1
3. Modéré	Plus de deux mines présentes et jusqu'à un tiers de la surface présentant des dommages	x2
4. sévère	Plus du tiers de la surface du tubercule présente des dommages.	x3

6.2.4.2.2 Trempage des larves

Dix larves de quatrième stade sont plongées dans les concentrations préparées pendant 30 secondes, puis transférées dans des cages en plastique de (20 x 20 x 10 cm), avec des tubercules de pomme de terre. Ensuite, les cages sont placées au laboratoire et étude des aspects biologiques suivants: pourcentage de mortalité des larves avec le calcul de CL₅₀ et CL₉₀, pourcentage de nymphose et pourcentage d'émergence des adultes.

6.2.4.3 L'effet ovicide

Des essais biologiques sont utilisés pour déterminer l'effet ovicide des extraits de trois plantes ; *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba* à différentes concentrations (0.5%, 1%, 1.5% et 2%,) sur les œufs de *Phthorimaea operculella*. Les concentrations sont préparées avec de l'eau distillée ; les expériences sont réalisées dans des conditions de laboratoire 27 ± 1 °C, 70 ± 5% HR et photopériode de 14: 10 (J: N). Chaque test est répété six fois.

6.2.4.3.1 Trempage des œufs

Les œufs de la teigne de la pomme de terre déposés sur le papier filtre, sont comptés à l'aide d'une loupe. Ils sont placés dans un récipient puis numérotés et divisés en plusieurs groupes. Les différents groupes d'œufs sont plongés dans différentes concentrations, afin de tester la toxicité des extraits aqueux. Concernant le témoin, le traitement est effectué par l'eau distillée. Après séchage pendant 20 minutes, des lots d'œufs sur papier sont insérés dans des cages en plastique (20 × 20 × 10 cm) avec des tubercules de pomme de terre. Le pourcentage d'éclosion est enregistré après 3 jours. Étude des aspects biologiques suivants: pourcentage d'éclosion avec le calcul de CL_{50} et CL_{90} , pourcentage de réduction et pourcentage d'émergence des adultes.

6.2.4.4 Activité de ponte

Des essais biologiques sont utilisés pour déterminer l'effet des extraits de trois plantes ; *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba*, sur la ponte des femelles de la teigne de la pomme de terre et cela, en mesurant l'indice de stimulation de l'oviposition et l'effet Push-Pull. Les expériences sont réalisées dans des conditions de laboratoire (27 ± 1 °C, $70 \pm 5\%$ HR et photopériode de 14: 10 (J: N)). Chaque test est répété six fois.

6.2.4.4.1 L'indice de stimulation de l'oviposition (OSI)

Selon le protocole cité par **Ma et Xiao (2013)**, un tubercule de pomme de terre de (150 g) est immergé dans les extraits aqueux à plusieurs concentrations (0.125, 0.250, 0.5, 1, 1.5 et 2%) pendant 5 secondes et puis séché à l'air pendant 1 heure. Le tubercule témoin est immergé dans l'eau distillé ; le tubercule traité et celui du témoin sont ensuite placés dans une cage (35 × 35 × 15 cm) avec un intervalle de 15 cm entre les deux pommes de terre.

Dix couples adultes fraîchement émergés de *Phthorimaea operculella* sont placés dans la cage et nourris avec 10% d'eau de sucre. Les œufs nouvellement pondus sur les surfaces des tubercules de pomme de terre, sont comptés le troisième jour (**Fig. 25**).

Selon **Fenemore (1980b)** et **Udayagiri et Mason (1997)**, l'effet attractif ou dissuasif d'un produit sur la ponte des femelles accouplées, est examiné par l'indice de stimulation de l'oviposition (OSI) qui est calculé comme suit:

$$\text{OSI} = \frac{(C-T) \times 100}{(C + T)}$$

C : le nombre total d'œufs sur la pomme de terre du témoin.

T : le nombre total d'œufs sur la pomme de terre traitée.

L'OSI < 0 signifie que le test les extraits repousse les femelles, et OSI > 0 indique que les extraits testés attirent les femelles. La valeur de l'indice pourrait ainsi aller de + 100 pour une stimulation totale, à 0 pour aucun effet et à -100 pour le total dissuasion.

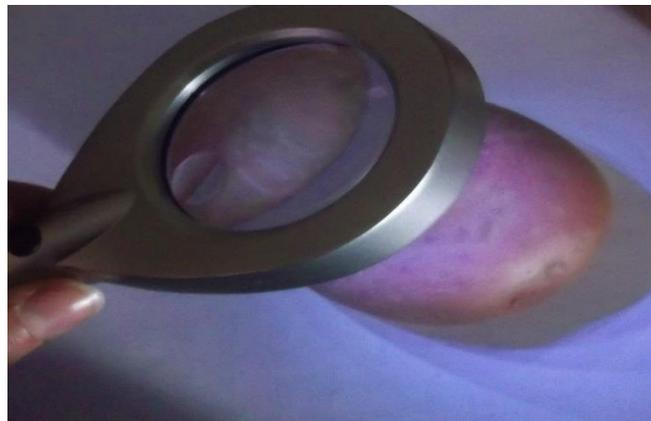


Figure 25: Le comptage des œufs pondus sur la pomme de terre.

6.2.4.4.2 Effet de Push-Pull

Le protocole expérimental réalisé pour calculer l'effet Push-Pull de trois extraits, *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba*, sur le choix de ponte de la teigne de la pomme de terre sur les tubercules de pomme de terre, est identique à celui, utilisé dans la mesure de l'indice de stimulation d'oviposition. Mais les deux pommes de terre placées dans la cage avec un intervalle de 15 cm suivent des dosages particuliers ; les deux sont traitées avec deux extraits ; l'un (Push) et l'autre (Pull) (**Fig. 26**). , selon des combinaisons entre les extraits aqueux des plantes individuelles comme, montré dans les **tableaux 5, 6, 7, 8, 9 et 10**.

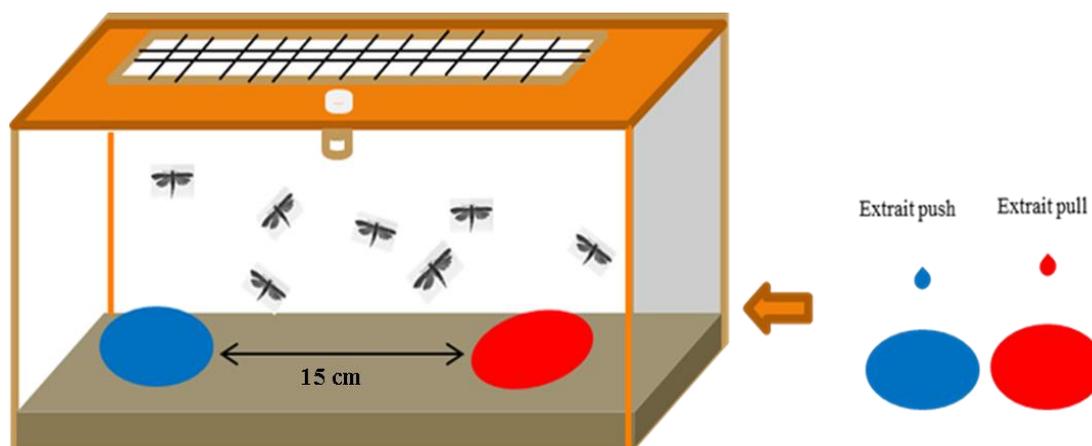


Figure 26: Schéma du test de Push-Pull.

L'effet Push-Pull est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Effet push-pull (\%)} = \frac{(\text{Pull} - \text{Push})}{(\text{Pull} + \text{Push})} \times 100$$

Pull ; indique le nombre d'œufs sur les tubercules traités avec l'attractif.

Push ; indique le nombre d'œufs sur les tubercules traités avec le répulsif.

Tableau 5 : Les concentrations utilisées pour tester la combinaison des différentes concentrations d'*Ammoides verticillata*.

Combinaison	Push (<i>Ammoides verticillata</i> , %)	Pull (<i>Ammoides verticillata</i> , %)
A × A1	2 %	0.125 %
A × A2	2 %	0.250 %
A × A3	2 %	0.500 %

Tableau 6 : Les concentrations utilisées pour tester la combinaison entre *d'Ammoides verticillata* et *Phlomis crinita*.

Combinaison	Push (<i>Ammoides verticillata</i> , %)	Pull (<i>Phlomis crinita</i> , %)
A × P1	2 %	0.125 %
A × P2	2 %	0.250 %
A × P3	2 %	0.500 %

Tableau 7 : Les concentrations utilisées pour tester la combinaison entre *Phlomis crinita* et *Ammoides verticillata*.

Combinaison	Push (<i>Phlomis crinita</i> , %)	Pull (<i>Ammoides verticillata</i> , %)
P × A1	2 %	0.125 %
P × A2	2 %	0.250 %
P × A3	2 %	0.500 %

Tableau 8 : Les concentrations utilisées pour tester la combinaison des différentes concentrations de *Phlomis crinita*.

Combinaison	Push (<i>Phlomis crinita</i> %)	Pull (<i>Phlomis crinita</i> %)
P × P1	2 %	0.125 %
P × P2	2 %	0.250 %
P × P3	2 %	0.500 %

Tableau 9 : Les concentrations utilisées pour tester la combinaison entre *Reseda alba* et *Ammoides verticillata*

Combinaison	Push (<i>Reseda alba</i> %)	Pull (<i>Ammoides verticillata</i> %)
R × A1	2 %	0.125 %
R × A2	2 %	0.250 %
R × A3	2 %	0.500 %

Tableau 10 : Les concentrations utilisées pour tester la combinaison entre *Reseda alba* et *Phlomis crinita*.

Combinaison	Push (<i>Reseda alba</i> %)	Pull (<i>Phlomis crinita</i> %)
R × P1	2 %	0.125 %
R × P2	2 %	0.250 %
R × P3	2 %	0.500 %

6.2.4.5 Test antifongique

L'activité antifongique des différents extraits est testée in vitro par la méthode du contact direct décrite par **Al-Askar et Rashad (2010)** sur la souche de *Rhizoctonia solani*. L'activité antifongique a été effectuée comme suit:

Les résidus secs d'extraits aqueux des trois plantes, ont été ajoutés à des tubes contenant 20 ml du milieu PDA maintenue en surfusion, pour obtenir les concentrations proposées de 1.5, 2, 2.5 et 3% (p/v). Chaque tube est homogénéisé et immédiatement coulé dans une boîte de pétri de 9 cm de diamètre. Parallèlement, les souches fongiques, en absence des extraits ont servi de témoins négatifs.

Pour chaque traitement, 3 répétitions ont été utilisées. Toutes les boîtes de pétri sont inoculées individuellement avec des disques de 6mm de diamètre prélevés de la culture jeune du mycète, puis incubées dans l'obscurité à 25±2°C. Des mesures quotidiennes du diamètre moyen de la culture mycélienne, sont ensuite réalisées. Ces mesures sont arrêtées lorsque le mycélium couvre entièrement la totalité des boîtes de Pétri utilisées comme témoin.

Le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne a été déterminé selon l'équation décrite par **Leroux et Credet (1978)** comme suit :

$$PI(\%) = (A-B)/A \times 100$$

PI(%) : Taux d'inhibition de la croissance du mycélium en pourcentage

A: Diamètre de la colonie fongique du témoin (en mm)

B: Diamètre de la colonie fongique en présence de l'extrait (en mm)

6.2.5 Analyse statistique

Tous les résultats sont représentés par la moyenne ± écart type. Toutes les données sont statistiquement soumises à une analyse de variance à un facteur (ANOVA). Le pourcentage de mortalité corrigée des larves est calculé en utilisant la formule d'**Abbott (1925)**.

Le traitement statistique des résultats phytochimique, pour le dosage quantitatifs des polyphénols, flavonoïdes, et les tanins ; est complété par un traitement statistique, le test de t Student, pour une comparaison des moyennes entre les deux extraits aqueux et méthanolique.

Pour l'effet biologique (méthode de trempage des tubercules, indice de dommages, trempage des larves, trempage des œufs et l'activité antifongique) ; l'étude statistique est complétée par le test post hoc de t Dunnett, qui traite un groupe en tant que témoin et le compare avec les autres groupes. Pour l'étude d'OSI et l'effet Push-Pull, l'étude statistique est complétée par le test de Tukey HSD, pour une étude des différences de moyenne pour la signification.

Pour toute l'étude statistique, la valeur $p < 0.05$ est considérée significative, par le biais du programme informatique «**SPSS**» (v22).

Nous considérons que les différences sont:

- Significatives quand la probabilité (p) $< 0,05$
- Hautement significatives si $p < 0,01$
- Très hautement significatives quand $p < 0,001$
- Si $p > 0,05$, les différences sont par contre non significatives.

Chapitre VII : Résultats et discussion

Résultats et discussions

7.1 Résultats de Rendement des extraits

Les rendements obtenus pour les différents extraits des trois plantes étudiées (*Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba*) sont présentés dans la **figure 27**.

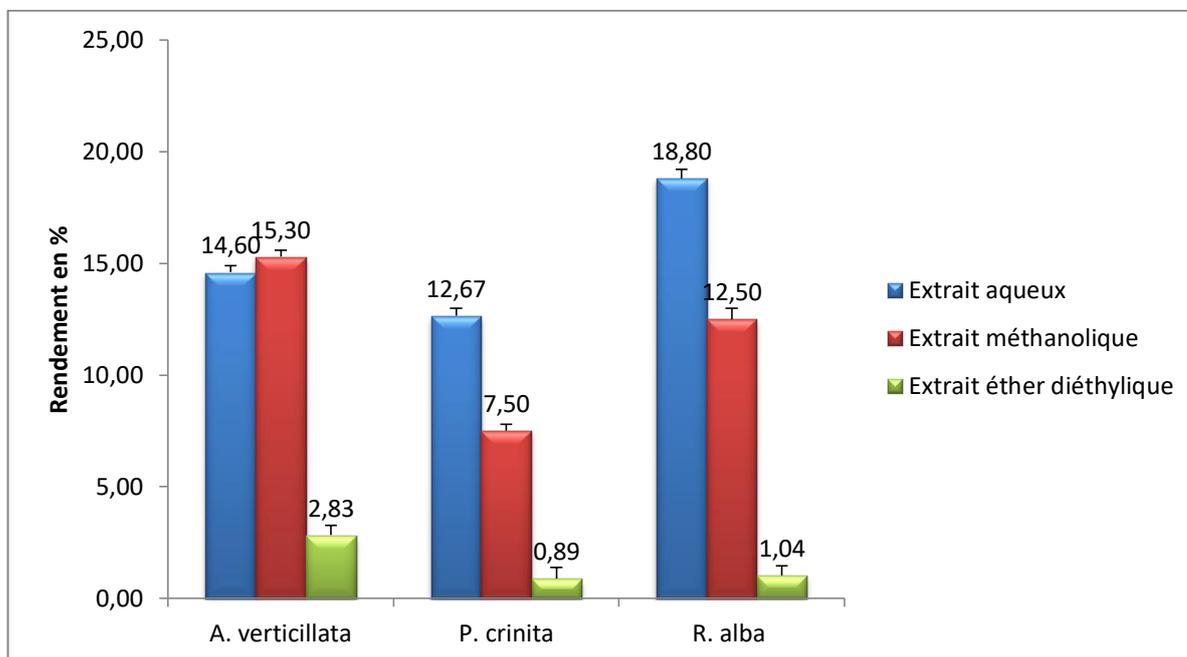


Figure 27 : Rendements des différents extraits des plantes étudiées.

Les rendements varient d'un extrait à un autre et d'une plante à une autre. Pour la première plante *Ammoides verticillata*, le rendement le plus élevé a été enregistré au niveau d'extrait méthanolique avec un rendement de 15.3 ± 0.30 %.

Par contre pour les deux autres plantes *Phlomis crinita* et *Reseda alba*, le rendement le plus élevé a été enregistré au niveau de l'extrait aqueux avec un rendement de 12.67 ± 0.33 et 18.8 ± 0.42 % respectivement, suivi par les extraits méthanoliques.

Le plus faible rendement a été constaté au niveau de l'extrait éther diéthylique pour les trois plantes *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba*, avec une moyenne de 2.83 ± 0.29 %, 0.89 ± 0.10 % et 1.04 ± 0.15 % respectivement.

Une analyse statistique est nécessaire pour voir s'il y'a une différence significative entre les rendements des extraits des plantes étudiées. L'étude a révélé une différence significative des rendements des extraits des plantes étudiées ($p < 0.001$) (**Annexe 01**).

Selon **Sultana et al. (2009)**, les rendements d'extraits les plus élevés ont été obtenus en utilisant des solvants organiques aqueux, par rapport aux solvants organiques absolus. Ceci est aussi confirmé en **2010** par **Adepo et al.**, et en **2019** par **Rafinska et al. et Victor et Gaël** ; Ce qui concorde avec nos résultats, où les rendements augmentent avec la polarité du solvant d'extraction.

Nos résultats sont confirmés par ceux trouvés par (**Fernández-Agulló et al., 2013**), qui indiquent que l'eau donne le rendement d'extraction le plus élevé avec (44,11%).

L'extraction dans des solvants hautement polaires donne un rendement d'extrait élevé (**Nawaz et al., 2020**). D'ailleurs même une étude faite pour *Phlomis crinita* par **Tamert et Latreche (2016)**, ont signalé que les rendements les plus élevés, est celui de l'infuse avec 8,17%, suivi par les extraits décoctés avec 6,12% et enfin par les extraits éthanoliques avec un rendement de 3,20%.

L'eau étant pratiquement le solvant universel; les substances se dissolvent mieux dans l'eau plutôt que dans n'importe quel autre liquide commun. Ceci est dû au caractère polaire de la molécule d'eau (**Hopkins et al., 2003**).

Cependant, le plus grand rendement ne garantit pas l'activité biologique ou la composition en principes actifs des extraits (**Nawaz et al., 2020**). Ce qui nous mène au deuxième point de notre travail qui consiste à effectuer un screening phytochimique et faire une comparaison entre les trois extraits de nos trois plantes (aqueux, méthanolique et éther diéthylique).

7.2 Résultat de l'Étude phytochimique

Les analyses phytochimique ont été portées sur l'analyse phytochimique qualitative par criblage des métabolites et l'analyse quantitative, par le dosage des polyphénols, des flavonoïdes, des anthocyanes et des tanins condensés.

7.2.1 Screening phytochimique qualitatif

Les tests phytochimiques consistent à détecter les différentes familles de composés existants dans la partie aérienne des trois plantes, par des réactions qualitatives de caractérisation. Ces tests sont en relation avec l'intensité du précipité ou de coloration par des réactifs spécifiques à chaque famille de composés, présentés dans les **tableaux 11,12 et 13**.

7.2.1.1 Screening d'*Ammoides verticillata*

Les résultats de l'étude qualitative des trois extraits de l'espèce *Ammoides verticillata* est au niveau du **tableau 11**.

Tableau 11 : Résultats de screening phytochimique d'*Ammoides verticillata*.

Composants	Extrait aqueux	Extrait méthanolique	Extrait éther diéthylique
Alcaloïdes	+	+	+
Tanins	++	++	-
Flavanes	++	++	-
Flavonoïdes	++	++	-
Coumarines	+	+	-
Stéroïdes	++	++	-
Terpénoïdes	+++	+++	-
Saponines	++ (400IM)	-	-
Anthocyanes	+	-	-
Quinones libres	+++	+++	-
Glucosides	+	+	-

Les tests du screening phytochimique illustrés par le **tableau 11**, font ressortir les résultats suivants:

On remarque la présence des alcaloïdes dans tous les extraits mais d'une manière faible; la présence des tanins et des flavanes dans tous les extraits sauf celui de l'éther diéthylique.

La présence des coumarines et des flavonoïdes dans tous les extraits sauf celui de l'éther diéthylique. Une présence importante des stéroïdes et des terpénoïdes dans les extraits aqueux et méthanolique et absence totale dans l'extrait éther diéthylique.

La présence des quinones libres, est fortement positive dans les deux extraits aqueux et méthanolique, par contre absence totale dans l'extrait éther diéthylique. La présence des anthocyanes et des saponines, seulement dans l'extrait aqueux avec un indice de mousse de 400 IM.

Une réaction positive pour les glucosides dans les deux extraits aqueux et méthanolique et absence dans l'extrait éther diéthylique.

7.2.1.2 Screening de *Phlomis crinita*

Les résultats de l'étude qualitative des trois extraits de l'espèce *Phlomis crinita* est représentée au niveau du **tableau 12**.

Tableau 12 : Résultats de screening phytochimique de *Phlomis crinita*.

Composants	Extrait aqueux	Extrait méthanolique	Extrait éther diéthylique
Alcaloïdes	-	-	-
tanins	+++	+++	+
Flavanes	+++	+++	-
Flavonoïdes	++	++	-
Coumarines	+	+	-
Stéroïdes	+++	+++	-
Terpénoïdes	++	++	-
Saponines	+(225IM)	-	-
Anthocyanes	+	-	-
Quinones libre	++	++	-
Glucosides	+++	+++	-

Les tests du screening phytochimiques illustrés par le **tableau 12**, font ressortir les résultats suivants:

Absence totale des alcaloïdes dans tous les extraits, tandis que les tanins et les flavonoïdes sont fortement positifs dans les extraits aqueux et méthanolique.

Par contre pour l'extrait éther diéthylique, on remarque une absence de tous les principes actifs étudiés, sauf les tanins qui sont présents d'une manière faible.

Pour les flavonoïdes et les terpénoïdes; on note une présence moyennement positive dans les deux extraits de la plante.

Les coumarines sont présentes mais en faible quantité, dans les extraits aqueux et méthanolique.

Une présence importante des stéroïdes et des glucosides dans les deux extraits aqueux et méthanolique.

Une présence moyenne des anthocyanes, et des saponines (Indice de 225IM), uniquement dans l'extrait aqueux.

7.2.1.3 Screening de *Reseda alba*

Les résultats de l'étude qualitative des trois extraits de l'espèce *Reseda alba* est présentée par le **tableau 13**.

Tableau 13 : Résultats de screening phytochimique de *Reseda alba*.

Composants	Extrait aqueux	Extrait méthanolique	Extrait éther diéthylique
Alcaloïdes	-	-	-
tanins	+	+	-
Flavanes	+	+	-
Flavonoïdes	++	++	-
Coumarines	+	+	-
Stéroïdes	+	+	-
Terpénoïdes	+++	+++	-
Saponines	+++ (700IM)	-	-
Anthocyanes	+	+	-
Quinones libres	+	+	-
Glucoside	++	++	-

Les tests du screening phytochimiques illustrés par le **tableau 13**, font ressortir les résultats suivants:

On remarque l'absence complète des métabolites secondaires étudiés, dans l'extrait éther diéthylique. Contrairement aux extraits aqueux et méthanolique qui sont riches en flavonoïdes, terpénoïdes, et glucosides.

Les tests de caractérisation des tanins, flavanes, coumarines, stéroïdes, anthocyanes et quinones libres, se sont révélés positifs dans les deux extraits aqueux et méthanoliques, mais de manières modérées.

On remarque l'absence des alcaloïdes dans tous les extraits et une forte présence des saponines qui arrive à 700 IM, seulement dans l'extrait aqueux.

Mis à part les alcaloïdes présents que dans la première plante *Ammoides verticillata*, le screening phytochimique a révélé la richesse des trois plantes en composés terpéniques : (saponines, stéroïdes, terpénoïdes et les glycosides cardiaque), et en composés phénoliques : (tanins, flavonoïdes, flavanes, coumarines, anthocyanes et quinones libres).

Notre étude révèle donc l'existence des saponines dans tous les échantillons analysés. Ils sont connus pour leur pouvoir anti inflammatoire, émulsionnant et sa propriété hémolytique (Verbois, 2003), qui est du à leur pouvoir de rompre la membrane érythrocytaire, justifiée par l'interaction entre les saponines et les stérols de la membrane érythrocytaire (Tabassi *et al.*, 2006).

Une étude faite par Hernández-Carlos *et al.* (2011) sur plusieurs saponines, ont montré une activité nématocide contre le nématode *Meloydogyne javanica* et larvicide contre les larves du papillon *Spodoptera littoralis* pour la plupart des saponines étudiée.

Le screening phytochimique montre que les plantes étudiées sont très riches en stéroïdes et terpénoïdes qui sont des composés volatiles responsables de l'odeur de nombreuses espèces végétales, connues comme de puissants répulsifs pour de nombreux insectes (Sauvion *et al.*, 2013). En outre l'une des caractéristiques les plus distinctives des lamiacées est le terpène (Shahidi et Ho, 2000).

Les composés de type Phénols sont présents dans les trois plantes. Ce sont des composés hydroxylés qui peuvent agir comme anti-nourrissant; d'autres comme les tanins agissent comme une barrière en raison de leur goût amer (Nava-Pérez *et al.*, 2012). Ces dernier exercent une activité anti virale anti bactérienne et anti inflammatoire (Verbois, 2003).

Les composés phénoliques tels que les coumarines, sont des composants végétaux très importants. Ils inhibent la croissance des champignons et sont toxiques pour les nématodes, les acariens et les insectes (Nava-Pérez *et al.*, 2012).

Une présence très importante des flavonoïdes et les flavanes dans les trois espèces étudiées ; ces composés sont connus, principalement comme des pigments qui donnent de la couleur aux plantes et aux fleurs; par exemple, la roténone qui agit comme un inhibiteur enzymatique et possède aussi, une activité répulsive (Nava-Pérez *et al.*, 2012).

Dans la première partie de cette étude, trois solvants de polarité croissante ont été employés pour l'extraction des métabolites secondaires des trois plantes (*Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba*).

Les résultats décrits dans les **tableaux 11,12 et 13**, révèlent une influence significative du pouvoir d'extraction du solvant sur la présence ou l'absence des métabolites secondaires. Les solvants méthanol et aqueux se sont montrés particulièrement, comme étant les deux solvants les plus efficaces à extraire les métabolites secondaires chez les trois plantes, dont leur concentration varie d'un extrait à un autre et d'une plante à une autre.

Une étude faite par **Barchan *et al.* (2014)**, a confirmé que les extraits aqueux étaient plus actifs que les extraits à l'éthanol et ainsi que les solvants polaires étaient importants pour obtenir des fractions à haute activité antioxydante et à teneur totale en phénols.

D'autres recherches suggèrent l'utilisation d'une combinaison de solvants polaires et non polaires pour augmenter l'efficacité d'extraction des composés phytochimiques (**Do *et al.*, 2014; Bourgou *et al.*, 2016; Nawaz *et al.*, 2020**).

7.2.2 Résultats du phytochimique quantitatif

Les extraits aqueux et méthanolique ont tous les deux été évalués.

7.2.2.1 Dosage des polyphénols

Les résultats sont exprimés en mg équivalent en acide gallique par g de matière sèche (mg EQ/ g MS). La courbe d'étalonnage est établie avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,99$ (**Fig. 15**). Cette dernière montre qu'il y'a une relation directe entre la concentration en acide gallique et l'absorbance.

Les résultats du dosage de polyphénols de l'ensemble de deux extraits de trois espèces végétales sont mis en évidence par la **figure 28**.

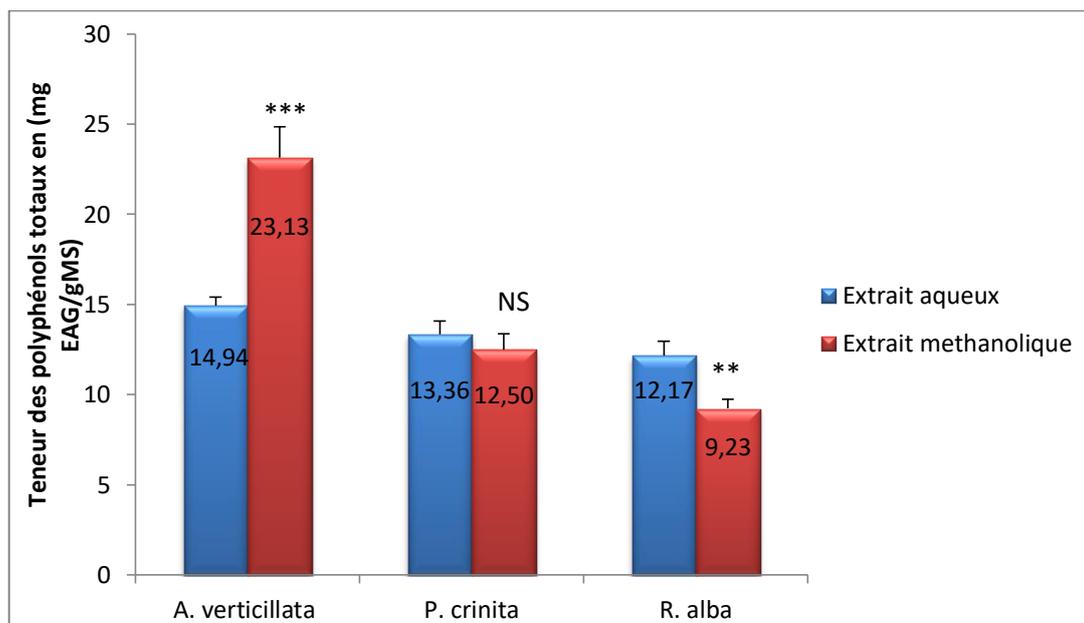


Figure 28: Taux des polyphénols totaux des extraits de plantes étudiées.

Le test *t* de Student ($p < 0,05$) pour échantillons indépendants a été utilisé pour la comparaison des moyennes; symboles : NS $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

L'analyse quantitative des polyphénols des parties aériennes des trois plantes médicinales, a montré que toutes les plantes sont riches en polyphénols qui varient de $9,23 \pm 0,39$ mg EAG/g MS à $23,13 \pm 0,47$ mg EAG/g MS.

L'extrait méthanolique de la plante *Ammoides verticillata* est le mieux représenté, avec une concentration moyenne de $23,13 \pm 0,47$ mg EAG/g MS suivie par l'extrait aqueux de la même plante, avec une concentration de $14,94 \pm 0,48$ mg EAG/g MS.

Par contre, pour les deux autres plantes *Phlomis crinita* et *Reseda alba*, l'extrait aqueux était légèrement plus riche que celui de l'extrait méthanolique, avec des teneurs respectives de $13,36 \pm 0,73$ mg EAG/g MS et $12,17 \pm 0,58$ mg EAG/g MS pour l'extrait aqueux et $12,50 \pm 0,76$ mg EAG/g MS, $9,23 \pm 0,39$ mg EAG/g MS pour l'extrait méthanolique; ce qui montre des teneurs variables en polyphénols, qui dépendent de la polarité du solvant d'extraction et de l'espèce.

7.2.2.2 Dosage des flavonoïdes

Les résultats sont exprimés en mg, équivalent en quercétine par g de matière sèche (mg EQ/ g MS). La courbe d'étalonnage est établie avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,99$ (Fig. 16). Cette dernière montre qu'il y'a une relation directe entre la concentration en quercétine et l'absorbance

Les résultats du dosage de flavonoïdes de l'ensemble de deux extraits de trois espèces végétales sont mis en évidence par la **figure 29**.

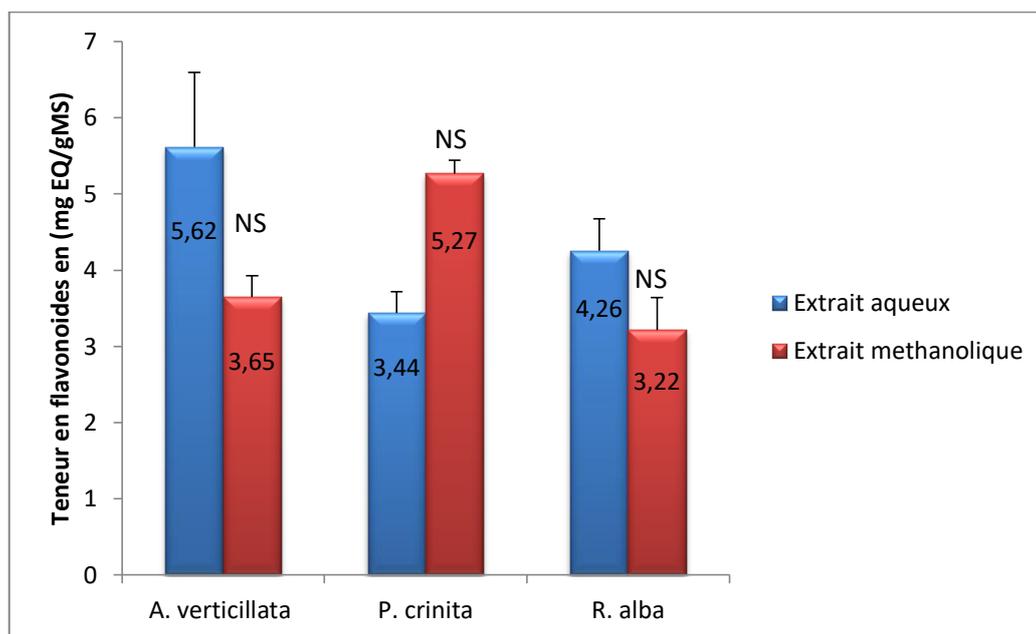


Figure 29 : Taux de flavonoïdes des extraits de plantes étudiées.

Le test t de Student ($p < 0,05$) pour échantillons indépendants a été utilisé pour la comparaison des moyennes; symboles : NS $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

L'analyse quantitative des flavonoïdes des parties aériennes de trois plante médicinales a montré, que toutes les plantes sont riches et aucune différence significative, n'est enregistré entre les deux extraits aqueux et méthanoliques, pour les trois plantes ($p=0.124$, $p=0.067$ et $p=0.088$) respectivement (**Annexe 01**).

Ce dosage a révélé des taux notables et variables en flavonoïdes. Les taux les plus élevés des flavonoïdes se rencontrent dans les extraits aqueux et méthanoliques des espèces *Ammoides verticillata* et *Phlomis crinita* (5.62 ± 0.98 et 5.27 ± 0.67 mg EQ/g MS respectivement).

L'extrait aqueux de *Phlomis crinita* et l'extrait méthanolique de *Reseda alba* ont présenté les teneurs les plus faibles, de l'ordre de 3.44 ± 0.28 mg EQ/ g MS et 3.22 ± 0.19 mg EQ/ g MS.

7.2.2.3 Dosage des tanins condensés

Les résultats sont exprimés en mg, équivalent en catéchine par g de matière sèche (mg EC/ g MS). La courbe d'étalonnage est établie avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,99$ (Fig. 17). Cette dernière montre qu'il y'a une relation directe entre la concentration en catéchine et l'absorbance

Les résultats du dosage des tanins des deux extraits de trois espèces végétales sont mis en évidence par la figure 30.

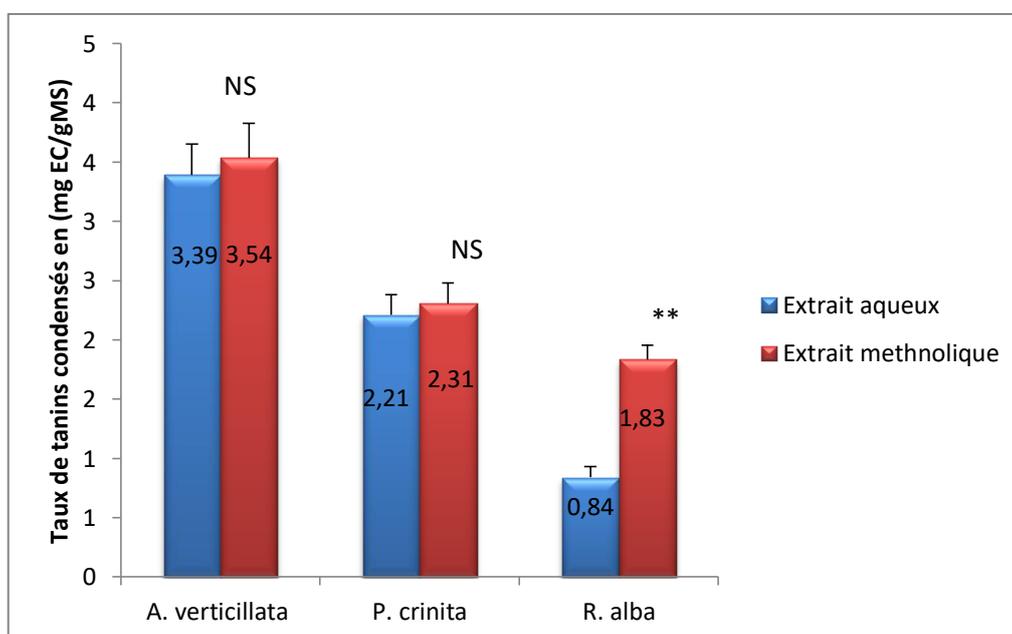


Figure 30: Taux de tanins condensés des extraits de plantes étudiées.

Le test t de Student ($p < 0,05$) pour échantillons indépendants a été utilisé pour la comparaison des moyennes; symboles : NS $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Ce dosage a révélé des taux très variables entre les trois plantes ; les taux les plus élevés des tanins se rencontrent dans les extraits aqueux et méthanoliques de l'espèce *Ammoides verticillata* (3.39 ± 0.26 et 3.54 ± 0.11 mg EC/g MS).

L'extrait aqueux et l'extrait méthanolique de *Reseda alba* ont présenté les teneurs les plus faibles de l'ordre de 0.84 ± 0.09 mg EQ/ g MS et 1.83 ± 0.03 mg EQ/ g MS.

7.2.2.4 Dosages des anthocyanes

Les résultats sont exprimés en $\mu\text{mole/g}$, les résultats du dosage des anthocyanes des extraits secs de trois espèces végétales sont mis en évidence par la **figure 31**.

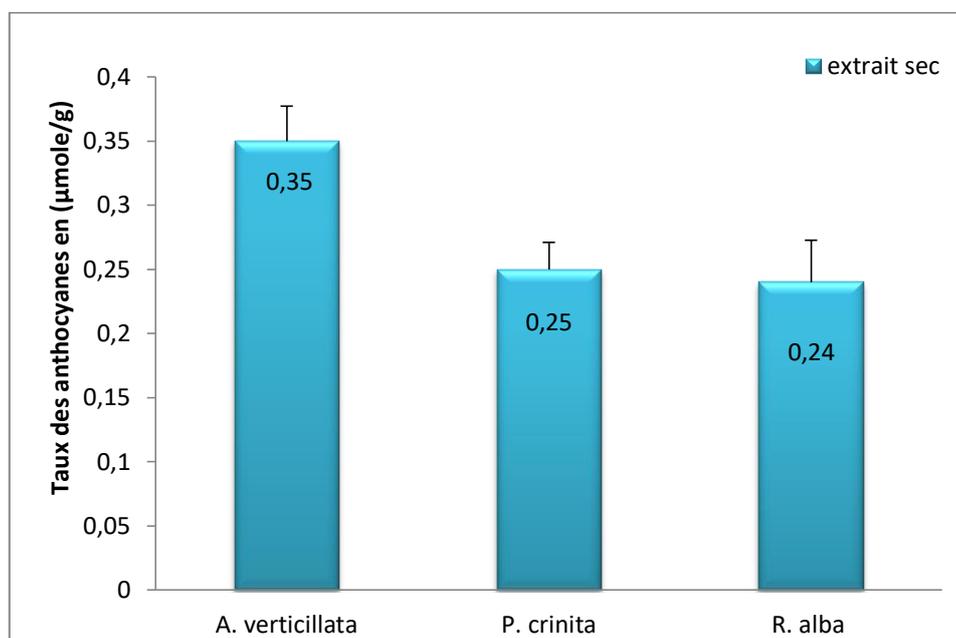


Figure 31: Taux des anthocyanes des extraits secs de plantes étudiées.

Ce dosage a révélé des taux très proches entre les trois plantes ; l'extrait sec de la plante *Ammoides verticillata* présente la teneur la plus riche à l'anthocyane avec une moyenne de $0.35 \pm 0.03 \mu\text{mole/g}$.

Quant aux plantes de *Reseda alba* et *Phlomis crinita*, il présente les teneurs les plus faible avec une valeur de $0.25 \pm 0.02 \mu\text{mole/g}$ et $0.24 \pm 0.03 \mu\text{mole/g}$.

Nos résultats ont été comparés avec une étude faite par **Belkhodja et al. (2020)** sur l'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* ; en fait ils ont trouvé des taux en polyphénols de $9,52 \pm 0,11 \text{ mg E AG/g}$, qui est nettement inférieure à notre étude, avec une dose de $14,94 \pm 0,48 \text{ mg EAG/g MS}$. Par contre le taux des tanins des même auteurs est de $8,64 \pm 0,02 \text{ mg EC /g}$, ce qui est 2.54 fois plus supérieure par rapport à nos résultats.

Une étude plus ancienne faite sur *Ammoides verticillata* par **Ziani et al., en 2015** ont trouvé des taux élevés en phénol de $259 \pm 3 \text{ mg E AG/g}$ et en flavonoïdes de $103 \pm 5 \text{ mg E C/g}$. Des taux élevés sont aussi enregistrés sur une autre espèce, *Ammoides atlantica* qui a

des teneurs très élevées en Phénols totaux et flavonoïdes qui sont de l'ordre de 371,57 mg /g et 41,02 mg /g respectivement (**Benteldjoune et al., 2019**).

Concernant la deuxième plante *Phlomis crinita* ; comparés aux résultats obtenus par **Gaamoune et al. (2017)**, nos résultats sont largement inférieurs. En effet, l'extrait méthanolique de *Phlomis crinita* a révélé des teneurs en polyphénols et flavonoïdes différentes et plus fortes que celles trouvées dans notre travail, qui sont respectivement de 57.32 ± 0.70 mg E AG/g E et, 23.88 ± 0.85 mg E Q/g.

De même, les travaux de **Tamert et al. (2015)** sur *Phlomis crinita* ont enregistré des concentrations moyennes en phénols totaux de $23,53 \pm 1,31$ mg E AG/g et concentrations flavonoïdes de $7,34 \pm 0,36$ mg E AG/g.

En parallèle, des travaux réalisés sur une autre espèce *Phlomis pungens* par **Bazavluk et al. (2020)** ont démontré une teneur en phénol qui variait de 2,6 à 4,9 mg / g et en flavonoïdes qui variait de 2.1 à 3.3 mg / g.

Merouane et al. (2019), ont enregistré pour les feuilles de *Phlomis biloba* des taux phénoliques pour les feuilles de $153,46 \pm 1,36$ µg E AG / mg et des flavonoïdes de $53,84 \pm 0,24$ µg E Q / mg.

Toutefois, les deux derniers auteurs rapportent des faibles teneurs en polyphénols et flavonoïdes de ces deux espèces *Phlomis pungens* et *Phlomis biloba* de ceux obtenus dans nos extraits aqueux et méthanoliques de *Phlomis crinita*.

Quant à la troisième plante, peu d'études ont été signalées sur *Reseda alba*. Les études antérieures réalisées sur les feuilles de l'espèce de la Turquie *Reseda lutea*, ont révélé des taux élevés en polyphénols 133.52 ± 0.02 mg E AG/L et en flavonoïdes de 196.80 ± 0.01 mg EQ/l (**Abdallah et al., 2018**).

Asadi-Samani et al. (2019) ont enregistré des teneurs en phénols et flavonoïdes dans les graines de *Reseda lutea* en Iran de $65,32$ mg E AG/g MS et $21,93$ mg RU/g MS respectivement. Contrairement à nos résultats, ou on a enregistré, pour l'extrait aqueux de *Reseda alba*, des taux des polyphénols et flavonoïdes de 12.17 ± 0.58 mg EAG/g MS et 4.26 ± 0.42 mg EQ/ g MS.

Les différences observées entre nos travaux et ceux de **Abdallah et al. (2018)** et **Asadi-Samani et al. (2019)**, pourraient être liées au choix des organes de plantes. En effet, les études de ces auteurs ont porté sur les feuilles et les graines de *Reseda lutea*, alors que nos études ont porté sur la plante entière.

Les différences observées au niveau de nos résultats par rapport à d'autres études pourraient s'expliquer par plusieurs facteurs, tels que la région géographique, le protocole d'extraction et la période de récolte (**Belkhodja et al., 2020**). D'ailleurs, **Popovici et al. (2019)** ont trouvé que la teneur en composés phénoliques était liée aux phases de maturation de la plante ; plus la plante est jeune, plus le niveau de polyphénols qu'elle contient est élevé.

Ces variations peuvent être expliquées aussi par l'environnement, le sol, le climat (**Iqbal et Bhangar, 2006**) et même le patrimoine génétique (**Miliauskas et al., 2004**).

Par ailleurs la richesse d'extrait sec d'*Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba* en anthocyane dans notre étude est inférieure à celle trouvée dans les feuilles de laurier-rose qui contenaient $0,21 \pm 0,019$ mg/g MS, sous forme de cyanidine 3-glucoside (**Einali et al., 2018**).

Il est rapporté que les anthocyanes sont responsables de plusieurs activités biologiques ; ce sont des anti diarrhéiques, anti bactériens, cholagogues, spasmolytiques, toniques du sang, et à forte dose, peuvent devenir toxiques (**Verbois, 2003**).

La variation, entre les deux extraits aqueux et méthanoliques pour les composants polyphénols, flavonoïdes et tanins, a été évaluée par le test *t* de Student (**Annexe 01**).

D'après nos résultats, la nature du solvant d'extraction des polyphénols, flavonoïdes et des tannins, ne semble avoir aucun effet sur la différence entre les moyennes. En effet, un pourcentage de 66.67% du total des composants dont la différence entre les moyennes de concentration est non significative, suivie par 22.22% du total des composants ou l'eau est le meilleur solvant à extraire les métabolites secondaires, et au final seulement 11.11% du total des composants, sont mieux extraits par le méthanol.

C'est ainsi que l'eau apparaît, comme étant le solvant le plus efficace à extraire les métabolites secondaires pour nos trois plantes. Et comme, le méthanol est connu pour sa toxicité, d'ailleurs il peut être toxique même par un simple contact avec la peau (**Tephly,**

1991; Amar et Léonard, 2002), qui est probablement dû à la présence des impuretés dans le méthanol (De Leprince-Ringuet, 1975). Dans ce contexte, on a fait le choix de continuer notre étude dans la troisième partie pour l'étude biologique, par l'extrait aqueux des trois plantes *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba*.

7.3 Les facteurs abiotiques idéaux à l'élevage de *Phthorimaea operculella*

Pour un élevage de masse réussi de *Phthorimaea operculella*, deux facteurs sont pris en considération ; le régime alimentaire idéal et la température optimale. Une fois déterminés, ils sont utilisés dans l'élevage de masse et les différentes expériences.

7.3.1 La teneur en sucre idéale

7.3.1.1 Effet du taux de sucre sur la longévité

L'étude de l'influence du régime alimentaire en sucre à différentes concentrations (0 à 20%), sur la longévité des adultes, est représentée par un histogramme (Fig.32). L'analyse de la variance a un facteur en fonction de la concentration en sucre a révélé des différences très hautement significatives $F=19.62$, ($p<0.001$) (Annexe 01).

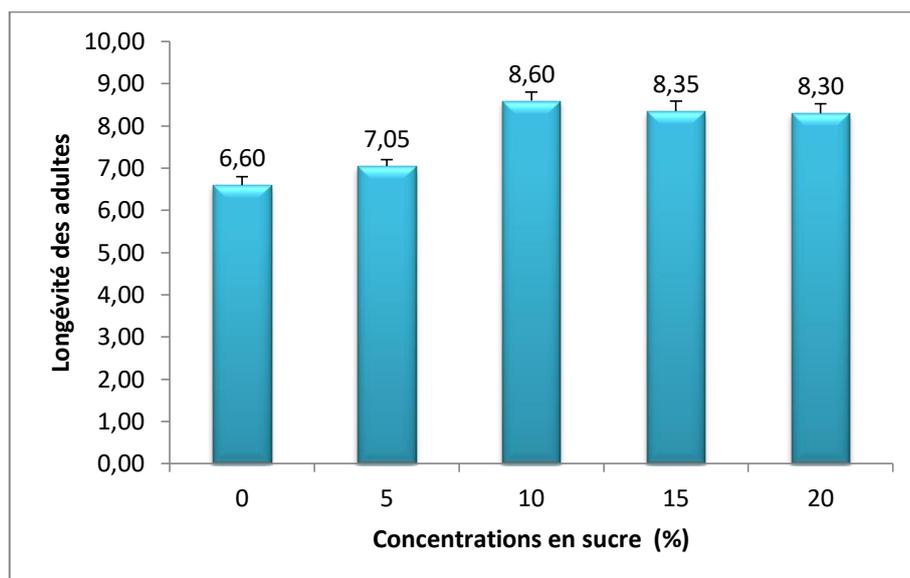


Figure 32 : Effet du taux de sucre sur la longévité des adultes.

La figure montre que la concentration en sucre dans la solution qui sert d'alimentation aux adultes a une influence sur la longévité des adultes.

La longévité moyenne la plus faible est de 6.6 ± 0.20 jours qui correspond à la solution d'eau sans sucre qui sert comme témoin. La plus élevée est de 8.60 ± 0.20 jours à une concentration de sucre de 10%. Au-delà de cette concentration, la longévité diminue légèrement jusqu'à atteindre 8.30 ± 0.22 jours à une concentration de 20% de sucre.

D'ailleurs **Gomaa et al.**, en 1978 ont comparé entre deux régimes alimentaire vis-à-vis des larves de *Phthorimaea operculella* ; celui des tubercules de pomme de terre et l'autre des feuilles de la plante de pomme de terre ou de tomate. Ils ont trouvé que les adultes des deux sexes vivaient plus longtemps et les femelles pondaient plus d'œufs avec des périodes de ponte relativement plus longues ; et cela avec un régime alimentaire à base de tubercules de pomme de terre. Ces résultats ont été confirmés aussi en 2004 par **Mulatu et al.** .

Singh et Charles (1977) ont comparé le développement de la teigne de la pomme de de l'œuf à l'adulte pendant 3 générations avec un régime artificiel et un régime de tubercule de pomme de terre. Avec le régime artificiel à 30°C, le cycle de vie total a été achevé en 23 jours, contre 18,5 jours avec le régime de tubercule de pomme de terre.

Il ressort de ces observations que l'alimentation devient de plus en plus importante pour le développement de l'insecte.

Nos résultats se rapprochent à ceux, trouvés par **Badegan et Ngameini (2000)** qui ont testé le même régime alimentaire de sucre. Leurs résultats montrent que la durée du cycle de développement est de 23 à 34 jours ; la longévité moyenne des femelles maximales est de 10.2 jours qui correspond à une concentration en sucre de 17%.

7.3.1.2 Effet du taux de sucre sur la fécondité

L'étude de l'influence du régime alimentaire en sucre, à différentes concentrations (0 à 20%), sur la fécondité des adultes est représentée par un histogramme (**Fig. 33**). L'analyse de la variance a un facteur en fonction de la concentration en sucre, a révélé des différences très hautement significatives $F=306.51$, ($p < 0.001$) (**Annexe 01**).

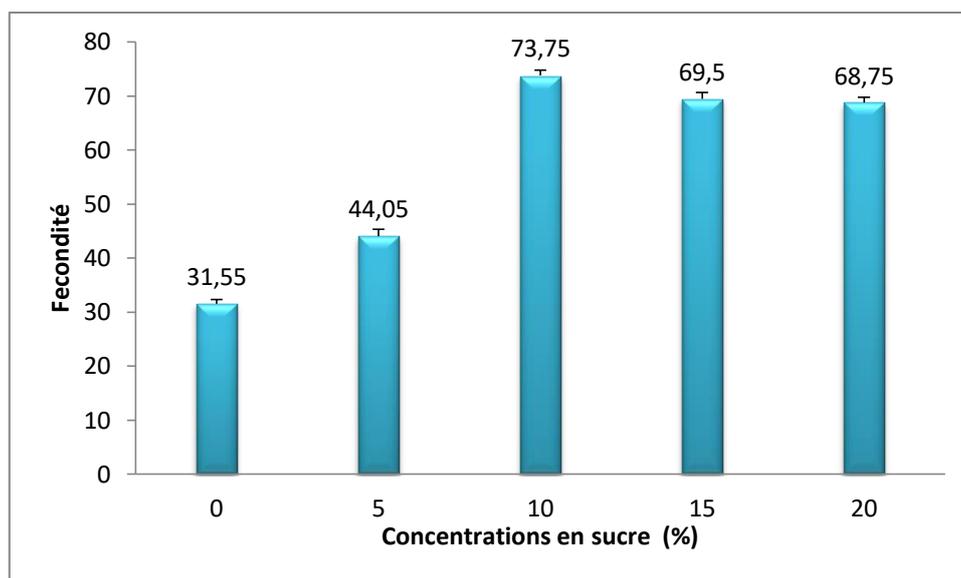


Figure 33 : Effet du taux de sucre sur la fécondité.

La **figure 33** montre que la concentration en sucre dans la solution qui sert d'alimentation aux adultes, a une influence considérable sur la fécondité des femelles.

La fécondité moyenne la plus faible est de 31.55 ± 0.78 œufs qui correspond à la solution d'eau sans sucre qui sert comme témoin et la plus élevée est de 73.75 ± 1.06 œufs à une concentration de sucre de 10%.

Toutes les concentrations testées peuvent être utilisées ; toutefois la concentration en sucre de 10% est l'optimum. Elle permet d'obtenir la fécondité moyenne la plus élevée.

Les résultats obtenus, rejoignent ceux de **Gomaa et Hemeida (2009)**, dont les femelles de *Phthorimaea operculella* sont alimentées par des solutions de sucre à des concentrations de 5 à 20%. Elles pondaient un nombre d'œufs relativement plus élevé et vivaient plus longtemps que celles alimentées par de l'eau ordinaire. D'ailleurs le nombre moyen le plus élevé d'œufs pondus par une seule femelle a été enregistré par les femelles alimentées à 5% de solution de sucre.

Meisner et al. (1974) ont découvert que les femelles de la teigne de la pomme de terre pondaient deux fois plus d'œufs lorsque leurs larves se nourrissaient de tubercules de pomme de terre au lieu de feuillage de pomme de terre.

En 1983, **Traynier** a constaté que le miel dilué permet à la teigne de la pomme de terre une fécondité élevée par rapport au miel pur.

D'ailleurs dans notre résultats au-delà de 10% de concentration en sucre, la fécondité diminue légèrement jusqu'à atteindre une fécondité de 68.75 ± 1.02 œufs à une concentration de 20% de sucre.

Ceci peut être expliqué, probablement par une difficulté d'absorption par la trompe des papillons à cause de la viscosité élevée de la solution sucrée (Traynier, 1983).

7.3.2 La température idéale pour l'élevage

7.3.2.1 Effet de la Température sur la longévité des adultes

Dans l'intervalle des températures testées (17 à 35°C), l'effet de la température sur la longévité des adultes est représenté par un histogramme (Fig. 34). L'analyse de la variance, a un facteur en fonction de la température, a révélé des différences très hautement significatives $F= 35.99$, ($p < 0.001$) (Annexe 01).

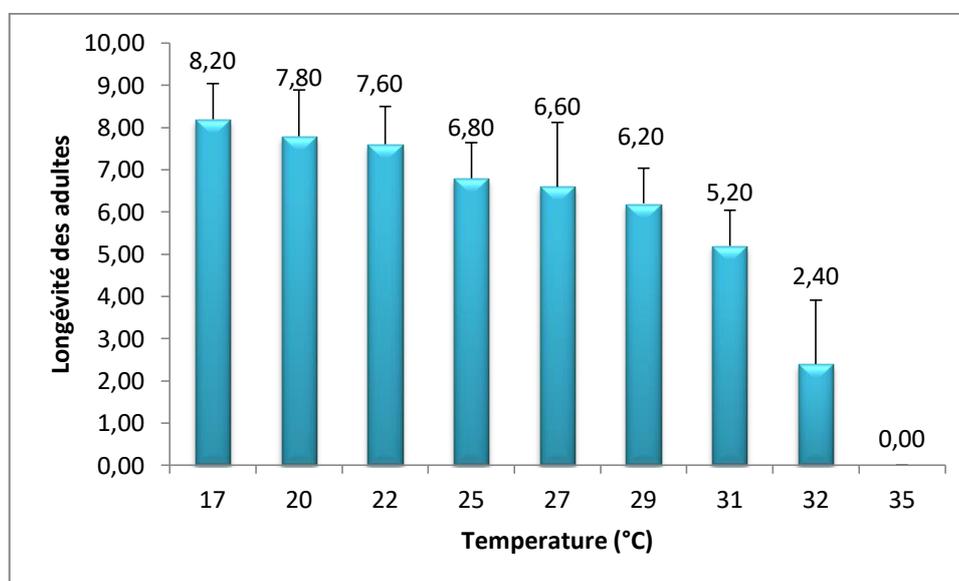


Figure 34 : Effet de la Température sur la longévité des adultes.

Dans la gamme des températures testées, la durée de vie des adultes diminue avec l'augmentation de la température. Elle est significativement plus courte à des températures élevée qu'à des températures basses. La plus longue est enregistrée à 17°C avec 8.2 ± 0.37 jours qui est 3.41 fois plus longue qu'à 32°C (soit 8.2 ± 0.37 contre 2.4 ± 0.68 jours). Ce qui signifie que la température devient de plus en plus importante pour le développement de l'insecte.

La température extrême qui est de 35°C s'est avérée mortelle, puisque la population n'a pas survécu.

Nos résultats se rapprochent de ceux trouvés par **Al-Ali et al. (1975)**, qui ont enregistré des mortalités à des températures extrêmes de 4 et 36°C.

Golizadeh et Zalucki (2012) ont bien démontré que la période de développement du stade immature entier (œuf jusqu'à la fin du stade nymphal) varie de 75,5 à 1.7 jours relativement de 16 ° C à 32 ° C.

Cardona et Oatman (1975), ont constaté que la teigne de la pomme de terre s'est développée à 95°F, mais cette température a causé la stérilité des mâles, empêchant ainsi la production de descendance.

Nos résultats concordent avec ceux trouvés par **Andreadis et al. (2017)**, qui ont constaté que le temps de développement, diminuait considérablement avec l'augmentation de la température dans la plage de 17,5 à 32,5°C. Et la longévité des adultes était significativement plus courte à des températures élevées (30 à 32,5°C) qu'à des températures basses (17,5 à 27,5°C)

7.3.2.2 Effet de la température sur la fécondité

Dans l'intervalle de températures testées (17 à 35°C), l'effet de la température sur la fécondité des femelles est représenté par un histogramme (**Fig. 35**). L'analyse de la variance a un facteur en fonction de la température, a révélé des différences très hautement significatives $F=395.9$, ($p<0.001$) (**Annexe 01**).

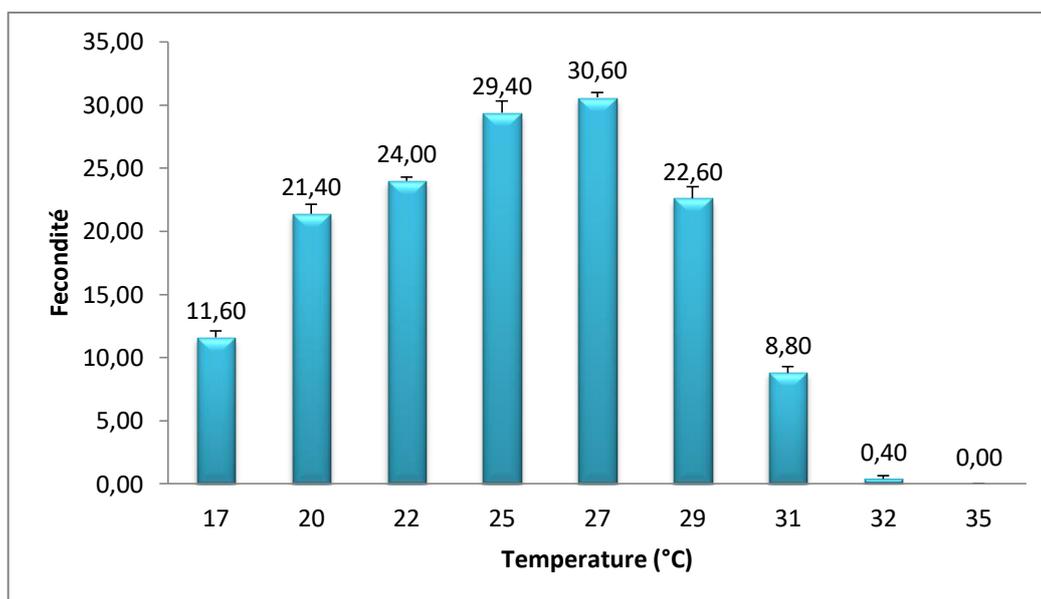


Figure 35 : Effet de la température sur la fécondité de la teigne.

Dans la gamme des températures testées, la température optimale pour la ponte, se situe entre 25 et 27°C. Le pic le plus important, pour la fécondité est enregistré à 27°C avec une fécondité de 30.6 ± 0.40 œufs.

Par contre la fécondité la plus élevée enregistrée par **Sporleder et al. (2004)** est autour de 21°C ; qui est une température basse par rapport à celle qu'on a trouvée.

Ce qui fait que la fécondité moyenne par individu est très sensible à la température, puisque celle-ci peut passer de 11.6 ± 0.51 œufs à 30.6 ± 0.40 œufs, en passant de 17°C à 27°C, et de 30.6 ± 0.40 œufs à 0 ± 0.00 œufs en augmentant la température au-delà de 27°C jusqu'à 35°C.

Plusieurs auteurs ont montré que la fécondité est variable en fonction de la température. (**Broodryk, 1971**) a rapporté que la température influence la ponte et même le développement. Aussi, les températures optimales pour la ponte se situent entre 20° et 30°C.

Nos résultats sont en parfait accord avec ceux de **Gamboa et Notz (1990)** qui ont trouvé qu'à 15 et 20°C, la ponte était, respectivement de 6,25 et 21,2 œufs.

7.4 Identification morphologique des isolats de *Rhizoctonia solani*

7.4.1 Observation macroscopique

Les isolats de *Rhizoctonia solani* sont isolés à partir de tubercules de pomme de terre, montrant les symptômes de Rhizoctone brun : présence de sclérotés brunâtre de forme et de taille variables adhérant à la surface de ces tubercules. Ces isolats montrent sur milieu PDA les caractéristiques morphologiques typiques de l'espèce de *Rhizoctonia solani*. Ces caractéristiques sont définies par **Parmeter (1970)** comme suit:

À la périphérie des colonies mycéliennes de ces isolats, on observe la formation d'amas mycéliens plus ou moins foncés, correspondant à des sclérotés (**Fig. 36**).



Figure 36: Les sclérotés formés sur boîte pétri.

Des changements progressifs de couleur clair vers des couleurs plus foncées (brun) (**Fig. 37**).

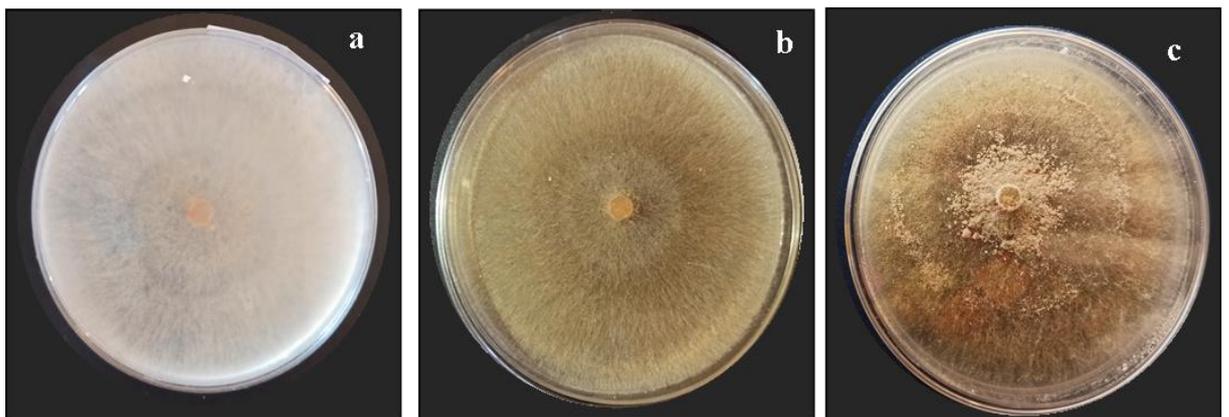


Figure 37 : Aspect macroscopique du *Rhizoctonia solani* sur le milieu PDA, a : colonie de 7 jours, b : colonie de 10 jours, c : colonie de 15 jours.

7.4.2 Observation microscopique

L'observation au microscope optique des isolats de *Rhizoctonia solani*, montre les caractéristiques typiques de l'espèce *Rhizoctonia solani* définies par : **Duggar (1915)**, **Parmeter (1970)**, et **Barnett et Hunter (1972)** (**Fig. 38**).

- Le mycélium est constitué d'hyphes relativement épais et parfois très cloisonnés.
- des ramifications plus ou moins à angle aigu, inclinées dans le sens de croissance (**Fig. 38a**).
- Ces hyphes ne présentent pas d'anses d'anastomose ; ce qui est une caractéristique propre au genre *Rhizoctonia*.
- Les hyphes montrent également, une constriction et une cloison transversale juste au niveau de la ramification, formant des septa, qui sont plus ou moins à angle droit (**Fig. 38c**).
- Chaque article mycélien est plurinucléé (**Fig. 38b**).
- Le mycélium âgé montre des cellules moniloides cylindriques (**Fig. 38d**).

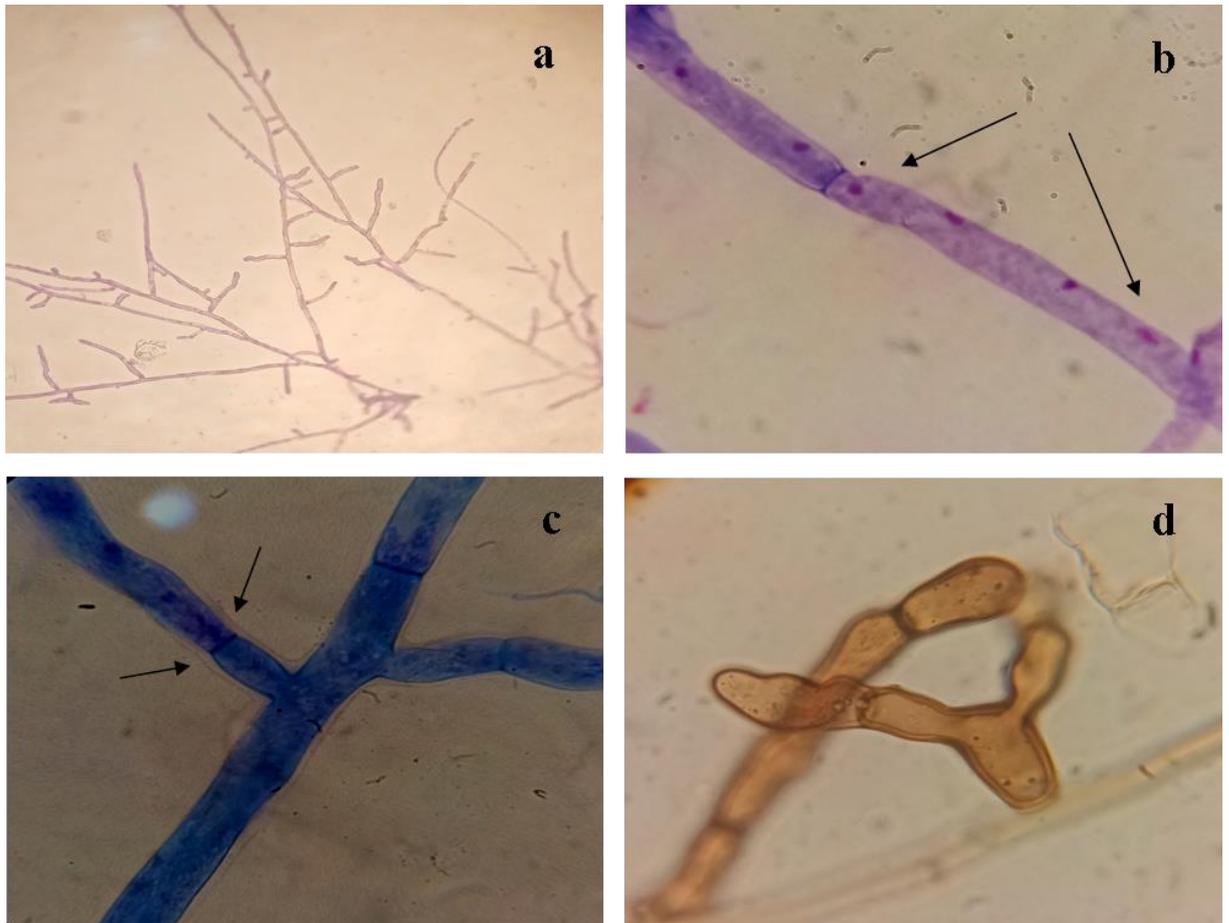


Figure 38: les aspects microscopique de *Rhizoctonia solani*, **a** : les ramifications du mycélium jeune plus ou moins à angle aigu, coloration éosine (X 40), **b** : hyphe de *Rhizoctonia solani* plurinucléés (flèches) coloration MGG (X100), **c** : pas d'anses d'anastomose et des septa, qui sont plus ou moins à angle droit (flèches) coloration bleu de méthylène (X100), **d** : des cellules moniloides cylindriques de *Rhizoctonia solani* (X100).

7.5 Résultats des activités biologiques des extraits

Les activités biologiques étudiées in vitro sont : l'activité antioxydante, l'activité larvicide, l'activité ovicide, activité de la ponte et l'activité antifongique.

7.5.1 Activité antioxydante par piégeage du radical libre DPPH

L'activité antioxydante des extraits aqueux d'*Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba* a été évaluée par la méthode de DPPH et sont représentés par les **figures 39**,

40, 41, et 42, exprimés par le pourcentage d'inhibition, en fonction de la concentration des extraits.

D'après les résultats obtenus, on conclue que le pourcentage de l'inhibition du radical libre, augmente avec l'augmentation des concentrations des extraits aqueux.

La concentration inhibitrice à 50 % (IC_{50}) qui correspond à la concentration nécessaire pour inhiber ou réduire 50 % de la concentration initiale du DPPH, a été calculée en fonction des différentes concentrations d'extraits.

Les IC_{50} des extraits analysés sont indiqués dans le **tableau 14**.

Tableau 14 : Valeurs des IC_{50} des différents extraits des plantes étudiées.

Plante	IC_{50} (mg/ml)	R^2
<i>Ammoides verticillata</i>	$0,028 \pm 0.001$	0.97
<i>Phlomis crinita</i>	$0,037 \pm 0.002$	0.99
<i>Reseda alba</i>	$0,21 \pm 0.01$	0.93
Acide ascorbique	0.021 ± 0.001	0.96

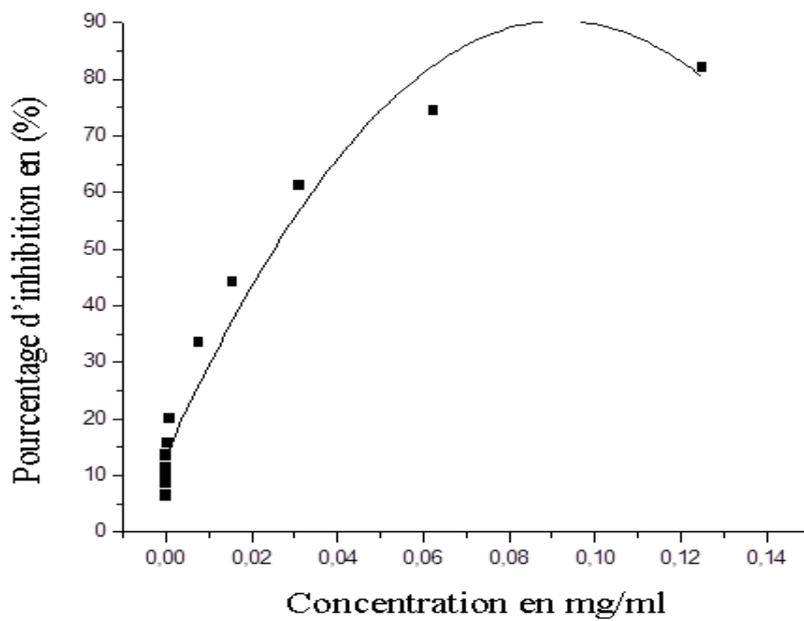


Figure 39 : Pourcentage d'inhibition de DPPH par l'acide ascorbique.

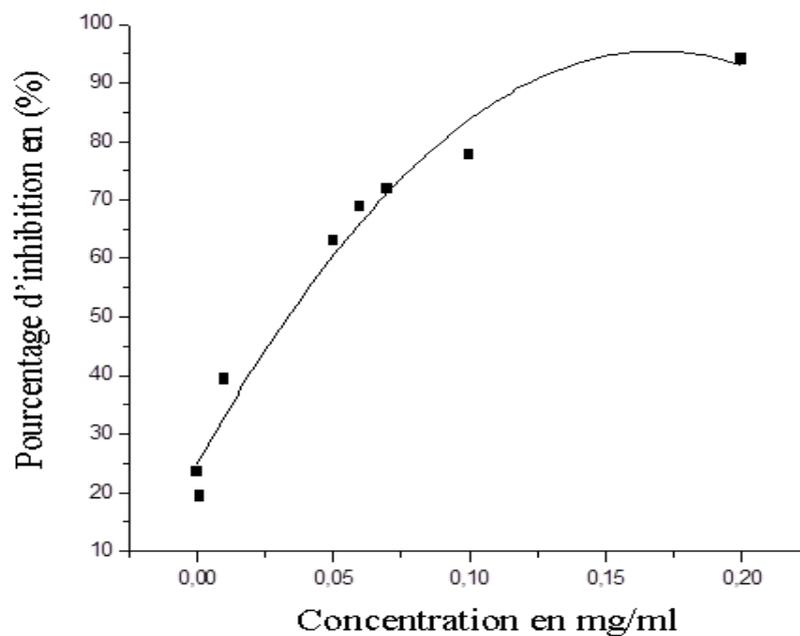


Figure 40 : Pourcentage d'inhibition de DPPH par les extraits d'*Ammodendron verticillata*.

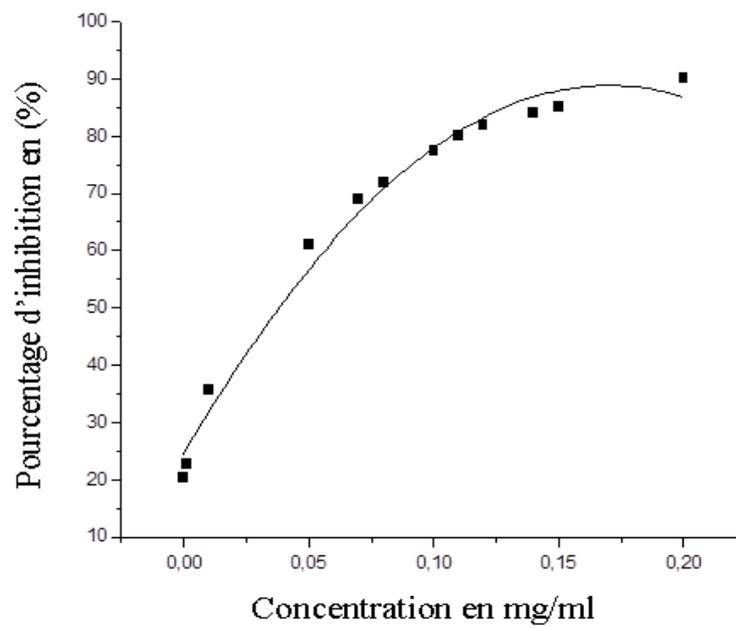


Figure 41: Pourcentage d'inhibition de DPPH par les extraits de *Phlomis crinita*.

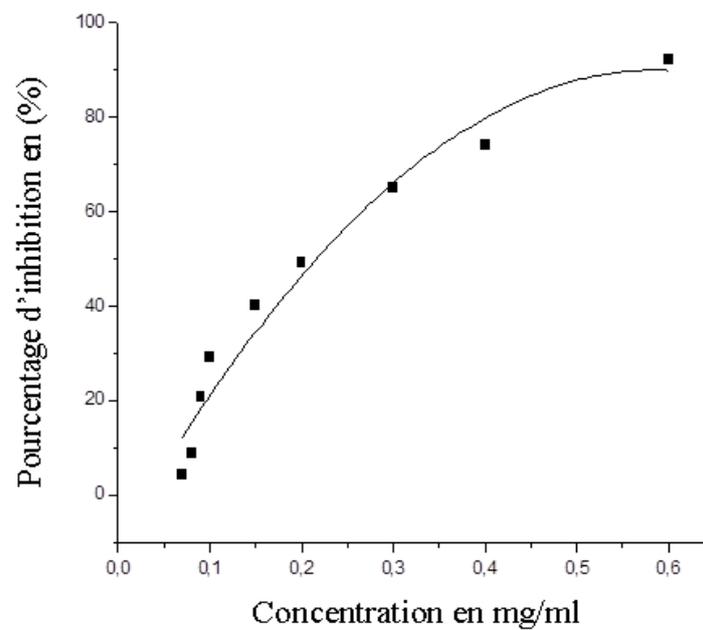


Figure 42 : Pourcentage d'inhibition de DPPH par les extraits de *Reseda alba*.

En présence d'un radical libre DPPH, l'atome H est transféré sur ce dernier pour le transformer en une molécule stable DPPH. Ceci provoque une diminution de la concentration du radical libre et également l'absorbance au cours du temps de réaction jusqu'à l'épuisement de l'antioxydant, donneur d'hydrogène (**Khoudali et al., 2014**).

L'analyse de la variance des IC₅₀ des extraits a révélé une différence très hautement significatifs entre les trois plantes ($p < 0.001$) (**Annexe 01**).

Une IC₅₀ faible, représente l'activité anti radicalaire la plus élevée. Dans ce contexte l'ensemble des extraits, révèle des propriétés anti radicalaires intéressantes ; notamment, l'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* qui a enregistré le pouvoir antioxydant le plus élevée (IC₅₀ = 0,028 ± 0.001 mg/ml) qui se rapproche de celui de l'acide ascorbique avec IC₅₀ de 0.021 ± 0.001 mg/ml.

Ces résultats témoignent de la présence de quantité élevée en polyphénols et cela peut être la raison de son activité antioxydante. Ces polyphénols peuvent exercer une action de piégeage des radicaux libres en raison des propriétés redox de leur groupes hydroxyles et de leur structure chimique (**Burda et Oleszek, 2001**).

Ces résultats concordent avec d'autres travaux ; en effet **Mohamed Said et Benmansour (2018)** ont trouvé par la méthode de DPPH une IC₅₀ de 0,020 mg.ml/1 en étudiant l'effet antioxydant de l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata*.

D'autres auteurs ont également trouvé des résultats similaires; une IC₅₀ de 23.31 µg/ml pour l'extrait hydro alcoolique d'*Ammoides atlantica* (**Benteldjoune et al., 2019**) et une IC₅₀ de 31.69±0.26 µl/ml pour l'extrait éthanolique d'*Ammoides verticillata* (**Bendjabeur, 2019**).

Par ailleurs, selon **Ziani et al. (2015)**, l'infusion de *Ptychotis verticillata*, affichent un bon pouvoir antioxydant avec (IC₅₀=0,0422mg/ml).

Le deuxième extrait *Phlomis crinita*, présente une activité antioxydante très importante avec IC₅₀ de 0.037mg/ml. Tandis qu'en 2017 (**Gaamoune et al.**) a enregistré pour la même plante, une IC₅₀ de 18,74 ± 1,84 g/ml, qui reste faible par rapport à notre résultat.

Par contre pour l'extrait aqueux de *Reseda alba* se manifeste par d'IC₅₀ de 0.21 mg/ml, qui est élevée par rapport à celui de l'acide ascorbique utilisé comme contrôle positif. On déduit donc que l'extrait aqueux de *Reseda alba* a enregistré le pouvoir antioxydant le

plus faible. Par ailleurs **Berrehal et al. (2010)** ont étudié deux espèces de *Reseda* sur deux extraits différents, méthanolique et n-butanolique. Il s'est avéré que l'extrait n-butanolique de *Reseda villosa* présente une activité antioxydante IC_{50} de $209 \pm 0.6 \mu\text{g/ml}$ qui est trop proche de notre résultat.

7.5.2 Activité larvicide par méthode de trempage des pommes de terre

À notre connaissance, au niveau du bassin de la méditerranée, il s'agit du premier travail qui consiste à examiner l'efficacité insecticide de ces trois extraits de plantes endémiques *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba* contre la teigne de la pomme de terre. Par ailleurs, il existe peu de références sur l'activité biologique de ces trois plantes.

7.5.2.1 Étude de la mortalité des larves

Le **tableau 15** montre le pourcentage de mortalité corrigée des larves. L'analyse de la variance a un facteur en fonction des doses a révélé des différences très hautement significatives pour tous les extraits contre les larves ($p=0.00$).

Tableau 15: Effets de trois extraits de plantes sur la mortalité des larves de *Phthorimaea operculella* (méthode de trempage des tubercules).

les extraits de plantes	Dose (%)	mortalité corrigées (%)
<i>Ammoides verticillata</i>	0.5	$23,08 \pm 2,11$ ***
	1	$41,47 \pm 1,67$ ***
	1.5	$69,9 \pm 2,59$ ***
	2	$100 \pm 0,00$ ***
<i>Phlomis crinita</i>	0.5	$16,39 \pm 2,12$ ***
	1	$51,50 \pm 1,67$ ***
	1.5	$64,89 \pm 2,24$ ***
	2	$79,93 \pm 2,59$ ***
<i>Reseda alba</i>	0.5	$49,83 \pm 2,59$ ***
	1	$51,50 \pm 1,67$ ***
	1.5	$66,56 \pm 3,34$ ***
	2	$88,30 \pm 3,08$ ***
Témoin		$3,33 \pm 2,11$

Chaque valeur représente la moyenne \pm SEM, ANOVA à un facteur suivi du test t de Dunnett, NS

$p > 0,05$, *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$ par rapport au témoin.

Les résultats obtenus montrent que le pourcentage de la mortalité des larves, augmente de manière significative avec l'augmentation de la dose des extraits appliqués par trempage des pommes de terre.

L'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* révèle une protection complète des tubercules à la très haute dose, où est atteint $100 \pm 0,00$ % de mortalité des larves ; suivis de *Phlomis crinita* et *Reseda alba* où, la mortalité est de $79,93 \pm 2,59\%$ et $88,30 \pm 3,08\%$ respectivement. À la plus faible dose 0.5%, la mortalité est de $23,08 \pm 2,11\%$, $16,39 \pm 2,12$ %, $49,83 \pm 2,59$ % pour *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba*, respectivement.

Les valeurs CL_{50} obtenues à partir de la courbe de régression log-dose et probit de pourcentage de mortalité corrigé (CM %) (**Annexe 02**), selon **Miller et Tainter (1944)** sont montrées dans le **tableau 16**.

L'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* a enregistré une CL_{50} et une CL_{90} de 0.93% et 2.07 % respectivement. L'extrait aqueux de *Phlomis crinita* a enregistré une CL_{50} et une CL_{90} de 1.05% et 2.93 % respectivement. L'extrait aqueux de *Reseda alba* a enregistré une CL_{50} et une CL_{90} de 0.64% et 3.98 % respectivement.

Tableau 16 : Valeurs des CL_{50} et CL_{90} pour les trois extraits chez les larves de *Phthorimaea operculella*. (Méthode de trempage des tubercules).

Plante	CL_{50} (95% intervalles de confiance) (%)	CL_{90} (95% intervalles de confiance) (%)	Équation	R^2
<i>Ammoides verticillata</i>	0,93	2,07	$Y=0,04+2,54*X$	0,94
<i>Phlomis crinita</i>	1,05	2,93	$Y=0,07+2,9*X$	0,99
<i>Reseda alba</i>	0,64	3,98	$Y=0,33+1,77*X$	0,7

De même, (**Erdoğan et A Hassan, 2018**) notent que deux insecticides botaniques (Gamma-T-ol et Fungatol), ont montré un effet significatif ; la mortalité a été remarquée rapidement, en effet 10% de mortalité des larve de la teigne de pomme de terre ont été constatés au bout de 5 minutes de traitement seulement.

Dans une autre étude, il a été déterminé que la poudre de fleur de clou de girofle était la plus efficace contre les larves de *Phthorimaea operculella*, suivi par la poudre de fleurs de

santonica et la poudre de graines de poivre noir, réduisant ainsi les dommages (Abd El-Hamed *et al.*, 2011).

Une étude récente, affirme que trois huiles essentielles de *d'Artemisia absinthium*, *Achillea millefolium* et *Artemisia dracuncululus*, provoquent une réduction de la pénétration larvaire du premier stade par rapport au témoin ($p < 0.05$) et un effet ovicide de CL50 de 2,60, 2,36 et 1,08 $\mu\text{l} / \text{l}$ d'air, respectivement (Naghizadeh *et al.*, 2019).

De même l'étude des poudres séchées des fruits mûrs *Lindera neesiana* et des rhizomes *d'Acorus calamus*, ont montré que leurs effets persistent pendant de longues périodes ; ce qui entraîne un pourcentage élevé de mortalité des larves et moins d'émergence d'adultes en première génération (Niroula et Vaidya, 2004).

À cet égard, le traitement des tubercules de pomme de terre avec *Myristica* et α -Ionone, a provoqué initialement 82,6 et 83% de mortalité larvaire respectivement (Aziza *et al.*, 2014).

L'efficacité de nos extraits étudiés, est confirmée par d'autres études effectuées sur d'autres espèces ; dont *Ammoides verticillata* qui possède un effet insecticide élevé contre la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae* (Senouci *et al.*, 2019).

De même, pour le genre *Phlomis*, les propriétés insecticides présentent une activité prometteuse contre les insectes ravageurs des denrées stockées *Tribolium confusum* et *Sitophilus* (El Mokni *et al.*, 2019).

7.5.2.2 Étude de la production de la descendance

Le **tableau 17** montre le pourcentage de descendance (nymphe et adulte). L'analyse de la variance a un facteur en fonction des doses, a révélé des différences très hautement significatives pour tous les extraits contre la descendance ($P=0.00$) (**Annexe 01**).

Les résultats obtenus montrent que le pourcentage des descendances varie en fonction de la concentration des extraits appliqués, par trempage des pommes de terre.

Tableau 17: Effets de trois extraits de plantes sur la descendance de *Phthorimaea operculella* (méthode de trempage des tubercules).

les extraits de plantes	Dose (%)	nymphose (%)	Émergence (%)
<i>Ammoides verticillata</i>	0.5	73,8 ± 0,76 ***	69,63 ± 2,35 ***
	1	51,67 ± 1,67 ***	42,77 ± 3,39 ***
	1.5	26,37 ± 5,44 ***	20,82 ± 6,71 ***
	2	0 ± 0,00 ***	0 ± 0,00 ***
<i>Phlomis crinita</i>	0.5	82,42 ± 3,52 NS	63,9 ± 0,89 NS
	1	76,67 ± 6,15 NS	55,83 ± 5,54 *
	1.5	62,52 ± 4,17 *	52,78 ± 5,13 *
	2	30,55 ± 10,02 ***	22,22 ± 10,24 ***
<i>Reseda alba</i>	0.5	40,55 ± 2,18 ***	33,05 ± 3,56 ***
	1	20,83 ± 0,83 ***	7,5 ± 4,79 ***
	1.5	0 ± 0,00 ***	0 ± 0,00 ***
	2	0 ± 0,00 ***	0 ± 0,00 ***
Témoin		91,48 ± 1,71	91,48 ± 1,71

Chaque valeur représente la moyenne ± SEM, ANOVA à un facteur suivi du test t de Dunnett, NS $p > 0,05$, *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$ par rapport au témoin.

La production de descendance, (nymphe et adulte) ; dès la dose de 1.5 % a eu un effet significatif pour *Reseda alba* qui a freiné complètement l'apparition de descendance causée par l'alimentation des larves sur les tubercules traités par l'extrait de cette plante. Néanmoins, même à cette dose, pour *Ammoides verticillata* et *Phlomis crinita*, la production de descendance est inférieure à celle du témoin (91,48±1,71%), avec des pourcentages de 26.37± 5,44% et 62.52± 4,17 % respectivement (**Tab. 17**).

Dans une autre étude similaire, la nymphose des larves pénétrantes de la teigne de la pomme de terre était également réduite, en particulier à 1,5% de concentration, atteignant 3,3% , 20% et 40% pour la cardamome, le romarin et la terpinine, respectivement (**Moawad et Ebadah, 2007**).

la sensibilité de l'insecte peut évoluer en fonction de son stade de développement (**Regnault-Roger, 2005**) .

En conséquence, la sélectivité et la spécificité permettent aux molécules allélochimiques végétales d'agir à des moments déterminés sur les espèces ciblées (**Regnault-Roger, 2008**).

Ces composés peuvent fonctionner comme répulsifs ou avoir des effets mortels ou encore , agir comme un anti-aliment, un inhibiteur ou perturbateur de croissance (**Sporleder et Lacey, 2013**).

7.5.2.3 Indice de dommage des tubercules

Le **tableau 18** montre la moyenne de l'indice de dommage des tubercules causé par la teigne de la pomme de terre. Les résultats indiquent clairement, que tous les extraits sont très hautement significatifs ($p < 0.001$).

Les degrés variables de l'Indice de dommage, varient de 0 ± 0.00 à $23.33 \pm 2,10$ contre 30 ± 0.00 tunnels/tubercule pour le témoin (non traité).

Ce qui concorde avec d'autres études ; les feuilles de *Lantana aculeata* qui fournissent la plus grande protection aux tubercules, réduisent ainsi les dommages de plus de 70% (**Lal, 1987**) .

Avec le traitement des tubercules par l'extrait *Phlomis crinita*, la moyenne d'indice des dommages, a diminué de $23.33 \pm 2,10$ tunnels / tubercule à la concentration de 0.5%, pour atteindre $3.33 \pm 2,10$ tunnels / tubercule à la plus haute dose de 2% d'extrait.

Pour *Reseda alba*, la moyenne de l'indice des dommages, a diminué de 13.33 ± 2.10 tunnels / tubercule à la concentration de 0.5%, pour atteindre 1.66 ± 1.66 tunnels / tubercule à la plus haute dose de 2% d'extrait.

Par contre, pour *Ammoides verticillata*, la moyenne de l'indice des dommages a diminué de 18.33 ± 3.07 tunnels / tubercule à la concentration de 0.5%, pour atteindre 0.00 ± 0.00 tunnels / tubercule à la plus haute dose de 2% d'extrait (**Tab. 18**)

Tableau 18 : Indice de dommages des tubercules de pomme de terre traités par trois extraits de plantes, par méthode de trempage des tubercules.

les extraits de plantes	Dose (%)	ID (indice de dommage) tunnels/tubercule
<i>Ammoides verticillata</i>	0.5	18,33 ± 3,07***
	1	15,00 ± 2,23***
	1.5	3,33 ± 2,10***
	2	0,00 ± 0,00***
<i>Phlomis crinita</i>	0.5	23,33 ± 2,10*
	1	16,66 ± 2,10***
	1.5	10,00 ± 0,00***
	2	3,33 ± 2,10***
<i>Reseda alba</i>	0.5	13,33 ± 2,10***
	1	11,66 ± 1,66***
	1.5	6,66 ± 2,10***
	2	1,66 ± 1,66***
Témoin		30,00 ± 0,00

Chaque valeur représente la moyenne ± SEM, ANOVA à un facteur suivi du test t de Dunnett, NS $p > 0,05$, *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$ par rapport au témoin.

Dans des travaux similaires et selon un traitement avec de l'huile de *Mentha citrata*, l'indice moyen de dommage des tubercules, a diminué de $25,8 \pm 1,6$ tunnels / tubercule à $0,0125$ ml / 500 ml, jusqu'à atteindre $4,1 \pm 1,6$ tunnels / tubercule $0,05$ ml / 500 ml (Aziza et al., 2014) . Une tendance presque similaire a été atteinte dans le cas de *Lantana camara* avec seulement 1,08% d'infestation suivi de *Sapindus* spp 3,41% et *Ruta graveolens* 4,38% (Thakur et Chandla, 2013).

Une étude précédente a enregistré un indice de dégâts des tubercules de pomme de terre traités avec des poudres de la coriandre et le zygophyllum qui ont assuré une protection complète des tubercules traités (zéro ID) (Sharaby et Fallatah, 2019).

Ce qui concorde avec nos résultats, l'extrait le plus efficace qui a donné l'indice le plus bas de dommages aux tubercules est causé par *l'Ammoides verticillata*, qui semble donner une protection complète des tubercules traités (zéro ID), suivi de *Reseda alba* et *Phlomis crinita* à $1,66 \pm 1,66$, $3,33 \pm 2,10$ tunnels/tubercule respectivement.

7.5.3 Activité larvicide par méthode de trempages des larves

7.5.3.1 Étude de la mortalité des larves

Le **tableau 19**, montre le pourcentage de mortalité corrigée des larves. L'analyse de la variance à un facteur en fonction des doses, a révélé des différences très hautement significatives pour tous les extraits contre les larves ($P < 0.001$) (**Annexe 01**).

Tableau 19 : Effets de trois extraits de plantes sur la mortalité des larves de *Phthorimaea operculella* (méthode de trempage des larves).

les extraits de plantes	Dose (%)	mortalité corrigées (%)
<i>Ammoides verticillata</i>	0.5	32,14 ± 2,25***
	1	41,07 ± 2,39***
	1.5	71,43 ± 2,25***
	2	100,00 ± 0,00***
<i>Phlomis crinita</i>	0.5	33,92 ± 1,78***
	1	55,35 ± 1,78***
	1.5	73,21 ± 2,39***
	2	96,43 ± 2,25***
<i>Reseda alba</i>	0.5	50,00 ± 2,25***
	1	67,85 ± 2,76***
	1.5	87,50 ± 1,78***
	2	100 ± 0,00***
Témoin		6,66 ± 2,11

Chaque valeur représente la moyenne ± SEM, ANOVA à un facteur suivi du test t de Dunnett, NS $p > 0,05$, *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$ par rapport au témoin.

Les résultats obtenus montrent que le pourcentage de la mortalité des larves augmente de manière significative avec l'augmentation de la dose des extraits appliqués par trempage des larves.

Les deux extraits aqueux, *Ammoides verticillata* et *Reseda alba*, a la haute dose ont causé la mortalité totale des larves, suivi de *Phlomis crinita* de 96,43 ± 2,25 %; comparable à 6,66 ± 2,11 % de mortalité pour le témoin. Et à la plus basse dose de 0.5%, la mortalité est de

32,14 ± 2,25 %, 33,92 ± 1,78 %, 50,00 ± 2,25 % pour *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba* respectivement.

Les extraits obtenus d'*Achillea wilhelmsii* et *Tanacetum parthenium* ont montré 82% et 87% de mortalité respectivement à 12% de concentration. Par contre l'extrait de *Leptospermum petersonii* a montré l'effet le plus élevé, soit 100% de mortalité des larves à une faible concentration d'extrait de 0,4% (Erdogan et Yilmaz, 2018).

Et parmi les travaux faits par Segovia-Romani *et al.* (2003), les espèces qui ont provoqué une plus grande mortalité des larves sont *Erythrina edulis*, *Paranephelus uniflorus* et *Salvia stypheles*.

Le tableau 20, montre CL₅₀ et CL₉₀ des larves obtenues à partir de la courbe de régression log-dose et probit de pourcentage de mortalité corrigé (Annexe 02).

Tableau 20 : Valeurs des CL₅₀ et CL₉₀ pour les trois extraits chez les larves de *Phthorimaea operculella*. (Méthode de trempage des larves)

Plante	Dose CL ₅₀ (%)	Dose CL ₉₀ (%)	Équation	R ²
<i>Ammoides verticillata</i>	0,86	2,17	Y=0,04+2,01*X	1
<i>Phlomis crinita</i>	0,77	2,13	Y=0,39+3,34*X	1
<i>Reseda alba</i>	0,56	1,53	Y=0,63+2,32*X	1

L'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* a enregistré une CL₅₀ et une CL₉₀ de 0.86% et 2.17 % respectivement. L'extrait aqueux de *Phlomis crinita* a enregistré une CL₅₀ et une CL₉₀ de 0.77% et 2.13 % respectivement. L'extrait aqueux de *Reseda alba* a enregistré une CL₅₀ et une CL₉₀ de 0.56% et 1.53 % respectivement. On déduit donc que *Reseda alba* présente la dose létale la plus réduite, qui cause la mortalité de 50% des larves.

Mohammadi *et al.* (2021), visaient à étudier la toxicité orale des différents extraits de *Achillée millefeuille* et *Marrubium vulgare* contre les larves de la teigne des tubercules de pommes de terre. Les résultats ont révélé que les extraits aqueux et à l'acétate d'éthyle

d'*Achillea millefolium* présentaient le plus et le moins de toxicité vis-à-vis du 1^{er} stade larvaire, avec des valeurs de CL₅₀ de 2,96 et 44,03 gr/l respectivement.

7.5.3.2 Étude de la descendance

Le **tableau 21** montre le pourcentage de descendance (nymphe et adulte). L'analyse de la variance à un facteur en fonction des doses, a révélé des différences très hautement significatives pour tous les extraits contre la descendance ($P=0.00$) (**Annexe 01**).

Reseda alba à la dose de 1.5 % a eu un effet significatif sur la nymphose, qui a freiné complètement l'apparition des nymphes et des adultes. Tandis qu'*Ammoides verticillata* et *Phlomis crinita* arrivent à $30,53 \pm 6,68\%$ et $75,01 \pm 8,33\%$ de nymphose respectivement, et ont montré presque la même tendance pour l'émergence des adultes (**Tab. 21**).

Tableau 21: Effets de trois extraits de plantes sur la descendance de *Phthorimaea operculella* (méthode de trempage des larves).

les extraits de plantes	Dose (%)	nymphe (%)	Émergence (%)
<i>Ammoides verticillata</i>	0.5	89,66 ± 3,29NS	84,50 ± 3,73NS
	1	55,00 ± 2,23***	45,00 ± 2,23***
	1.5	30,53 ± 6,68***	22,20 ± 7,02***
	2	0,00 ± 0,00***	0,00 ± 0,00***
<i>Phlomis crinita</i>	0.5	94,66 ± 3,28NS	78,55 ± 3,06NS
	1	75,83 ± 0,83NS	55,83 ± 4,16*
	1.5	75,01 ± 8,33NS	41,65 ± 3,73**
	2	33,33 ± 21,08**	33,33 ± 21,08***
<i>Reseda alba</i>	0.5	43,33 ± 2,10***	39,16 ± 3,27***
	1	34,70 ± 3,34***	15,26 ± 6,93***
	1.5	0,00 ± 0,00***	0,00 ± 0,00***
	2	0,00 ± 0,00***	0,00 ± 0,00***
Témoin		94,81 ± 2,32	94,81 ± 2,32

Chaque valeur représente la moyenne ± SEM, ANOVA à un facteur suivi du test t de Dunnett, NS $p > 0,05$, *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$ par rapport au témoin.

Comparativement aux travaux similaires, la mortalité larvaire et nymphale, la plus élevée de la teigne de la pomme de terre, s'est produite lorsque les larves sont traitées avec 1,25% de l'huile de géranium (Adel *et al.*, 2015).

Soliman (2012) a constaté que l'extrait brut chloroformique de *Pulicaria incise* est très efficace avec une valeur CL₅₀ de 1,016 et même le pourcentage de nymphose a été affecté.

À cet égard l'extrait aqueux de Neem a été efficace pour prévenir 93,8% de la teigne des tubercules de la pomme de terre (Kroschel et Koch, 1996).

Majorana hortensis a affecté l'émergence d'insectes adultes des larves. La dose la plus élevée (0,2 ml) a induit des réductions significatives d'émergence d'adultes de tous les stades immatures traités, par rapport au témoin (Abd El-Aziz, 2011).

De plus, les extraits d'*Artemisia* sp et de *Rhizomes d'Acorus calamus* ont une capacité de réduire considérablement les dommages causés par la teigne de la pomme de terre (Giri *et al.*, 2013a).

Une étude met en évidence la toxicité des monoterpènes et des polyphénols, sur la bruche *Acanthoscelides obtectus* au stade adulte par inhalation. Ce qui provoque, soit la mort des insectes soit une diminution de leur activité reproductrice. Il apparaît que même une légère exposition aux vapeurs terpénique au début du développement larvaire a des conséquences sur le développement ultérieur des larves, même celles qui ont réussi à pénétrer au cotylédon (Huignard *et al.*, 2011).

7.5.4 Activité ovicide par méthode de trempage

7.5.4.1 Étude de l'éclosion et l'émergence

Le tableau 22 montre le pourcentage d'éclosion des œufs traités et des adultes émergés. L'analyse de la variance à un facteur en fonction des doses, a révélé des différences très hautement significatives pour tous les extraits ($p < 0.001$) contre les œufs du ravageur traité (Annexe 01).

Le pourcentage de l'éclosion des œufs de *Phthorimaea operculella*, a la concentration la plus faible des extraits aqueux des trois plantes (*Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba*) est de l'ordre de $71.90 \pm 7,05\%$, $73,97 \pm 1,38\%$ et $9,09 \pm 0,45\%$, ce qui a

entraîné une réduction modérée du pourcentage d'éclosion pour *Ammoides verticillata* et *Phlomis crinita* (Tab. 22).

De même, **Shelke et al. (1987)**, ont constaté qu'à faible concentration de 1%, les extraits de *Leptadenia reticulata* et de *Citrus aurantifolia* ne réduisent pas de manière significative l'éclosion des œufs.

Contrairement à l'extrait aqueux de *Reseda alba* qui a réduit le pourcentage de l'éclosion de $90,3 \pm 0,49\%$ à la dose de 0.5%.

Tableau 22 : Effets de certains extraits de plantes testés sur l'éclosion des œufs (méthode de trempage des œufs).

Les extraits de plantes	Dose (%)	l'éclosion (%)	Réduction (%)	Émergence (%)
<i>Ammoides verticillata</i>	0.5	$71,90 \pm 7,05^{**}$	$23,26 \pm 7,52^{**}$	$88,70 \pm 6,10^{NS}$
	1	$44,72 \pm 1,21^{***}$	$52,27 \pm 1,29^{***}$	$80,36 \pm 1,59^{**}$
	1.5	$0,00 \pm 0,00^{***}$	$100 \pm 0,00^{***}$	$0,00 \pm 0,00^{***}$
	2	$0,00 \pm 0,00^{***}$	$100 \pm 0,00^{***}$	$0,00 \pm 0,00^{***}$
<i>Phlomis crinita</i>	0.5	$73,97 \pm 1,38^{***}$	$21,06 \pm 1,48^{***}$	$83,56 \pm 5,19^{NS}$
	1	$31,11 \pm 1,38^{***}$	$66,80 \pm 1,48^{***}$	$66,16 \pm 10,31^{**}$
	1.5	$0,00 \pm 0,00^{***}$	$100 \pm 0,00^{***}$	$0,00 \pm 0,00^{***}$
	2	$0,00 \pm 0,00^{***}$	$100 \pm 0,00^{***}$	$0,00 \pm 0,00^{***}$
<i>Reseda alba</i>	0.5	$9,09 \pm 0,45^{***}$	$90,3 \pm 0,49^{***}$	$44,43 \pm 5,56^{***}$
	1	$0,00 \pm 0,00^{***}$	$100 \pm 0,00^{***}$	$0,00 \pm 0,00^{***}$
	1.5	$0,00 \pm 0,00^{***}$	$100 \pm 0,00^{***}$	$0,00 \pm 0,00^{***}$
	2	$0,00 \pm 0,00^{***}$	$100 \pm 0,00^{***}$	$0,00 \pm 0,00^{***}$
Témoin		$93,70 \pm 0,93$	-	$92,46 \pm 1,46$

Chaque valeur représente la moyenne \pm SEM, ANOVA à un facteur suivi du test t de Dunnett, NS $p > 0,05$, *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$ par rapport au témoin.

Il y a de nombreuses études sur l'effet ovicide des plantes sur les œufs de la teigne de la pomme de terre. Par exemple, **Aziza et al. (2014)** indiquent que, plus la concentration de l'huile est élevée, plus le pourcentage d'éclosion des œufs est faible. Cependant les vapeurs des huiles *Cymbopogon citratus* et *Myristica fragrans*, sont les plus efficaces, car peu

importe la concentration d'huile utilisée, elles provoquent une forte réduction du pourcentage d'éclosion des œufs.

De même, **Abd El-Aziz (2011)** a rapporté, que l'effet défavorable le plus fort sur l'éclosion des œufs était observé à des doses de 0,2, 0,1 et 0,05 ml pour l'huile essentielle de *marjolaine* ($P < 0,05$).

Nous constatons donc, que plus la concentration de l'extrait est élevée, plus le pourcentage d'éclosion des œufs est faible ; par conséquent, l'extrait de *Reseda alba* provoque une inhibition totale de l'éclosion des œufs (0%) à des concentrations de 1, 1.5 et 2%. Par contre les extraits *Ammoides verticillata* et *Phlomis crinita*, provoquent l'inhibition totale de l'éclosion, à des concentrations de 1.5 et 2% contre le témoin avec $93,70 \pm 0,93\%$ d'éclosion.

D'autres études, montrent que la ponte et l'éclosion des œufs sont affectées, même lorsque l'adulte est exposé à une certaine dose d'huile de zeste d'orange *Citrus sinensis* (L.) (**Sharaby, 1988**).

Moawad et Ebadah (2007) ont pulvérisé des œufs d'un jour avec 0,03 et 0,05% de concentration d'huile de cardamome. Ils ont enregistré les plus faibles pourcentages d'éclosion des œufs, soit 27% et 11%, respectivement; comparables à 83% pour le non traité.

Une tendance, presque similaire, a été atteinte dans le cas des extraits d'*eucalyptus camaldulensis* et *Heracleum persicum* pour CL_{50} qui sont respectivement de 7,07 et 6,95% (**Nouri Ganbalani et al., 2020**).

(**Sharma et al., 1997**) montrent que beaucoup d'autres extraits de plantes possèdent l'activité ovicide de divers solvants, y compris les extraits alcooliques de *Pinus roxburgii* et *Eucalyptus globulus*.

Le **tableau 23** représente les valeurs CL_{50} obtenues à partir de la courbe de régression log-dose et probit de pourcentage de réduction des œufs traité (**Annexe 02**).

Tableau 23 : Valeurs des CL₅₀ et CL₉₀ pour les trois extraits chez les œufs de *Phthorimaea operculella*. (Méthode de trempage des œufs).

plante	CL ₅₀ (95% intervalles de confiance) (%)	CL ₉₀ (95% intervalles de confiance) (%)	EQUATION	R ²
<i>Ammoides verticillata</i>	0,78	1,38	Y=0,06+2,58*X	0,94
<i>Phlomis crinita</i>	0,74	1,24	Y=0,43+4.12*X	0,99
<i>Reseda alba</i>	0,32	0,50	Y=3.69+7.94*X	0,7

L'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* a enregistré une CL₅₀ et une CL₉₀ de 0.78% et 1.38 % respectivement. L'extrait aqueux de *Phlomis crinita* a enregistré une CL₅₀ et une CL₉₀ de 0.74% et 1.24 % respectivement. L'extrait aqueux de *Reseda alba* a enregistré une CL₅₀ et une CL₉₀ de 0.32% et 0.50 % respectivement.

Les valeurs de concentration létale à 50 % (CL₅₀) pour les huiles essentielles de *Thymus caucasicus*, *Rosmarinus officinalis* et *Satureja hortensis* vis-à-vis des œufs de *Phthorimaea operculella* étaient respectivement de 5,99, 4,58 et 3,55 µl/l d'air (Nouri-Ganbalani *et al.*, 2021).

Les effets létaux des huiles essentielles de marjolaine, de basilic et de menthe ont été évalués sur *Phthorimaea operculella*. Les LC₅₀ étaient de (3,59, 2,53 et 2,37 µl/litre d'air, respectivement). L'huile essentielle de menthe avait la toxicité fumigante la plus élevée sur les œufs de *Phthorimaea operculella* par rapport aux autres huiles essentielles (Jafari *et al.*, 2021).

L'huile de thym possédait la plus forte toxicité fumigante contre les œufs avec une valeur de CL₅₀ de 6,1 l/l d'air (Tayoub *et al.*, 2016).

les valeurs de concentration létale à 50 % (CL₅₀) pour les huiles essentielles de *Thymus caucasicus*, *Rosmarinus officinalis* et *Satureja hortensis* ainsi que pour l'iodure de méthyle vis-à-vis des œufs de *Phthorimaea operculella* étaient respectivement de 5,99, 4,58, 3,55 et 0,29 µl/l d'air (Nouri-Ganbalani *et al.*, 2021).

7.5.5 Effet des extraits sur la ponte

7.5.5.1 Résultat de l'indice de stimulation de l'oviposition (OSI)

Les figures 43, 44 et 45 représentent l'indice de stimulation de l'oviposition des trois extraits aqueux *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba* vis-à-vis *Phthorimaea operculella*.

L'*Ammoides verticillata* a considérablement favorisé la ponte des femelles de *Phthorimaea operculella* à des concentrations ayant de 0.125% à 0.5%, mais significativement dissuadé la ponte à 1%, 1.5% et 2% (Fig. 43).

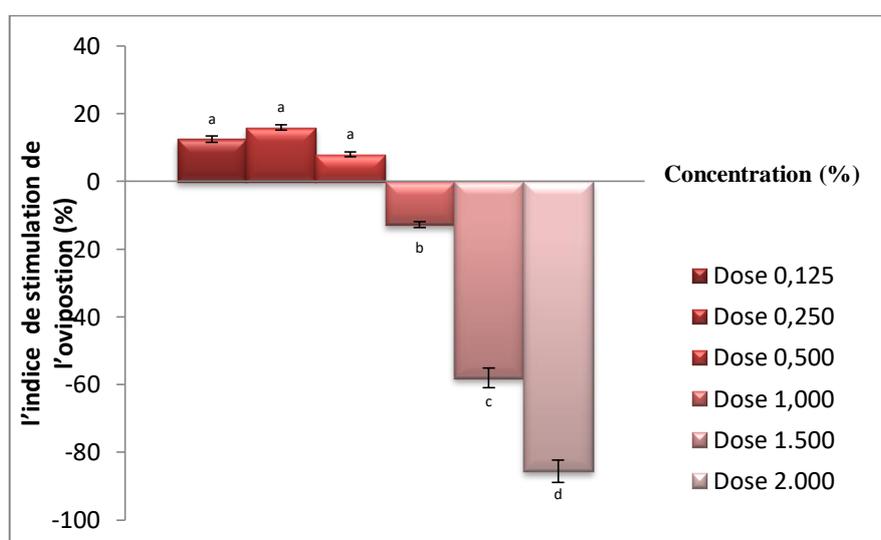


Figure 43 : Effet OSI de l'extrait aqueux *Ammoides verticillata*.

Différentes lettres au-dessus des barres d'erreur indiquent des différences significatives entre les combinaisons à le niveau de 0,05 ($n = 3$; homogénéité de la variance : $ddl1 = 2$, $ddl2 = 12$, $P = 0.007$; ANOVA : $F = 485.265$, $P = 0.000$).

L'extrait aqueux de *Phlomis crinita* à faible concentration, allant de 0.125 à 0.5%, a considérablement favorisé la ponte des femelles de *Phthorimaea operculella*, mais significativement dissuadé la ponte à 1%, 1.5 %, 2% (Fig. 44).

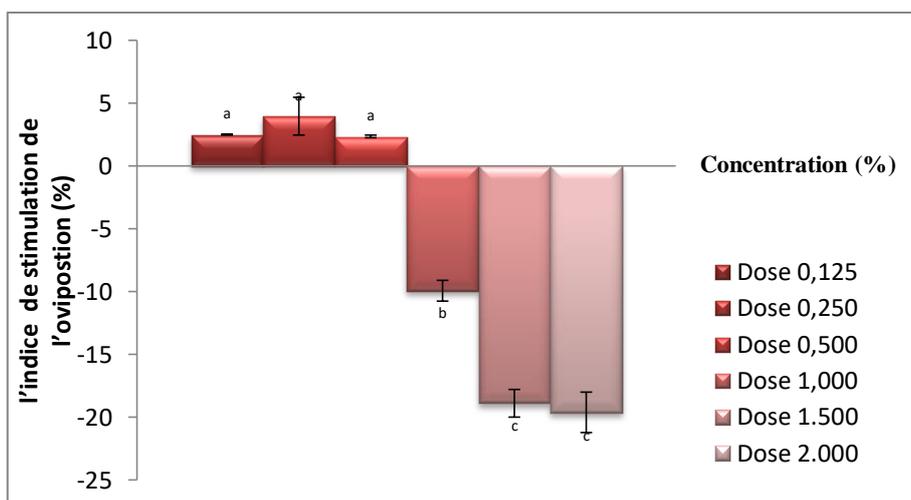


Figure 44 : Effet OSI de l'extrait aqueux *Phlomis crinita*.

Différentes lettres au-dessus des barres d'erreur indiquent des différences significatives entre les combinaisons à le niveau de 0,05 ($n = 3$; homogénéité de la variance : $ddl1 = 2$, $ddl2 = 12$, $P = 0.024$; ANOVA : $F = 106.037$, $P = 0.000$).

L'extrait aqueux de *Reseda alba*, a considérablement dissuadé la ponte à toutes les doses, allant de 0.125% à 2 % (**Fig. 45**).

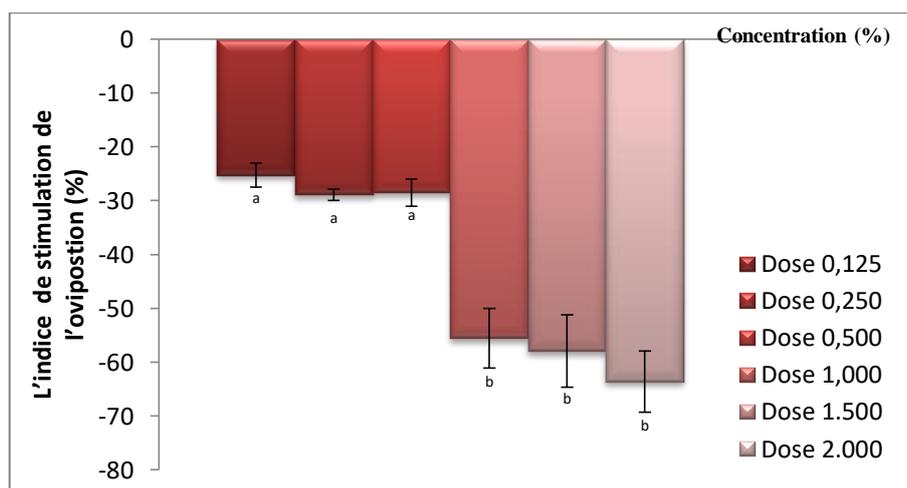


Figure 45 : Effet OSI de l'extrait aqueux *Reseda alba*.

Différentes lettres au-dessus des barres d'erreur indiquent des différences significatives entre les combinaisons à le niveau de 0,05 ($n = 3$; homogénéité de la variance : $ddl1 = 2$, $ddl2 = 12$, $P = 0.068$; ANOVA : $F = 15.222$, $P = 0.000$).

D'ailleurs en 1978, **Abdallah et De Wit** , ont déclaré que parmi les Résédacées, seules quelques dizaines qui souffraient d'attaques d'insectes ; donc ces plantes ont une tendance à repousser les insectes.

Thiéry et al. (2013), trouve que la balance entre stimuli positif et négatif, s'établirait au niveau du système nerveux central (SNC), en fonction de la relative importance des entrées sensorielles stimulantes et dissuasives.

La teneur des différents métabolites secondaires permettent de déterminer la zone de la ponte ; glycosides et quercitrine qui attirent les femelles du papillon et, par ailleurs certains flavonoïdes peuvent, parfois avoir un rôle attractif (**Städler, 2002; Macheix et al., 2005; Thiéry et al., 2013**).

Des stimulants importants peuvent survenir à des concentrations extrêmement faibles et les neurones récepteurs qui les perçoivent se sont révélés extrêmement sensibles (**Städler, 2002**). Les chimiorécepteurs olfactifs sont principalement, situés au niveau des antennes, mais dans certains diptères, ils sont situés sur les tarsi (**Hill, 2008**).

L'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* a donné l'OSI le plus positif et le plus négatif ; par conséquent, l'effet attractif a la ponte le plus élevé est à la dose de 0.250% avec OSI= +15.87% ± 0.79, et l'effet répulsif le plus élevé des trois extraits à la dose de 2% avec OSI= -85.57% ±3.31.

Contrairement à l'extrait *Majorana hortensis*, qui avait un effet dissuasif insignifiant sur l'activité de la ponte, les données ont montré, que même à la plus haute dose, la répulsion efficace de la ponte n'était que de 11,5% (**Abd El-Aziz, 2011**).

Des résultats similaires à nos résultats, l'huile de fraise s'avère être attractive pour les femelles de *Phthorimaea operculella* (+16,7%) (**Sharaby et al., 2009**). Et l'heptanal peut stimuler la ponte des femelles *Phthorimaea operculella* et avoir un effet attractif, à la concentration de 0,5 mg/l (**Xiong et al., 2021**).

De même **Ajamhasani et Salehi (2004)** a examiné l'effet de poudre de feuilles et de l'extrait à 5% de *Sambucus ebulus* , *Artemisia annua* et *Pterocarya fraxinifolia*, sur le taux de la ponte de la teigne de la pomme de terre. Ils ont rapporté que la poudre de feuilles et l'extrait de *Pterocarya fraxinifolia*, ont été les plus efficaces pour dissuader les femelles

pondeuses sur les tubercules de pomme de terre que les deux autres plantes, *Artemisia annua* et *Sambucus ebulus*.

Naghizadeh et al. (2016) ont testé les huiles essentielles d'absinthe, la millefeuille et d'estragon, sur *Phthorimaea operculella*. Les résultats ont montré que le nombre d'œufs pondus sur les tubercules traités par les deux premières huiles était significativement inférieur à celui des tubercules témoins.

Une combinaison de plusieurs extraits ; comme l'extrait d'acétone de *Glycosmis pentaphyllum*, combiné à des quantités égales d'extraits de *Catharanthus roseus*, *Salvadora oleododes* et *Breneya sp*, ont montré une augmentation significative de l'activité de dissuasion pour la ponte, contre *Phthorimaea operculella*, par rapport à l'activité des extraits individuels (**Deshpande et al., 1990**).

Des extraits de feuilles d'olivier ont été étudiés pour leur effet dissuasif, sur *Phthorimaea operculella*. L'effet dissuasif, le plus élevé de la ponte a été enregistré sur l'extrait d'acétone, avec un indice de dissuasion de 25,9%, 65,2% et 93,3% à 0,1, 1 et 10% de dose, respectivement (**Hamouda et al., 2015**).

L'hexanal, l'octanal, le nonanal et le 1-octène-3-ol, ont considérablement perturbé le comportement de ponte de la teigne de la pomme de terre, en fonction de la dose (**Anfora et al., 2014**).

De même, une huile à savoir *Cupressus sempervirens*, a montré une dissuasion de la ponte de 80,1% contre la teigne de la pomme de terre, tandis que l'huile de *Cymbopogon nardus* a provoqué une dissuasion de 45,7% de la ponte et *Cinnamomum verum* a présenté le moins de dissuasion qui est de 28% (**Morey et al., 2020**).

7.5.5.2 Résultats d'Effet de Push-Pull

La **figure 46**, présente la combinaison entre *d'Ammoides verticillata* (forte concentration, push) avec *Ammoides verticillata* (faible concentration, « pull » à plusieurs concentrations).

Les trois combinaisons ont montré l'effet Push-Pull élevé qui varie de $84.54 \pm 2.72\%$ à $93.49 \pm 3.25\%$. Donc Il n'y a pas de différences significatives entre les effets Push-Pull des trois combinaisons AA1, AA2 et AA3.

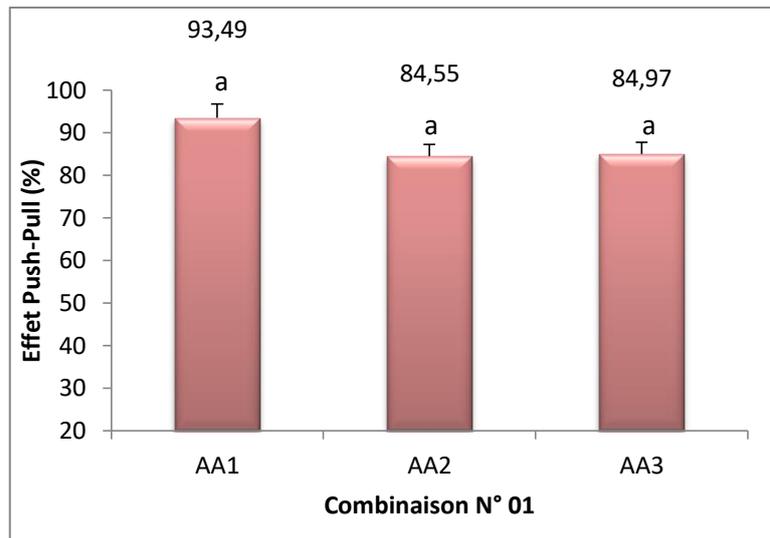


Figure 46 : Effet Push-Pull de la combinaison AA.

Différentes lettres au-dessus des barres d'erreur indiquent des différences significatives entre les combinaisons au niveau de 0,05 ($n = 3$; homogénéité de la variance : $ddl1 = 2$, $ddl2 = 6$, $p = 0.855$; ANOVA : $F = 2.976$, $p = 0.126$).

La **figure 47**, présente la combinaison entre *Ammoides verticillata* (forte concentration, push) et *Phlomis crinita* (faible concentration, « pull » à plusieurs concentrations).

AP1, une combinaison entre *Ammoides verticillata* (forte concentration, 2%) et *Phlomis crinita* (faible concentration, 0.125%) a montré l'effet Push-Pull le plus élevé avec une moyenne de $60 \pm 2.25\%$, ce qui est nettement supérieur aux effets Push-Pull d'AP2 et AP3 avec des effets push pull de $34.72 \pm 1.39\%$ et $34.04 \pm 0.71\%$ respectivement.

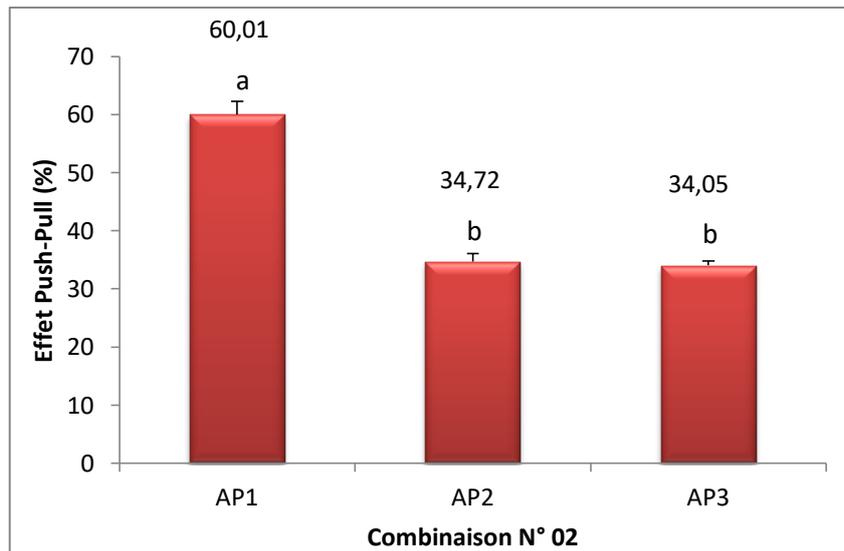


Figure 47 : Effet Push-Pull de la combinaison AP.

Différentes lettres au-dessus des barres d'erreur indiquent des différences significatives entre les combinaisons au niveau de 0,05 ($n = 3$; homogénéité de la variance : $ddl1 = 2$, $ddl2 = 6$, $p = 0.119$; ANOVA : $F = 87.033$, $p = 0.000$).

La **figure 48**, présente la combinaison entre *Phlomis crinita* (forte concentration, push) et *Ammoides verticillata* (faible concentration, « pull » à plusieurs concentrations).

PA1, une combinaison entre *Phlomis crinita* (2%) et *Ammoides verticillata* (0.125%), a montré l'effet Push-Pull le plus élevé avec une moyenne de $39.23 \pm 1.16\%$, suivie par les deux combinaisons PA2 et PA3 avec des effets Push-Pull de $37.89 \pm 0.75\%$ et $33.98 \pm 0.65\%$ respectivement.

Il n'existe pas de différences significatives dans les effets push-pull des combinaisons de *Phlomis crinita* avec d'autres concentrations d'*Ammoides verticillata*.

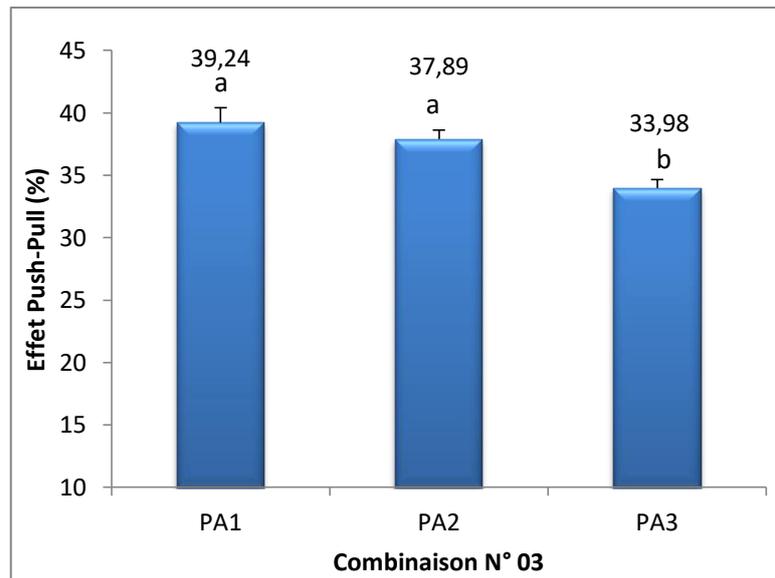


Figure 48 Effet Push-Pull de la combinaison PA.

Différentes lettres au-dessus des barres d'erreur indiquent des différences significatives entre les combinaisons au niveau de 0,05 ($n = 3$; homogénéité de la variance : $ddl1 = 2$, $ddl2 = 5$, $p = 0.795$; ANOVA : $F = 5.317$, $p = 0.052$).

La **figure 49** présente la combinaison entre *Phlomis crinita* (forte concentration, push) et *Phlomis crinita* (faible concentration, « pull » à plusieurs concentrations).

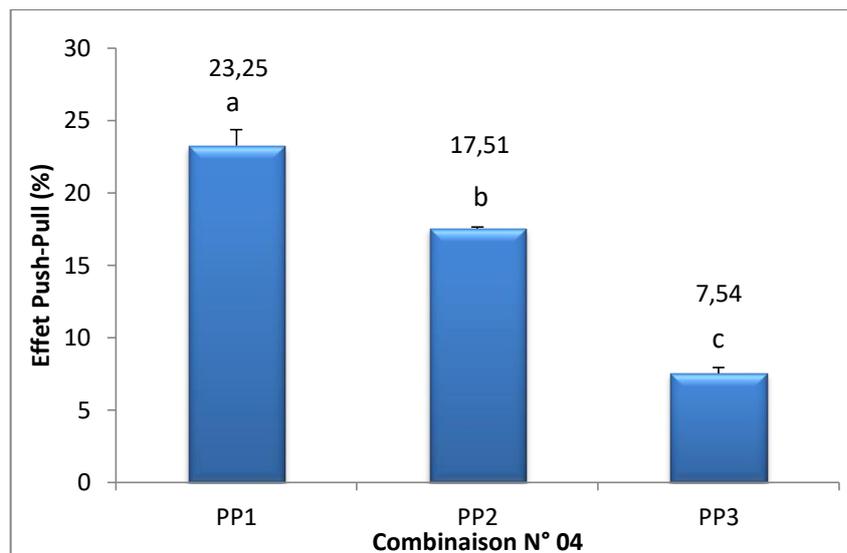


Figure 49 : Effet Push-Pull de la combinaison PP.

Différentes lettres au-dessus des barres d'erreur indiquent des différences significatives entre les combinaisons au niveau de 0,05 ($n = 3$; homogénéité de la variance : $ddl1 = 2$, $ddl2 = 6$, $p = 0.099$; ANOVA : $F = 136.103$, $p = 0.000$).

Parmi ces combinaisons, le pic est enregistré à la combinaison PP1 qui a donné l'effet Push-Pull le plus fort, atteignant en moyenne $23.24 \pm 1.10\%$. Ce qui est nettement supérieur aux effets Push-Pull des combinaisons PP2 et PP3 avec un effet de $17.51 \pm 0.13\%$ et $7.53 \pm 0.39\%$ respectivement.

La **figure 50**, présente la combinaison entre deux plantes *Reseda alba* (forte concentration, push) et *Ammoides verticillata* (faible concentration, « pull » à plusieurs concentrations).

La combinaison RA1 de *Reseda alba* (2 %) et *Ammoides verticillata* (0.125%) a donné l'effet Push-Pull le plus fort qui a atteint une moyenne de $51.85 \pm 1.85\%$; ce qui est nettement supérieur aux effets de PR2 et PR3 avec des effets Push-Pull de $38.68 \pm 0.22\%$ et $33.87 \pm 1.42\%$ respectivement.

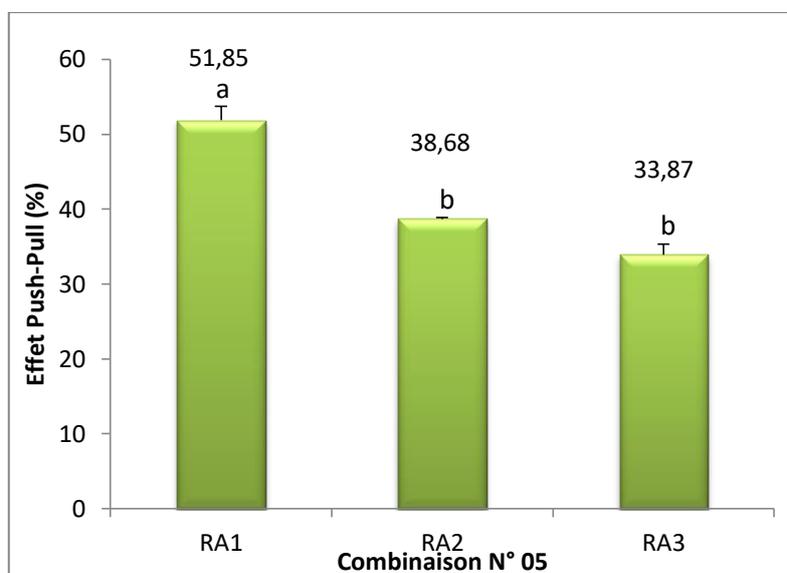


Figure 50 : Effet Push-Pull de la combinaison RA.

Différentes lettres au-dessus des barres d'erreur indiquent des différences significatives entre les combinaisons au niveau de 0,05 ($n = 3$; homogénéité de la variance : $ddl1 = 2$, $ddl2 = 6$, $p = 0.034$; ANOVA : $F = 47.265$, $p = 0.000$).

La **figure 51**, présente la combinaison entre deux plantes ; *Reseda alba* (forte concentration, push) et *Phlomis crinita* (faible concentration, « pull » à plusieurs concentrations).

La combinaison RP1 de *Reseda alba* (2%) et *Phlomis crinita* (0.125%) a donné l'effet Push-Pull le plus fort qui a atteint une moyenne de $67.78 \pm 1.11\%$, suivie par la combinaison RP2 avec un effet Push-Pull presque similaire de $65.76 \pm 1.40\%$. Tandis que la plus faible est enregistrée à la combinaison RP3 avec une moyenne de $38.93 \pm 1.63\%$.

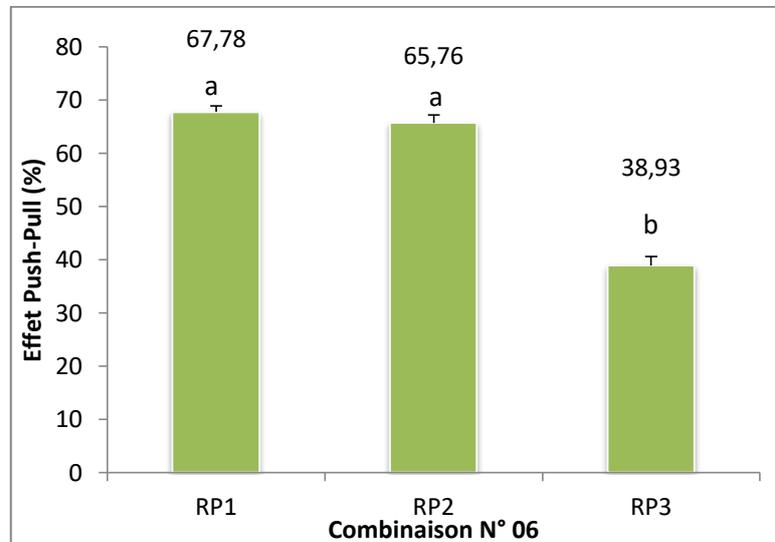


Figure 51 : Effet Push-Pull de la combinaison RP.

Différentes lettres au-dessus des barres d'erreur indiquent des différences significatives entre les combinaisons au niveau de 0,05 ($n = 3$; homogénéité de la variance : $ddl1 = 2$, $ddl2 = 6$, $P = 0.880$; ANOVA : $F = 131.904$, $P = 0.000$).

Khan et Pickett (2008) citent que le terme «push-pull» a été conçu pour la première fois comme une stratégie de lutte contre les insectes ravageurs par Pyke, Rice, Sabine et Zaluki en Australie en 1987

L'effet Push-Pull est établi en exploitant des produits sémiocchimiques (**Hassanali et al., 2008**), qui agit pour rendre la ressource protégée peu attrayante ou inadaptée aux ravageurs (pousser) avec des plantes répulsives, tout en les attirant vers une source attrayante des plantes pièges (tirer) ; d'où les ravageurs sont ensuite éliminés (principe Push-Pull). Les stratégies Push-Pull, utilisent une combinaison de stimuli, qui consiste à modifier le comportement et à manipuler la répartition et l'abondance des ravageurs (**Cook et al., 2007; Ryckewaert et Rhino, 2017**).

Au Congo, des essais ont été appliqués pour favoriser les populations d'ennemis naturels de *Pentalonia nigronervosa*. Les résultats de l'étude montrent que la tomate s'est

révélée meilleure plante attractive des aphidiphages en relation avec la culture de bananier (Lifake *et al.*, 2018).

Dans une autre étude similaire, la combinaison d'azadirachtine (12 mg/l) et d'eucalyptol (3,0 mg/l) a entraîné un effet push pull significatif ; soit de 56,3% sur la ponte de la teigne de la pomme de terre (Ma et Xiao, 2013).

Lamy (2016) a confirmé l'efficacité de ce système de Push-Pull. Il a trouvé que l'eucalyptol (1-8 cinéol) a permis de réduire le nombre de nymphes de *Delia radicum* retrouvées aux pieds des plants de brocoli de 60% .

Kergunteuil (2013), a testé le pouvoir attractif de cinq plante de la famille des brassicacées vis-à-vis la mouche du chou, *Brassica oleracées* montre un niveau intermédiaire d'attraction tandis que *Brassica napus* et *Brassica rapa pekinensis* sont les plus attractifs pour les femelles.

De nombreux œufs de *Phthorimaea operculella* ont été pondus autour du tabac et de la pomme de terre, et peu ou pas près de la tomate ; du maïs ; de la laitue. (Traynier, 1975).

À cet égard , les poudres de colocynthes, de zygophylles et de coriandre ont enregistré un nombre très faible (1,8 , 2,2 et 3 œufs) d'œufs déposés sur les tubercules traités, suivis du séné, de la camomille, du noisetier et du jasmin (4,4 , 6,4 , 7,2 et 7,4) respectivement, contre 29 œufs sur les tubercules non traités (Sharaby et Fallatah, 2019).

Beaucoup d'autres chercheurs ont étudiés la stratégie Push-Pull. Citons Khan *et al.* (2001), Maher *et al.* (2001) et Cockburn (2013).

L'effet dissuasif de l'oviposition des différents extraits de solvant (éther de pétrole, chloroforme et éthanol) d'une plante hôte (*Nicotiana tabacum*) et de deux plantes non hôtes (*Populus yunnanensis* et *Eucalyptus globulus*) sur *Phthorimaea operculella*, ont été testés par Ming (2007) et il a indiqué que tous les extraits a solvant (éther de pétrole, chloroforme et éthanol) d'*Eucalyptus globulus* ont démontré une dissuasion significative de la ponte chez les femelles de *Phthorimaea operculella* seulement à 0 ~ 24.

Dans notre étude la plus forte, parmi toutes les combinaisons est celle de AA1 (Fig. 46) ; la combinaison entre *Ammoides verticillata* (2 %) et *Ammoides verticillata* (0.125%), a entraîné un effet push pull significatif sur la ponte le plus élevé avec une moyenne de 93.49

$\pm 3.25\%$, qui est expliqué par sa richesse en métabolites secondaires. En effet c'est la seule plante qui a révélé la présence des alcaloïdes, qui s'avèrent avoir des effets répulsifs (Bouget *et al.*, 2016), et sa richesse en terpènes, qui ont des propriétés attractif et répulsifs vis-à-vis des insectes ; et il provoquent même une perte d'appétit et empêchent la ponte (Nava-Pérez *et al.*, 2012; Patil, 2020), et également la toxicité des polyphénols qui est corrélée positivement avec le pouvoir attractif (Regnault-Roger *et al.*, 2004).

7.5.6 Effet des extraits aqueux sur la souche de *Rhizoctonia solani*

Les résultats de l'effet des différents extraits (*Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita*, *Reseda alba*) sur la souche fongique *Rhizoctonia solani*, sont mis en évidence par la **figure 52**.

L'analyse de la variance à un facteur en fonction des doses a révélé des différences très hautement significatives pour les extraits contre la souche fongique de *Rhizoctonia solani* ($p < 0.001$) (Annexe 01).

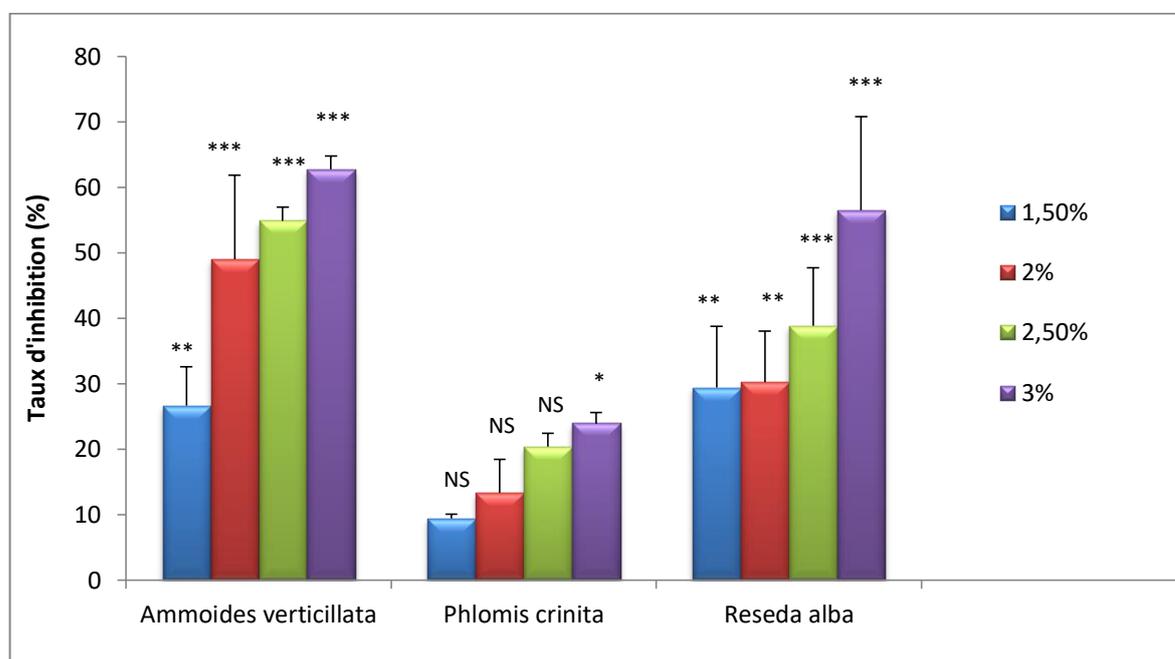


Figure 52 : Effet des extraits aqueux sur la souche de *Rhizoctonia solani*, Chaque valeur représente la moyenne \pm SEM, ANOVA à un facteur suivi du test t de Dunnett, NS $p > 0,05$, *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$ par rapport au témoin.

On remarque que l'inhibition de la croissance mycélienne de la souche *Rhizoctonia solani* est proportionnelle aux concentrations des extraits étudiés (Fig. 53,54 et 55).

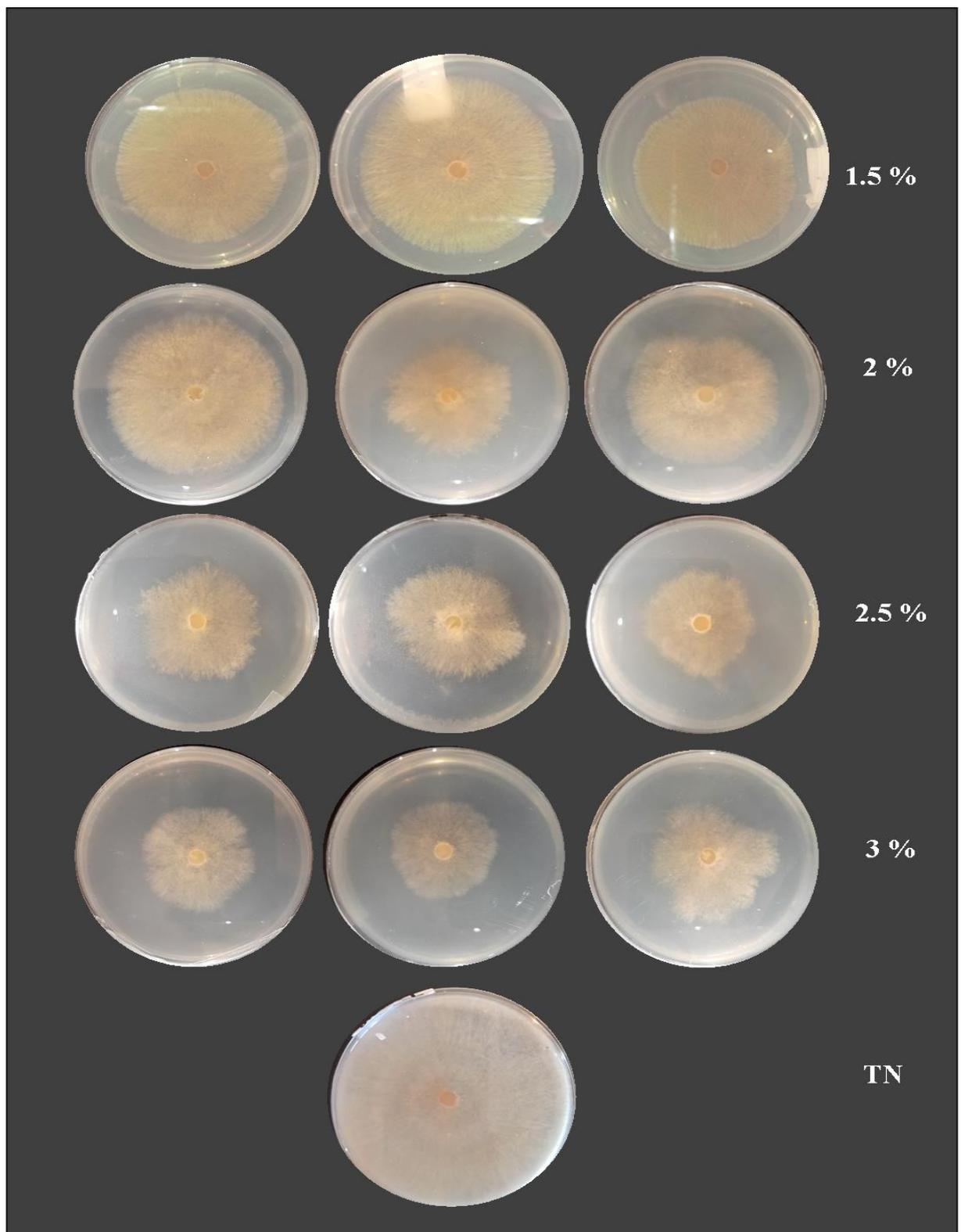


Figure 53: Effet de l'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* sur la croissance mycélienne de *Rhizoctonia solani*.

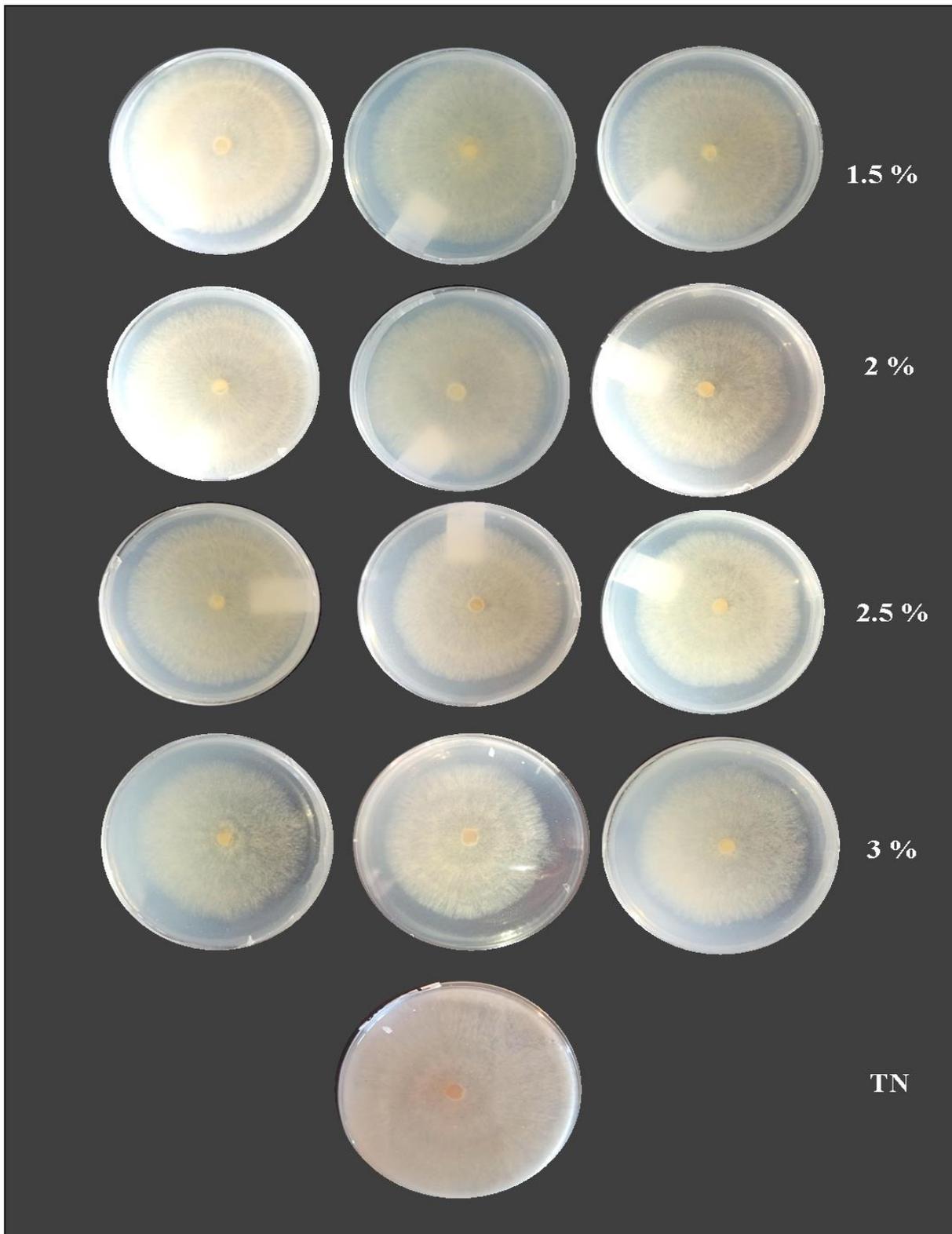


Figure 54: Effet de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur la croissance mycélienne de *Rhizoctonia solani*.

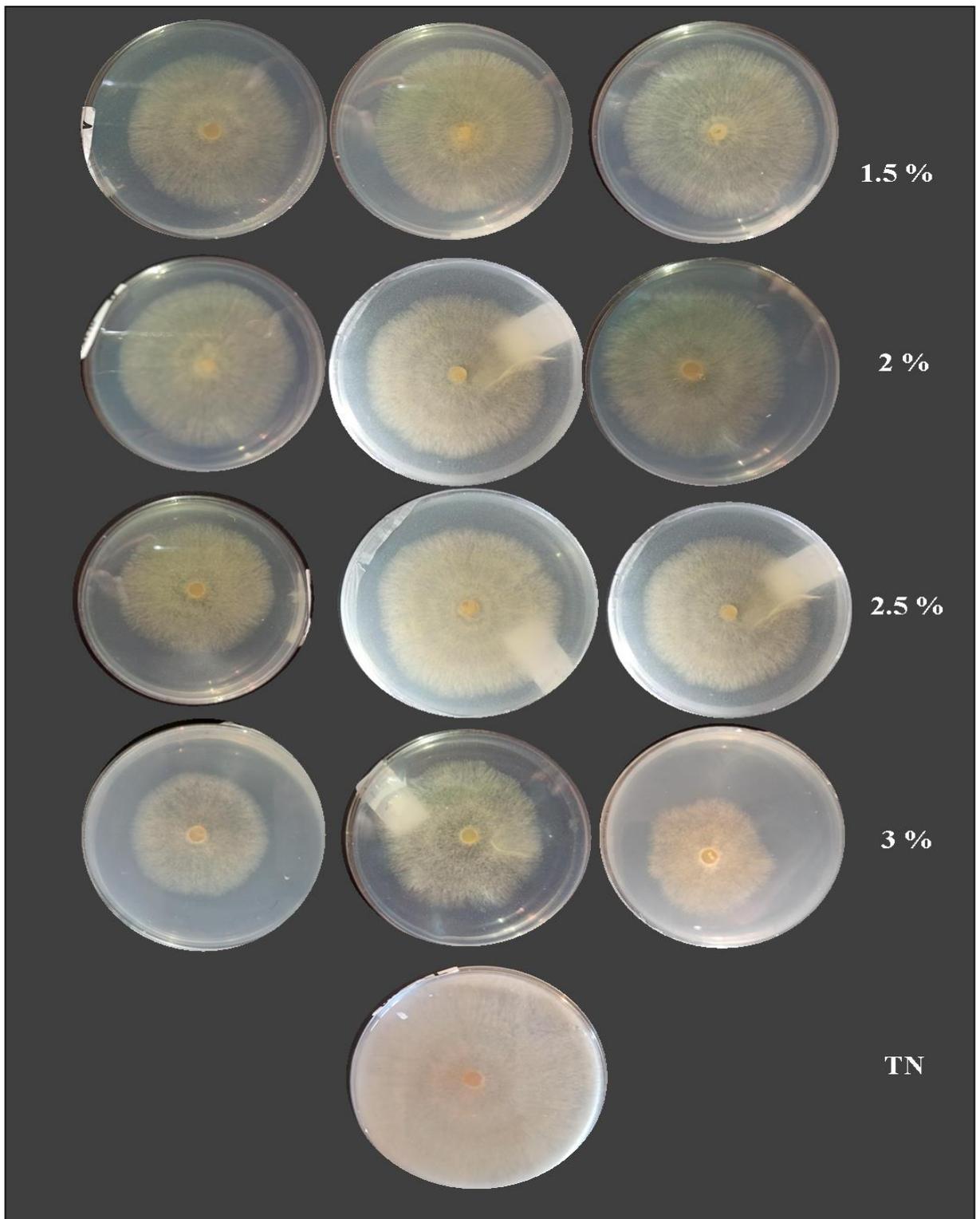


Figure 55 : Effet de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur la croissance mycélienne de *Rhizoctonia solani*.

Les deux extraits aqueux d'*Ammoides verticillata* et *Reseda alba* se sont révélés les plus actifs contre la souche fongique *Rhizoctonia solani*, par rapport au témoin négatif.

Les extraits d'*Ammoides verticillata* (3 % (p/v)) et *Reseda alba* (3%(p/v)) ont enregistré les pourcentages d'inhibition les plus élevés qui sont supérieurs à 50%, soit de $62.74 \pm 2.08\%$ et $56.47 \pm 8.26\%$, respectivement.

Les résultats que nous avons obtenus sont en parfait accord avec la conclusion avancée par **Laouer et al. (2003)** qui ont montré une activité antimicrobienne importante pour l'huile d'*Ammoides pusilla* contre *Serratia marcescens*, *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas syringae pv. syringae*, *Pseudomonas syringae pv. mosprunorum*, *Aspergillus niger* et *Candida albicans*, et possède une activité antifongique importante. Cela est dû à sa richesse en composés aromatiques ; comme le carvacrol (**Senouci et al., 2020b**).

Les propriétés antifongiques des extraits étaient principalement attribuées à leur richesse en métabolites secondaires. D'ailleurs de nombreux flavonoïdes ont des propriétés antivirales ; anti bactérienne et antifongique (**Bohm, 1998**), de même pour le genre *Reseda*, qui possède une activité antibactérienne (**Benmerache et al., 2012**).

Les résultats obtenus, rejoignent aussi ceux de (**Khan et al., 2016**) qui ont testé l'effet de cinq produits végétaux ; huile de Neem, gingembre, curcuma, poivre et l'ail, contre *Rhizoctonia solani*. Les résultats ont révélé, que tous les phytobiocides réduisaient les diamètres des colonies du *Rhizoctonia solani* de manière significative ($p < 0,05$). L'ail s'est avéré être le phytobiocide inhibiteur le plus efficace par rapport aux autres produits végétaux.

Beaucoup d'autres extraits de plantes, ont été étudiés contre *Rhizoctonia solani*.

En 2010, **Al-Askar et Rashad** ont étudié l'effet de la cannelle (*Cinnamomum verum*), l'anis (*Pimpinella anisum*), la graine noire (*Nigella sativa*) et le clou de girofle (*Syzygium aromaticum*), qui se sont révélés actifs contre *Rhizoctonia solani*. À noter que l'extrait de clou de girofle provoque une inhibition complète de la croissance de *Rhizoctonia solani* à une concentration de 1%.

En 2018, **Rashad et al.**, ont fait l'étude sur cinq plantes ; (*Eucalyptus tereticornis*, *Ammi visnaga*, *Azadirachta indica*, *Rheum Palmatum* et *Adansonia digitata*). Tous leurs extraits testés, ont montré une activité antifongique contre *Rhizoctonia solani* avec des

étendues variées. L'extrait d'*Ammi visnaga* (khella) a montré la plus grande activité par rapport aux témoins non traités.

Du point de vue phylogénique cette dernière est proche de notre plante *Ammoides verticillata*, qui a révélé un effet inhibiteur important sur la croissance de *Rhizoctonia solani*.

Citons aussi, les feuilles de clerodendrum (*Clerodendrum infortunatum*), polyalthia (*Polyalthia longifolia*), les rhizomes de gingembre (*Zingiber officinale*) (Choudhury *et al.*, 2017), *Lippia origanoides* (Alvarez-Sanchez *et al.*, 2018), et l'extrait de pomme épineuse (*Datura sp*) (Al-Baldawy *et al.*, 2021), qui ont montré une activité antifongique contre *Rhizoctonia solani*.

L'extrait de *Phlomis crinita* s'est avéré le moins actif contre la souche fongique *Rhizoctonia solani*, avec des pourcentages qui n'ont pas dépassé le seuil de $23.92 \pm 1.71\%$ mais qui reste significatif ($p=0.019$). Par contre aucune différence significative n'est enregistrée par rapport au témoin, pour les trois premières doses 1.5%, 2%, et 2.5%, de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita*.

Ce taux faible d'inhibition contre *Rhizoctonia solani* pour l'extrait aqueux de *Phlomis crinita*, n'exclut pas son efficacité contre des espèces bactériennes à Gram positif tels que *Staphylococcus aureus* et *Enterococcus faecalis*, signalé par Limem-Ben Amor *et al.* (2008) et El Mokni *et al.* (2019).

Conclusion et perspectives

Cette thèse s'inscrit dans un double objectif, la mise en valeur des substances naturelles d'origine végétales de trois plantes *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba*, en mettant en évidence les différents métabolites secondaires qualitatifs et quantitatifs, et la recherche d'un moyen de contrôle biologique, offrant une alternative pour les pesticides contre deux ennemis ; *Phthorimaea operculella* et *Rhizoctonia solani* à partir des travaux initiaux

En premier lieu, l'étude phytochimique des trois extraits (aqueux, méthanolique et éther diéthylique), a permis d'obtenir des rendements en extraits et des métabolites secondaires, qui sont repartis en fonction de leur polarité et leur affinité avec les différents solvants. Le rendement le plus élevé a été enregistré, au niveau d'extrait méthanolique pour *Ammoides verticillata* avec un rendement de 15.3%. Par contre pour les deux autres plantes *Phlomis crinita* et *Reseda alba*, le rendement le plus élevé a été enregistré au niveau de l'extrait aqueux, avec un rendement de 12.67 et 18.8% respectivement. Le criblage phytochimique a révélé la richesse des trois plantes, en composés terpéniques et en composés phénoliques, mis à part les alcaloïdes, qui n'étaient présents que dans la première plante *Ammoides verticillata*. Les solvants méthanol et aqueux se sont montrés particulièrement comme étant les deux solvants les plus efficaces à extraire les métabolites secondaires chez les trois plantes.

Les résultats des différentes analyses du screening quantitatifs effectuées sur les trois plantes *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba*, indiquent qu'ils contiennent des substances actives à différentes teneurs comme suit :

Dosage des polyphénols pour l'extrait aqueux ; (14.94 ± 0.48 , 13.36 ± 0.73 , 12.17 ± 0.58 mg EAG/g MS), et pour l'extrait méthanolique ; (23.13 ± 0.47 , 12.50 ± 0.76 et 9.23 ± 0.39 mg EAG/g MS) respectivement.

Dosage des flavonoïdes pour l'extrait aqueux ; (5.62 ± 0.98 , 3.44 ± 0.28 et 4.26 ± 0.42 mg EQ/ g MS). Et pour l'extrait méthanolique ; (3.65 ± 0.26 , 5.27 ± 0.67 et 3.22 ± 0.19 mg EQ/ g MS) respectivement.

Dosage des tanins pour l'extrait aqueux ; (3.39 ± 0.26 , 2.21 ± 0.17 et 0.84 ± 0.09 mg EC/g MS) .et pour l'extrait méthanolique ; (3.54 ± 0.11 , 2.31 ± 0.26 et 1.83 ± 0.03 mg EQ/ g MS) respectivement.

Dosage des anthocyanes ; 0.35 ± 0.03 $\mu\text{mole/g}$. 0.25 ± 0.02 $\mu\text{mole/g}$ et 0.24 ± 0.03 $\mu\text{mole/g}$ respectivement.

D'après nos résultats, la nature du solvant d'extraction des polyphénols, flavonoïdes et des tannins, ne semble avoir aucun effet sur la différence entre les moyennes. En effet un pourcentage de 66.67% du total des composants, dont la différence entre les moyennes de concentration était non significative, suivie par 22.22% du total des composants, ou l'eau a été le meilleur solvant à extraire les métabolites secondaires et au final seulement 11.11% du total des composants ont été mieux extraits par le méthanol.

Par la suite, pour ce qui est des facteurs abiotiques idéaux à l'élevage de la teigne de la pomme de terre, l'alimentation et la température, s'avèrent être les principaux facteurs limitants pour le développement de l'insecte et la fécondité des femelles. L'alimentation optimale trouvée est la concentration de 10% en sucre. Elle a permis d'obtenir la fécondité moyenne la plus élevée qui est de 73.75 ± 1.06 œufs et une longévité moyenne la plus élevée qui est de 8.60 ± 0.20 jours. La température optimale que nous avons enregistrée pour la ponte se situe entre 25°C et 27°C , dont le pic le plus important pour la fécondité est enregistré à 27°C avec une fécondité de 30.6 ± 0.40 œufs.

Concernant le volet de l'évaluation de l'activité biologique :

Premièrement pour le pouvoir antioxydant, nous avons enregistré que l'ensemble des extraits ont des propriétés anti radicalaires intéressantes, notamment l'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* qui a enregistré le pouvoir antioxydant le plus élevé ($\text{IC}_{50} = 0,028 \pm 0.001$ mg/ml), il se rapproche de celui de l'acide ascorbique avec IC_{50} de 0.021 ± 0.001 mg/ml.

Nous avons constaté que les extraits obtenus à partir d'*Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba* présentent des effets toxiques contre les différents stades de *Phthorimaea operculella*. Pour l'évaluation de l'effet biopesticide des trois plantes contre la teigne de la pomme de terre, de différentes méthodes sont effectuées.

Concernant la première méthode (trempage des tubercules) : l'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* révèle une protection complète des tubercules à la très haute dose, où est atteint 100% de mortalité des larves, suivis de *Reseda alba* et *Phlomis crinita*, dont la mortalité des larves est de $88,30 \pm 3,08$ % et $79,93 \pm 2,59$ % respectivement. À la plus faible

dose 0.5%, la mortalité est de $23,08 \pm 2,11$ %, $16,39 \pm 2,12$ %, $49,83 \pm 2,59$ % pour *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba*, respectivement. L'extrait aqueux de *Reseda alba* a présenté la meilleure CL_{50} avec une dose de 0.64%.

Pour la production de descendance, (nymphes et adultes), nous avons enregistré un effet significatif pour *Reseda alba* qui a freiné complètement l'apparition de descendance causé par l'alimentation des larves sur les tubercules traités (à partir de la dose de 1.5 %).

L'extrait le plus efficace qui a donné l'indice le plus bas de dommages aux tubercules est celui d'*Ammoides verticillata*, qui semble donner une protection complète des tubercules traités (zéro ID) suivi de *Reseda alba* et *Phlomis crinita* à $1,66 \pm 1,66$ et $3,33 \pm 2,10$ tunnels/tubercule respectivement.

Concernant la deuxième méthode (trempage des larves), les deux extraits aqueux *Ammoides verticillata* et *Reseda alba*, à la plus haute dose, ont causé la mortalité totale des larves, suivi de *Phlomis crinita* avec $96,43 \pm 2,25$ %. L'extrait aqueux de *Reseda alba* a enregistré une CL_{50} et une CL_{90} de 0.56% et 1.53 % respectivement. On déduit donc que *Reseda alba* présente la dose la plus réduite qui cause la mortalité de 50% des larves. En ce qui concerne la descendance, l'extrait aqueux de *Reseda alba* a freiné complètement l'apparition des nymphes et des adultes à la dose de 1.5 %.

Concernant la troisième méthode (trempage des œufs), *Reseda alba* a entraîné un très faible pourcentage d'éclosion avec $9,09 \pm 0,45$ % à une faible concentration de 0.5%. Nous constatons donc, que plus la concentration de l'extrait est élevée, plus le pourcentage d'éclosion des œufs est faible, par conséquent l'extrait de *Reseda alba* provoque une inhibition totale de l'éclosion des œufs 0% à des concentrations de 1, 1.5 et 2%. L'extrait aqueux de *Reseda alba* a enregistré une CL_{50} et une CL_{90} de 0.32% et 0.50 % respectivement.

Concernant la quatrième méthode (effet des extraits sur la ponte des femelles) :

L'indice de stimulation de l'oviposition, a été calculé pour les trois plantes : *L'Ammoides verticillata* a considérablement favorisé la ponte des femelle de *Phthorimaea operculella* à des concentrations ayant de 0.125% à 0.5%, mais, a significativement dissuadé la ponte à des doses de 1%, 1.5% et 2%, avec un OSI de -85.57 ± 3.31 % à la plus haute dose. L'extrait aqueux de *Phlomis crinita* à faible concentration allant, de 0.125 à 0.5% a considérablement favorisé la ponte des femelle de *Phthorimaea operculella*, mais, a

significativement dissuadé la ponte aux doses de 1%, 1.5 % et 2%, avec un OSI de -19.63 ± 1.61 % à la plus haute dose. L'extrait aqueux de *Reseda alba* a considérablement dissuadé la ponte à toutes les doses, allant de 0.125% à 2 % avec un OSI qui allait de -25.29 ± 2.21 % à -85.57 ± 3.31 % à la plus haute dose.

Suite à cette étude, une combinaison entre les extraits, ceux qui présentent une activité dissuasive (push) avec les extraits qui présentent une activité attractive (pull).

Le classement de toutes les combinaisons selon l'effet Push-Pull, par ordre décroissant, est comme suit: AA1> AA3> AA2> RP1> RP2> AP1> RA1> PA1> RP3> RA2> PA2 >AP2> AP3> PA3> RA3> PP1 > PP2 > PP3 pour des effet push pull de 93.49%, 84.97%, 84.55%, 67.78%, 65.76%, 60.01%, 51.85%, 39.24%, 38.93%, 38.68%, 37.89%, 34.72%, 34.05%, 33.98%, 33.87%, 23.25%, 17.51 %, 7.54% respectivement. Donc pour l'effet Push-Pull, la meilleure combinaison est celle d'*Ammoides verticillata* (forte concentration 2%, Push) avec *Ammoides verticillata* (faible concentration 0.125%, Pull) avec un effet Push-Pull de 93.49 ± 3.25 %.

On dernier lieu, concernant l'agent pathogène *Rhizoctonia solani*, nous avons enregistré que l'inhibition de la croissance mycélienne de la souche *Rhizoctonia solani* est proportionnelle aux concentrations des extraits étudiés.

Les deux extraits aqueux d'*Ammoides verticillata* et *Reseda alba*, se sont révélé les plus actifs contre la souche fongique *Rhizoctonia solani* par rapport au témoin négatif. Les extraits d'*Ammoides verticillata* (3 % (p/v)) et de *Reseda alba* (3%(p/v)) ont enregistré les pourcentages d'inhibition les plus élevés, dépassant 50% soit ; 62.74 ± 2.08 % et 56.47 ± 8.26 %, respectivement. L'extrait de *Phlomis crinita* s'est avéré le moins actif contre la souche fongique *Rhizoctonia solani*, avec des pourcentages qui n'ont pas dépassé le seuil de 23.92 ± 1.71 % mais qui reste significatif.

Donc parmi ces trois plantes étudiées, *Ammoides verticillata* et *Reseda alba* se sont révélées les biopesticide les plus efficaces contre la teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* et le champignon *Rhizoctonia solani*. Ces deux plantes sont considérées comme une approche bénéfique.

Donc en perspectives, pour renforcer les résultats obtenus, il serait intéressant de procéder à une étude plus approfondie des différents organes séparément des deux plantes

(*Ammoides verticillata* et *Reseda alba*), à savoir : feuilles, tiges, fleurs, graines, et racines. Et de poursuivre les travaux sur les composés isolés pour révéler leur mécanisme d'action.

Il serait souhaitable, également de renforcer les résultats obtenus par des essais en plein champs et en lieu de stockage. D'autres études doivent être menées, pour évaluer le coût de ces extraits lors de leur éventuelle commercialisation.

Dans le contexte de lutte biologique, il serait nécessaire de tester l'efficacité de ces trois plantes *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* et *Reseda alba*, sur d'autres ennemis des cultures.

**Références
bibliographiques**

Abbott, W. S. (1925). A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide, *Journal of Economic Entomology*, **18**(2): p. 265-267.

Abd El-Aziz, M. F. (2011). Bioactivities et Biochemical Effects of Marjoram Essential Oil used against Potato Tuber Moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae), *Life Science Journal*, **8**(1): p. 288-297.

Abd El-Hamed, Neama A., Shaalan, H. S, et Fargalla, Farha H. H. (2011). Effectiveness Of Some Plant Powders et Bioinsecticides Against *Phthorimaea Operculella* (Zeller.) (Lepidoptera : Gelechiidae) On Some Potato Cultivars *Journal Of Plant Protection et Pathology*, **2**(4): p. 475-480.

Abdallah, MS., et De Wit, HCD. (1978). The Resedaceae; a taxonomical revision of the family (final instalment). In, 394. Unknown Publisher.

Abdallah, Khalid Sharro., Güneş, Merve Gülşah., Shomali, Naznoosh., Işgör, Belgin Sultan, et Yildirim, Özlem. (2018). Screening Effects of Methanol Extracts of *Diplotaxis tenuifolia* et *Reseda lutea* on Enzymatic Antioxidant Defense Systems et Aldose Reductase Activity, *Turkish journal of pharmaceutical sciences*, **15**(1): p. 97-102.

Acton, Q.A. (2012). *Advances in Plant Physiological Phenomena Research et Application: 2012 Edition: ScholarlyBrief* (ScholarlyEditions). p. 201.

Adel, M.M., Atwa, W.A., Hassan, M.L., Salem, N.Y., Farghaly, D.S, et Ibrahim, S.S. (2015). Biological Activity et Field Persistence of *Pelargonium graveolens* (Geraniales: Geraniaceae) loaded Solid Lipid Nanoparticles (SLNs) on *Phthorimaea operculella* (Zeller) (PTM) (Lepidoptera: Gelechiidae), *International Journal of Science et Research*, **4**(11): p. 514-520.

Adepo, YP., Seka, Assi., Biego, HG., Chatigre, KO, et Kati, CS (2010). étude de l'évolution des paramètres physico-chimiques de 2 plantes *euphorbia hirta* et *secamone afzelii* en fonction des quatre saisons de l'année, de l'extraction aqueuse et évaluation du pouvoir lactogène, *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **79**: p. 12-24.

Adjoudj, Abdellatif. (2019). Auto écologie et biologie de la conservation de *Phlomis crinita* (Lamaiceae) des monts de Tessala, Algérie occidentale, Université Djillali Liabes De Sidi Bel Abbes.

Ajamhasani, M, et Salehi, L (2004). Effect of three non cultivated plants on host preference et on oviposition rate of the potato tuber moth (*Phthorimaea operculella*), *Journal of Agriculture Sciences*, **1**(5): p. 112-119.

Akrout, Ahmed., El Jani, Hajer., Zammouri, Tarek., Mighri, Hédi, et Neffati, Mohamed (2010). Phytochemical screening et mineral contents of annual plants growing wild in the southern of Tunisia, *Journal of Phytology*, **2**(1): p. 034-040.

Al-Askar, Abdulaziz A, et Rashad, Younes M (2010). Efficacy of some plant extracts against *Rhizoctonia solani* on pea, *Journal of Plant Protection Research*, **50**(3): p. 239-243.

Al-Baldawy, Muneer Saeed M., Matloob, Ahed AAH, et Almammory, Mohammed KN. (2021). Effect of Plant Extracts et Biological control agents on *Rhizoctonia solani* Kuhn, *IOP Conference Series: Earth et Environmental Science*, **735**(1): p. 012079.

Al-Ali, AS., Al-Neamy, IK., Abbas, SA, et Abdul-Masih, AME. (1975). Observations on the biology of the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zell.(Lepidoptera, Gelechiidae) in Iraq 1, *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, **79**(1-4): p. 345-351.

Al Ghasham, Ali., Al Muzaini, Mohammed., Qureshi, Kamal Ahmad., Elhassan, Gamal Osman., Khan, Riyaz Ahmed., Farhana, Syeda Ayesha., Hashmi, Sana., El-Agamy, Elsayed, et Abdallah, Wail E. (2017). Phytochemical Screening, Antioxidant et Antimicrobial Activities of Methanolic Extract of *Ziziphus mauritiana* Lam. Leaves Collected from Unaizah, Saudi Arabia, *International Journal of Pharmaceutical Research Allied Sciences*, **6**(3): p. 33-46.

Alamgir, A.N.M. (2018). *Therapeutic Use of Medicinal Plants et their Extracts: Volume 2: Phytochemistry et Bioactive Compounds* (Springer International Publishing). p. 826.

Alaya Ben Salem, Soumaya., Haouala, Rabiaa., Jabnoun-Khiareddine, Hayfa, et Daami-Remadi, Mejda. Evaluation de l'activité antifongique de *Trichoderma* spp., *Gliocladium* spp. et *Aspergillus* spp. contre *Rhizoctonia solani* par double culture et test de leurs filtrats de culture, **25**(73): p. 3-8.

Alsaoud, Nisreen Houssain., Nammour, Doummar Hashim, et Ali, Ali Yaseen. (2018). Susceptibility of Egg Stage of Potato Tuber Moth *Phthorimaea operculella* to Native Isolates of *Beauveria bassiana*. in Khan Perveen Farzana (ed.), *Moths-Pests of Potato, Maize et Sugar Beet* (IntechOpen). p. 94.

Alvarez-Sanchez, David., Hurtado-Benavides, Andrés., Chaves-Morillo, Diana, et Andrade-Díaz, Danita. (2018). Biocidal activity of *Lippia organoides* HBK (Verbenaceae)

essential oil on *Rhizoctonia solani*: in vitro, *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, **12**(3): p. 668-676.

Alvarez, Juan Manuel., Dotseth, Eric J, et Nolte, Phillip. (2005). *Potato tuberworm: a threat for Idaho potatoes* (University of Idaho Extension, Idaho Agricultural Experiment Station). p. 5.

Amar, M.B, et Léonard, L. (2002). *Les psychotropes: pharmacologie et toxicomanie* (Presses de l'Université de Montréal). p. 894.

Anderson, N A. (1982). The Genetics et Pathology of *Rhizoctonia Solani*, **20**(1): p. 329-347.

Andreadis, Stefanos S., Spanoudis, Christos G., Zakka, Georgia., Aslanidou, Barbara., Noukari, Sofia, et Savopoulou-Soultani, Matilda. (2017). Effect of temperature on rate of development, survival et adult longevity of *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), *European Journal of Entomology*, **114**: p. 35.

Andrés, Isabel Mateu (1986). Revisión del género *Phlomis* L.(Labiatae) en la Península Ibérica e islas Baleares, *Acta Botanica Malacitana*(11): p. 177-204.

Anfora, Gianfranco., Vitagliano, Silvia., Larsson, Mattias., Witzgall, Peter., Tasin, Marco., Germinara, Giacinto, et De Cristofaro, Antonio. (2014). Disruption of *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) oviposition by the application of host plant volatiles, *Pest management science*, **70**(4): p. 628-635.

Aouinty, Brahim., Oufara, Saadia., Mellouki, Fouad, et Mahari, Saadia (2006). Evaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés: *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen), *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, **10**(2): p. 67-71.

Arthurs, Steven P., Lacey, Lawrence A, et De La Rosa, Francisco (2008). Evaluation of a granulovirus (PoGV) et *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* for control of the potato tuberworm (Lepidoptera: Gelechiidae) in stored tubers, *Journal of Economic Entomology*, **101**(5): p. 1540-1546.

Arx, R von. (1987). The ringworm of potatoes (*Phthorimaea operculella*, Zeller) et wrestling methods. In *Cours National sur la Culture de la Pomme de Terre, Agadir (Morocco)*, 22-29 Mar 1987, 57-62.

Asadi-Samani, Majid., Khaledi, Mansoor., Khaledi, Fatemeh., Samarghandian, Saeed, et Abolfazl, Gholipour. (2019). Phytochemical Properties et Antibacterial Effects of *Salvia multicaulis* Vahl., *Euphorbia microsciadia* Boiss., et *Reseda lutea* on *Staphylococcus aureus* et *Acinetobacter baumannii*, *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, **In Press**.

Aslam, AQSA., Naz, Farah., Arshad, Muhammad., Qureshi, Rahmatullah, et Rauf, CA (2010). In vitro antifungal activity of selected medicinal plant diffusates against *Alternaria solani*, *Rhizoctonia solani* et *Macrophomina phaseolina*, *J Pak. J. Bot*, **42(4)**: p. 2911-2919.

Atay, Turgut., Alkan, Mustafa, et Ertürk, Sait (2021). Insecticidal Efficacy of Native Diatomaceous Earth against Potato Tuber Moth, [*Phthorimaea operculella* (Zeller)(Lepidoptera: Gelechiidae)], Pupae, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, **24(1)**: p. 165-170.

Attou, A., Davenne, D., Benmansour, A, et Lazouni, HA. (2017). Chemical composition et biological activities of *Ammoides verticillata* essential oil from west Algeria, *Phytothérapie*: p. 1-7.

Ayoola, GA., Coker, HA., Adesegun, SA., Adepoju-Bello, AA., Obawe, K., Ezennia, E Cl, et Atangbayila, TO. (2008). Phytochemical screening et antioxidant activities of some selected medicinal plants used for malaria therapy in Southwestern Nigeria, *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, **7(3)**: p. 1019-1024.

Aziza, Sharaby., Rahman, Hashim., Abd El-Aziz, Shadia, et Moawad, Sawsan. (2014). Natural Plant Oils et Terpenes as Protectors for the Potato Tubers against *Phthorimaea operculella* (Zeller) Infestation by Different Application Methods, *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, **24(1)**: p. 265-274.

Azizian, Dina, et Moore, D.M. (1982). Morphological et palynological studies in *Phlomis* L., *Eremostachys* Bunge et *Paraphlomis Prain* (Labiatae), *Botanical Journal of the Linnean Society*, **85(4)**: p. 225-248.

Babali, Brahim., Hasnaoui, Abderrahmane., Medjati, Nadjat, et Bouazza, Mohamed (2013). Note on the vegetation of the mounts of tlemcen (Western Algeria): Floristic et phytoecological aspects, *Open Journal of Ecology*, **3(05)**: p. 370.

Badegan, A.M, et Ngameni, P.H. (2000). technique d'élevage de la teigne de pomme de terre en laboratoire , paramètres biologiques et influence du taux de sucre dans l'alimentation de l'imago, *Tropicicultura*, **18(1)**: p. 23-25.

Baker, Kenneth F. (2020). *Rhizoctonia Solani*, Biology et Pathology. in R. Parmeter John (ed.), *Types of Rhizoctonia Diseases et Their Occurrence* (University of California Press). p. 125-148.

Balali, GR., Neate, SM., Scott, ES., Whisson, DL, et Wicks, TJ (1995). Anastomosis group et pathogenicity of isolates of *Rhizoctonia solani* from potato crops in South Australia, *Plant Pathology*, **44**(6): p. 1050-1057.

Baldwin, B.G., Goldman, D., Keil, D.J., Patterson, R, et Rosatti, T.J. (2012). *The Digital Jepson Manual: Vascular Plants of California* (University of California Press). p. 1568.

Banville, Gilbert J., Carling, Donald E, et Otrysko, Barbara E. (1996). Rhizoctonia disease on potato. in Sneh B., Jabaji-Hare S. et Dijst G. Neate S. (eds.), *Rhizoctonia species: Taxonomy, molecular biology, ecology, pathology et disease control* (Springer: Dordrecht). p. 321-330.

Barchan, A., Bakkali, M., Arakrak, Abdelhay., Pagán, Rafael, et Laglaoui, Amin (2014). The effects of solvents polarity on the phenolic contents et antioxidant activity of three *Mentha* species extracts, *Int J Curr Microbiol App Sci*, **3**(11): p. 399-412.

Barnett, Horace Leslie, et Hunter, Barry B. (1972). Illustrated genera of imperfect fungi(3rd ed): p. 241.

Battandier, J.A, et Trabut, L. (1888). *Flore de l'Algérie: ancienne flore d'Alger transformée, contenant la description de toutes les plantes signalées jusqu'a ce jour comme spontanées en Algérie* (Adolphe Jourdan). p. 827.

Baytop, Turhan, et Sütlüpinar, Nurhayat. (1986). Characteristics of “Nanahan” cultivated in Anatolia et its volatile oil, *J. Fac. Pharm. Istanbul*, **22**: p. 73-76.

Bazavluk, Yehor., Hamada, Vira., Polish, Nataliya., Konechna, Roksolana., Mykytiuk, Solomiia, et Novikov, Volodymyr. (2020). TOTAL PHENOLIC et FLAVONOID CONTENT, ANTIOXIDANT ACTIVITY et ANTIMICROBIAL POTENTIAL OF *PHLOMIS PUNGENS* WILLD, *Scientific Journal of Polonia University*, **37**: p. 133-139.

Bedos, Carole., Cellier, Pierre, et Gabrielle, Benoit. (2005). Modélisation de la volatilisation des pesticides. In *35. Congrès Produits phytosanitaires: impacts environnementaux, gestion et traitements*, np. Presses Ponts et Chaussées.

Bedos, Carole., Générmont, Sophie., Le Cadre, Edith., Garcia, Lucas., Barriuso, Enrique, et Cellier, Pierre. (2009). Modelling pesticide volatilization after soil application using the mechanistic model Volt'Air, *Atmospheric Environment*, **43**(22-23): p. 3630–3639.

Belkhodja, Hamza., Belhouala, Khadidja., Nehal, Soumia, et Stambouli, Mustapha (2020). Phytochemical screening et evaluation of the antiarthritic potential of *Ammoides pusilla* aqueous extract on Freund's adjuvant-induced rheumatoid arthritis, *Pharmaceutical Sciences*, **27**(2): p. 170-182.

Bellakhdar, J. (2008). *Hommes et plantes au Maghreb: éléments pour une méthode en ethnobotanique* (Plurimondes). p. 386.

Bendjabeur, Salah. (2019). Etude phytochimique et activités biologique des huiles essentielles et des extraits éthanoliques de *teucrium polium* subsp *capitatum thymus algeriensis* et *Ammoides verticillata*, Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrache Alger

Benmerache, A., Berrehal, D., Khalfallah, A., Kabouche, A., Semra, Z, et Kabouche, Z (2012). Antioxidant, antibacterial activities et flavonoids of *Reseda phyteuma* L, *Der Pharmacia Lettre*, **4**(6): p. 1878-1882.

Benteldjoune, Mounira., Boudiar, Tarek., Bakhouche, Abdelhakim., del Mar Contreras, María., Lozano-Sánchez, Jesús., Bensouici, Chawki., Kabouche, Zahia, et Segura-Carretero, Antonio (2019). Antioxidant activity et characterization of flavonoids et phenolic acids of *Ammoides atlantica* by RP-UHPLC-ESI-QTOF-MSn, *Natural product research*, **35**(10): p. 1639-1643.

Berrehal, Djemaa., Khalfallah, Assia., Bencharif-Betina, Soumeiya., Kabouche, Zahia., Kacem, Nassira., Kabouche, Ahmed., Calliste, Claude-Alain, et Duroux, Jean-Luc. (2010). Comparative antioxidant activity of two Algerian Reseda species, *Chemistry of natural compounds*, **46**(3): p. 456-458.

Beukema, HP, et Van Der Zaag, Date Egbert. (1990). *Introduction to potato production* (Pudoc Wageningen).

Bhat, S.V., Nagasampagi, B.A, et Sivakumar, M. (2005). *Chemistry of Natural Products* (Narosa). p. 840.

Bianchini, Francesco , et Bianchini, Maria-vittoria. (1994). *Le grand livre de la nature le monde des plantes* (Deux Coqs d'Or France). p. 165.

Blodgett, F. M. (1939). The effects of some agronomic practices on the incidence of Rhizoctonia, *American Potato Journal*, **16**(4): p. 93-98.

Boddy, L., Frankland, J, et Van West, P. (2007). *Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes* (Elsevier Science). p. 386.

Bohm, Bruce A. (1998). *Introduction to flavonoids* (Harwood Academic Publishers).

Boubakr, Saidi., Ali, Latrech., Zoheir, Mehdadi., Zahra, Hakemi., Mohamed, Dadache, et Boukeur, Ammar (2015). Floristic, Ethnobotanical et Phytotherapy Studies of Medicinal Plants Spontaneous in the Area of Mountains Tessala, Western Algeria, *Global Journal of Medicinal Plant Research*, **3(5)**: p. 1-16.

Bouget, C., Goujon, G, et Boeuf, G. (2016). *Secrets d'insectes: 1001 curiosités du peuple à 6 pattes* (Quae). p. 288.

Bourgou, S., Beji, R Serairi., Medini, F, et Ksouri, R (2016). Effet du solvant et de la méthode d'extraction sur la teneur en composés phénoliques et les potentialités antioxydantes d'*Euphorbia helioscopia*, *Journal of New Sciences*, **28**.

Boutefnouchet, S., Champy, P., Girard, C., Grovel, O., Hennebelle, T., Poupon, E., Seguin, E, et BELON, J.P. (2020). *Pharmacognosie: Obtention et propriétés des substances actives médicamenteuses d'origine naturelle* (Elsevier Health Sciences). p. 504.

Bovey, René, et Faes, Henry. (1967). La défense des plantes cultivées.

Bradeen, J.M, et Kole, C. (2016). *Genetics, Genomics et Breeding of Potato* (CRC Press). p. 326.

Briese, DT. (1980). Characterisation of a laboratory strain of the potato moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller)(Lepidoptera: Gelechiidae), *Bull. Entomol. Res*, **70**: p. 203-212.

Broadhurst, Richard B, et Jones, William T (1978). Analysis of condensed tannins using acidified vanillin, *Journal of the Science of Food Agriculture*, **29(9)**: p. 788-794.

Broodryk, SW (1971). Ecological investigations on the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller)(Lepidoptera: Gelechiidae), *Phytophylactica*, **3(2)**: p. 73-84.

Broodryk, SW, et Pretorius, Leoni M (1974). Occurrence in South Africa of a granulosis virus attacking potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller)(Lepidoptera: Gelechiidae), *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*, **37(1)**: p. 125-128.

Brown, Charles Raymond, et Henfling, Jan-Willem. (2014). A History of the Potato in Roy Navarre et Mark Pavek (eds.), *The Potato: Botany, Production et Uses* (CAB International U.S.A). p. 1 - 11.

Brown, John, et Ogle, Helen (1997). Fungal diseases et their control, *Plant Pathogens Plant Diseases.*, **1**(4): p. 443-467.

Brunel, A. (1948). *Traité pratique de chimie végétale: à l'usage des laboratoires et de l'agronomie métropolitaine et colonial* (G. Frère).

Bruneton, J. (1999). *Pharmacognosie, phytochimie–plantes médicinales* (Paris). p. 1292.

Burda, Stanislaw, et Oleszek, Wieslaw (2001). Antioxidant et antiradical activities of flavonoids, *Journal of agricultural*, **49**(6): p. 2774-2779.

Burgot, J.L. (2011). *Chimie analytique et équilibres ioniques* (Éd. Tec & Doc). p. 826.

Calvet R., Barriuso E., Bedos C., Benoit P., Charnay M.P., Coquet Y. (2005). *Les pesticides dans le sol : Conséquences agronomiques et environnementales.* p. 28,526.

Capinera, J.L. (2008). *Encyclopedia of Entomology* (Springer Netherlands). p. 4346.

Cardona, César, et Oatman, E (1975). Biology et physical ecology of *Apanteles subandinus* Blanchard (*Hymenoptera: Braconidae*), with notes on temperature responses of *Apanteles scutellaris* Muesebeck et its host, the potato tuberworm, *Hilgardia*, **43**(1): p. 1-51.

Carling, DE., Leiner, RH, et Kebler, KM (1986). Characterization of *Rhizoctonia solani* et binucleate *Rhizoctonia*-like fungi collected from Alaskan soils with varied crop histories, *Canadian Journal of Plant Pathology*, **8**(3): p. 305-310.

Carling, DE., Leiner, RH, et Kebler, KM (1987). Characterization of a new anastomosis group (AG-9) of *Rhizoctonia solani*, *Phytopathology*, **77**(11): p. 1609-1612.

Carling, DE., Leiner, RH, et Westphale, PC (1989). Symptoms, signs et yield reduction associated with *Rhizoctonia* disease of potato induced by tuberborne inoculum of *Rhizoctonia solani* AG-3, *American Potato Journal*, **66**(11): p. 693-701.

Carling, DE., Rothrock, CS., MacNish, GC., Sweetingham, MW., Brainard, KA, et Winters, SW (1994). Characterization of anastomosis group 11 (AG-11) of *Rhizoctonia solani*, *Phytopathology*, **84**(12): p. 1387-1393.

Castroviejo, S. (1986). *Flora ibérica: Verbenaceae-Labiatae-Callitrichaceae* (Real Jardín Botánico, C.S.I.C.). p. 650.

Castroviejo, S, et Feliner, G.N. (2003). *Flora iberica: plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Araliaceae-Umbelliferae.* (Real Jardín Botánico). p. 548.

Catherine, R.R. (2014). *Produits de Protection des Plantes : Innovation et sécurité pour une agriculture durable* (Lavoisier). p. 368.

Chandel, RS., Chandla, VK, et Singh, BP. (2005). *Potato tuber moth–Phthorimaea operculella* (Zeller). *Tech* (Central Potato Research Institute: New Delhi).

Chandel, RS., Vashisth, Sumit., Soni, Saurbh., Kumar, Rahul, et Kumar, Vinod (2020). The potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), in India: biology, ecology, et control, *Potato Research*, **63**(1): p. 15-39.

Chandla, Vk., Kashyap, S, et Anupam, Sharma. (2011). *Eco-friendly Management of Potato Pest.* p. 194.

Choudhury, Debjani., Anand, Yumlembam Rupert., Kundu, Susamoy., Nath, Ranjan., Kole, Ramen Kumar, et Saha, Jayanta (2017). Effect of plant extracts against sheath blight of rice caused by *Rhizoctonia solani*, *Journal of Pharmacognosy phytochemistry*, **6**(4): p. 399-404.

Chung, Yun-Chin., Chen, Shu-Ju., Hsu, Cheng-Kuang., Chang, Chen-Tien, et Chou, Su-Tze (2005). Studies on the antioxidative activity of *Graptopetalum paraguayense* E. Walther, *Food Chemistry*, **91**(3): p. 419-424.

Çilden, Emre., Özmen-Baysal, Edibe, et Yıldırım, Şinasi. (2021). Comparative Palynological Survey on the species of *Reseda* L.(Resedaceae) from Turkey, *Palynology*: p. 1-14.

CIP. (1996). *Principales Enfermedades, Nematodos e Insectos de la Papa* (CIP/SENASA: lima). p. 111.

Cockburn, Jessica Jane. (2013). *Implementation of the push–pull strategy for *Eldana saccharina* control on sugarcane in KwaZulu–Natal, South Africa* (North-West University). p. 153.

Colette, N. (2010). *L'œnologie (7e ed.)* (Lavoisier). p. 468.

Collin, Sonia, et Crouzet, Jean. (2011). *Polyphénols et procédés* (Lavoisier). p. 333.

Conti, F, et Bartolucci, F. (2015). *The Vascular Flora of the National Park of Abruzzo, Lazio et Molise (Central Italy): An Annotated Checklist* (Springer International Publishing). p. 254.

Cook, Samantha., Khan, Zeyaur, et Pickett, John. (2007). The Use of Push-Pull Strategies in Integrated Pest Management, *Annual review of entomology*, **52**: p. 375-400.

Couplan, F. (2009). *Le régal végétal: plantes sauvages comestibles* (Sang de la Terre). p. 527.

Courchet, L. (1898). *Traité de botanique comprenant l'anatomie et la physiologie végétales et les familles naturelles a l'usage des candidats au certificat d'études physiques, chimiques et naturelles des étudiants en médecine et en pharmacie* (Baillièrè). p. 608.

Cronquist, A. (1988). *The Evolution et Classification of Flowering Plants* (New York Botanical Garden). p. 555.

Daniel, Thomas F. (2012). Resedaceae: Mignonette Family. in, *The Jepson Manual* (University of California Press). p. 1152-1152.

Das, G. P. (1995). Plants used in controlling the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), *Crop protection*, **14**(8): p. 631-636.

De Langhe, J.E. (1983). *Nouvelle flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des régions voisines: ptéridophytes et spermatophytes* (Editions du Patrimoine du Jardin botanique national de Belgique).

De Leprince-Ringuet, L. (1975). *Encyclopédie scientifique et technique: M - R* (Lidis).

De Morais, Lilia Aparecida Salgado, et Marinho-Prado, Js (2016). Plantas com Atividade Inseticida, *Embrapa Agroindústria de Alimentos-Capítulo em livro científico*: p. 542-593.

De Wit, H.C.D, et Boedyn, K. (1963). *Les Plantes Du Monde: Plantes à fleurs par H. de Wit* (Hachette).

Debeaux, J.O. (1894). *Flore de la Kabylie du Djurdjura ou Catalogue méthodique et raisonné de toutes les plantes vasculaires et spontanées observées jusqu'à ce jour dans cette contrée* (P. Klincksieck). p. 468.

Dellai, Afef., Mansour, Hedi Ben., Limem, Ilef., Bouhleb, Ines., Sghaier, Mohamed Ben., Boubaker, Jihed., Ghedira, Kamel, et Chekir-Ghedira, Leila (2009). Screening of antimutagenicity via antioxidant activity in different extracts from the flowers of *Phlomis crinita* Cav. ssp *mauritanica munby* from the center of Tunisia, *Drug chemical toxicology*, **32**(3): p. 283-292.

Demirci, Erkol., Dane, Elif, et Eken, Cafer (2011). In vitro antagonistic activity of fungi isolated from sclerotia on potato tubers against *Rhizoctonia solani*, *Turkish Journal of Biology*, **35**(4): p. 457-462.

Desfontaines, R.L. (2013). *Flora atlantica: Volume 2: Sive historia plantarum quae in Atlante, agro Tunetano et Algeriensi crescunt* (Cambridge University Press).

Deshpande, SG., Nagasampagi, BA, et Sharma, RN (1990). Synergistic oviposition deterrence activity of extracts of *Glycosmis pentaphyllum* (Rutaceae) et other plants for *Phthorimaea operculella* (Zell) control, *Current Science*, **59**(19): p. 932-933.

Dietrich, A., Juljul, S.Ĥ.I, et Kutāmī, A.A.Ş. (1988). *Dioscurides triumphans: T. Arabischer Text* (Vandenhoeck & Ruprecht). p. 232.

Do, Quy Diem., Angkawijaya, Artik Elisa., Tran-Nguyen, Phuong Lan., Huynh, Lien Huong., Soetaredjo, Felycia Edi., Ismadji, Suryadi, et Ju, Yi-Hsu. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, et antioxidant activity of *Limnophila aromatica*, *Journal of food drug analysis*, **22**(3): p. 296-302.

Dobignard, A, et Chatelain, C. (2010-2013). Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord (4 vol.), Genève: *CJBG*.

Dohou, R., Yamni, K., Tahrouch, S., Hassani, LM Idrissi., Badoc, A, et Gmira, N (2003). Screening phytochimique d'une endémique iberomarocaine, *Thymelaea lythroides*, *Bulletin-Société de Pharmacie de Bordeaux*, **142**(1/4): p. 61-78.

Dong, - XUE., Dan, - CHEN., Xinwei, - WANG., Xiufang, - WANG., Chong, - ZHAO, et Guangwei, - REN. (2013). - Sexing of *Phthorimaea operculella* Pupae - *Tobacco Science & Technology*, - **46**(- 9): p. - 85.

DPVCT. (2015). index des produits phytosanitaires a usage agricole. In, edited by Direction de la Protection des Végétaux et Contrôles Techniques. Ministère de l'agriculture et du développement rural. Alger.

Duggar, Benjamin Minge (1915). *Rhizoctonia crocorum* (Pers.) DC. et *R. solani* Kühn (Corticium vagum B. & C.), with notes on other species, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **2**(3): p. 403-458.

Ebrahimi, Laleh., Sheikhigharjan, Aziz, et Ghazavi, Mehran. (2021). Potential of Entomopathogenic Nematodes versus Alpha-cypermethrin Against Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* Zeller 1873 (Lep.: Gelechiidae) in Storage Conditions: p. Preprints 2021, 2021020472.

Edeoga, H Okwu., Okwu, DE, et Mbaebie, BO (2005). Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants, *African journal of biotechnology*, **4**(7): p. 685-688.

Egúsquiza, B.R. (2000). *La papa: producción, transformación y comercialización* (Universidad Nacional Agraria La Molina). p. 192.

Einali, Alireza., Azizian-Shermeh, Omid, et Ghasemi, Ali (2018). Phytochemical screening et antimicrobial activities of *Periploca aphylla* Decne, Persian walnut (*Juglans regia* L.) et oleander (*Nerium indicum* Mill.) Leaf extracts, *Journal of Food Measurement Characterization*, **12**(2): p. 1350-1359.

El-Banhawy, Ahmed, et Al-Juhani, Widad (2019). DNA barcoding et phylogeny of *Phlomis aurea* (Lamiaceae) endemic to Sinai Peninsula, Egypt, *Pakistan Journal of Botany*, **51**(4): p. 1263-1271.

El-Houda, Nour., Daira., Maazi, Mohamed-Chérif, et Chefrour, Azzedine. (2016). Contribution à l'étude phytochimique d'une plante médicinale (*Ammoides verticillata* Desf. Briq.) de l'Est Algérien, *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **85**(1): p. 276-290.

El Bakali, Abdessamad M, et Martín, María P (2006). Black scurf of potato, *Mycologist*, **20**(4): p. 130-132.

El Mokni, Ridha., Majdoub, Siwar., Chaieb, Ikbal., Jlassi, Ibrahim., Joshi, Rajesh K, et Hammami, Saoussen (2019). Chromatographic analysis, antimicrobial et insecticidal activities of the essential oil of *Phlomis floccosa* D. Don, *Biomedical Chromatography*, **33**(10): p. e4603.

El Ouariachi, El Mokhtar., Tomi, Pierre., Bouyanzer, Abdelhamid., Hammouti, Belkheir., Desjobert, Jean-Marie., Costa, Jean, et Paolini, Julien. (2011). Chemical composition et antioxidant activity of essential oils et solvent extracts of *Ptychotis verticillata* from Morocco, *Food et Chemical Toxicology*, **49**(2): p. 533-536.

Ellissèche, Daniel. (1996). Aspects physiologiques de la croissance et du développement. in Y Patrick Rousselle, von Robert et Jean-Claude Crosnier (eds.), *La pomme de terre: Production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations* (INRA Editions: Paris). p. 71-124.

Erdoğan, Pervin, et A Hassan, Errol. (2018). Insecticidal Efficacy of Conventional et Botanical Insecticides against Potato Tuber Moth (*Phthorimaea operculella* (Zeller) Lepidoptera : Gelechiidae), *HSOA Journal of Agronomy et Agricultural Science*, **1**(1).

Erdogan, Pervin, et Yilmaz, Betul. (2018). Insecticidal Effect of Three Different Plant Extracts on Potato Tuber Moth (*Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae)), *Journal of Food Science et Engineering*, **8**: p. 215-221.

Espinel-Correal, Carlos. (2010). Analyse de l'évolution des populations du granulovirus PhopGV en contact avec des hôtes alternatifs *Phthorimaea operculella* et *Tecia solanivora* (Lepidoptera gelechiidae), Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.

Estrada, A, et Sierra, G. (1997). *Vademécum del cultivo de la papa* (Grafemas: Ltda. Bogota, Colombia.). p. 172.

Etou-Ossibi, A. W., Nzonzi, J., Mombouli, J. V., Nsondé-Ntandou, G. E., Ouamba, J. M, et Abena, A. A. (2005). Screening chimique et effets de l'extrait aqueux du *Lippia multiflora* Moldenke sur le cœur isolé du crapaud, *Phytothérapie*, **3**(5): p. 193-199.

Evans, W.C. (2002). *Trease & Evans Pharmacognosy* (Elsevier (A Division of Reed Elsevier India Pvt. Limited)). p. 585.

Falleh, Hanen., Ksouri, Riadh., Chaieb, Kamel., Karray-Bouraoui, Najoua., Trabelsi, Najla., Boulaaba, Mondher, et Abdely, Chedly (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, et their biological activities, *Comptes Rendus Biologies*, **331**(5): p. 372-379.

FAO. (2008). éclairage sur un trésor enfoui année internationale de la pomme de terre 2008 , compte rendu de fin d'année (Rome).

FAOSTAT. (2008). Année internationnale de la pomme de terre. .

Felidj, M., Bouazza, M, et Ferouani, T (2010). Note sur le cortège floristique et l'intérêt de la plante médicinale *Ammoides pussila* (verticillata) dans le Parc national des Monts de Tlemcen (Algérie occidentale), *Geo Eco Trop*, **34**: p. 147-154.

Félix, Anne-Emmanuelle. (2008). Ecologie chimique et approche phylogénétique chez trois espèces de Lépidoptères africains du genre *Busseola* (Noctuidae), Université Paris Sud-Paris XI.

Fenemore, P. G. (1980a). Susceptibility of potato cultivars to potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera: Gelechiidae), *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **23**(4): p. 539-546.

Fenemore, P. G. (1980b). Oviposition of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera: Gelechiidae); identification of host-plant factors influencing oviposition response, *New Zealand Journal of Zoology*, **7**(3): p. 435-439.

Fernández-Agulló, Adela., Pereira, E., Freire, M Sonia., Valentao, P., Andrade, PB., González-Álvarez, Julia, et Pereira, JA (2013). Influence of solvent on the antioxidant et antimicrobial properties of walnut (*Juglans regia* L.) green husk extracts, *Industrial Crops Products*, **42**: p. 126-132.

FOASTAT. (2021). Cultures et produits animaux.

Foot, M. A. (1976). Laboratory assessment of several insecticides against the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera, Gelechiidae), *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **19**(1): p. 117-125.

Foureau, F. (1896). *Essai de catalogue des noms arabes et berbères de quelques plantes, arbustes et arbres algériens et sahariens ou introduits et cultivés en Algérie* (A. Challamel). p. 48.

Fraenkel, G. S. (1959). The raison d'être of secondary plant substances; these odd chemicals arose as a means of protecting plants from insects et now guide insects to food, *Science*, **129**(3361): p. 1466-1470.

Frank, James A, et Murphy, HJ. (1977). The effect of crop rotations on Rhizoctonia disease of potatoes, *American Potato Journal*, **54**(7): p. 315-322.

Gaamoune, Sofiane ., Nouioua, Wafa, et Amor, Loubna. (2017). Antioxidant, antimicrobial et anti-inflammatoire activities valorisation of methanol extracts of some species growth in the mountain of Megriss Setif Algeria, *Journal of Chemical Pharmaceutical Research*, **9**(5): p. 226-230.

Gamboa, Manuel, et Notz, Armando (1990). The influence of temperature on the development et oviposition of *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), *Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.*, **16**(3-4): p. 231-244.

Gavara, J., Piedra-Buena, A., Hernandez-Suarez, E., Gamez, M., Cabello, T, et Gallego, JR. (2021). Potential for the Postharvest Biological Control of *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera, Gelechiidae) by *Blattisocius tarsalis* (Mesostigmata, Blattisociidae). *Agronomy*(11): p. 288.

Gesellschaft, Schweizerische Naturforschende. (1858). *Denkschriften der Schweizerischen naturforschenden gesellschaft.*

Ghedadba, N., Hambaba, Leila., Ammar, Ayachi., Mohamed-Cherif, Aberkane., Bousselfela, Haoues, et Oueld-Mokhtar, S. (2015). Polyphénols totaux, activités antioxydante et antimicrobienne des extraits des feuilles de Marrubium deserti de Noé, *Phytothérapie*, **13**: p. 118-129.

Ghosh, GK. (1991). *Biopesticide et integrated pest management.* (APH Publishing: New Delhi). p. 19-20.

Gill, Harsimran., Chahil, Gurminder., Goyal, Gaurav., Gill, Arshdeep, et Gillett-Kaufman, Jennifer. (2014). Potato Tuberworm *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), *EDIS IFAS Extension EENY*, **587**: p. 7.

Giri, Yagya., Maharjan, Rameswor., Dochen, Tshering., Nidup, K., Sporleder, Marc, et Kroschel, Jürgen. (2013a). Efficacy of botanicals et *Bacillus thuringiensis* to control potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), in potato stores in Nepal. In *Proc. 15th Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops*, 163-170.

Giri, YP., Dangi, N., Aryal, S., Sporleder, M., Shrestha, S., Budha, CB, et Kroschel, J. (2013b). *Biology et management of potato insect pests in Nepal: Training guide for extension officers.* p. 117.

Gmelin, Rolf, et Kjær, Anders. (1970). 2-Hydroxy-2-Methylpropyl glucosinolate in *Reseda alba*, *Phytochemistry*, **9**(3): p. 599-600.

Golizadeh, Ali, et Zalucki, Myron. (2012). Estimating temperature-dependent developmental rates of potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), *Insect Science*, **19**: p. 609-620.

Gomaa, A. A., El-Sherif, S., et Hemeida, I. A. (1978). On the biology of potato tuber worm, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera, Gelechiidae), **86**(1-4): p. 290-294.

Gomaa, A., et Hemeida, I. (2009). Effect of adult diet et mating on egg laying capacity et longevity of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zeller, *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, **87**: p. 170-174.

González-Tejero, MR., Molero-Mesa, J., Casares-Porcel, M, et Lirola, MJ Martínez (1995). New contributions to the ethnopharmacology of Spain, *Journal of ethnopharmacology*, **45**(3): p. 157-165.

González García, V., Portal Onco, M, et Rubio, Víctor. (2006). Biology et Systematics of the forn genus *Rhizoctonia*, **4**(1): p. 55-79.

Gopalakrishnan, T.R. (2007). *Vegetable Crops* (New India Pub. Agency). p. 343.

Grosch, Rita., Faltin, Franziska., Lottmann, Jana., Kofoet, A, et Berg, Gabriele (2005). Effectiveness of 3 antagonistic bacterial isolates to control *Rhizoctonia solani* Kühn on lettuce et potato, *Canadian Journal of Microbiology*, **51**(4): p. 345-353.

Gupta, S.K., Sharma, R.C, et Sharma, M. (2017). *Diseases of Vegetable Ornamental et Spice Crops* (Scientific Publishers). p. 193.

Hagstrum, D, et Subramanyam, B. (2016). *Stored-Product Insect Resource* (Elsevier Science). p. 518.

Hamouda, A., Boussadia, Olfa., Khaoula, Bedis., Laarif, Asma, et Braham, Mohamed (2015). Studies on insecticidal et deterrent effects of olive leaf extracts on *Myzus persicae* et *Phthorimaea operculella*, *Journal of Entomology Zoology Studies*, **3**(6): p. 294-297.

Hanoteau, A., Letourneux, A., Mahé, A, et Hannemann, T. (2003). *La Kabylie et les coutumes kabyles* (Bouchène).

Harborne, AJ. (1998). *Phytochemical methods a guide to modern techniques of plant analysis* (springer science & business media). p. 302.

Harris, P.M. (1992). *The potato crop: the scientific basis for improvement* (Springer Science & Business Media: North Yorkshire). p. 909.

Hasnaoui, Said El., Fahr, Mouna., Keller, Catherine., Levard, Clément., Angeletti, Bernard., Chaurand, Perrine., Triqui, Zine El Abidine., Guedira, Abdelkarim., Rhazi, Laila, et Colin, Fabrice. (2020). Screening of native plants growing on a Pb/Zn mining area in eastern Morocco: Perspectives for phytoremediation, *Plants*, **9**(11): p. 1458.

Hassanali, Ahmed., Herren, Hans., Khan, Zeyaur R., Pickett, John A, et Woodcock, Christine M (2008). Integrated pest management: the push–pull approach for controlling insect pests et weeds of cereals, et its potential for other agricultural systems including animal husbandry, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **363**(1491): p. 611-621.

Hawkes, J. G, et Francisco-Ortega, J. (1993). The early history of the potato in Europe, *Euphytica*, **70**(1): p. 1-7.

Hayma, J. (2004). *Le stockage des produits agricoles tropicaux* (Fondation Agromisa: Wageningen). p. 80.

He, Zhongqi., Larkin, Robert, et Honeycutt, Wayne. (2012). *Sustainable Potato Production: Global Case Studies* (Springer: Dordrecht). p. 539.

Herman, T. J. B., Clearwater, J. R, et Triggs, C. M. (2005). Impact of pheromone trap design placement et pheromone blend on catch of potato tuber moth, *New Zealand Plant Protection*, **58**: p. 219-223.

Hernández-Carlos, Beatriz., González-Coloma, Azucena., Orozco-Valencia, Ángel Ulises., Ramírez-Mares, Marco Vinicio., Andrés-Yeves, María Fe, et Joseph-Nathan, Pedro (2011). Bioactive saponins from *Microsechium helleri* et *Sicyos bulbosus*, *Phytochemistry*, **72**(8): p. 743-751.

Herrera, J.L., Fierro, L.H, et Moreno, J.D. (2000). *Manejo Integrado Del Cultivo de la Papa* (Corpoica). p. 196.

Hide, GA., Hirst, JM, et Stedman, OJ (1973). Effects of black scurf (*Rhizoctonia solani*) on potatoes, *Annals of Applied Biology*, **74**(2): p. 139-148.

Hide, Ga., Read, Pj., Firmager, Janet P, et Hall, Sharon M (1989). Stem canker (*Rhizoctonia solani*) on five early et seven maincrop potato cultivars. II Effects on growth et yield, *Annals of Applied Biology*, **114**(2): p. 267-277.

Hill, Dennis S. (2008). *Pests of crops in warmer climates et their control* (Springer Science & Business Media). p. 704.

Hofrichter, R. (2003). *Das Mittelmeer: Fauna, Flora, Ökologie* (Spektrum Akademischer Verlag). p. 538.

Hopkins, W.G., Rambour, S, et Evrard, C.M. (2003). *Physiologie végétale* (De Boeck Supérieur). p. 532.

Horton, D.E. (1987). *Potatoes: Production, Marketing, et Programs For Developing Countries* (westview press: london). p. 243.

Horváth, Dávid. (2017). A burgonyamoly – *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873), *Agrofórum*, **28**: p. 84-88.

Hsu, Chin-Yuan., Chan, Yu-Pei, et Chang, Jeli (2007). Antioxidant activity of extract from *Polygonum cuspidatum*, *Biological research*, **40**(1): p. 13-21.

Huamán, Z. (1980). *Systematic Botany et Morphology of the Potato* (International Potato Center). p. 19.

Huignard, J., Glitho, I.A., Monge, J.P, et Regnault-Roger, C. (2011). *Insectes ravageurs des graines de légumineuses: Biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique* (Quae). p. 145.

Ibiza, B.L. (1907). *Botánica descriptiva: Compendio de la flora española y estudio especial de las plantas criptógamas y fanerógamas, indígenas y exóticas, que tienen aplicaciones en medicina, agricultura, industria y horticultura* (Librería de los Sucesores de Hernando). p. 436.

Ibrahim, Mohsen El-Sayed (2017). In vitro antagonistic activity of *Trichoderma harzianum* against *Rhizoctonia solani* the causative agent of potato black scurf et stem canker, *Egyptian Journal of Botany*, **57**(7th International Conf.): p. 173-185.

INRA. (1913). *Annales des épiphyties et de phytogénétique* (L'Institut National de la recherche agronomique, Ministère de l'agriculture. France. Direction des services sanitaires et scientifiques et de la répression des fraudes, Direction de l'agriculture).

Iqbal, Shahid, et Bhangar, MI (2006). Effect of season et production location on antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaves grown in Pakistan, *Journal of food Composition Analysis*, **19**(6-7): p. 544-551.

APG. IV, (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders et families of flowering plants: APG IV, *Botanical Journal of the Linnean Society*, **181**(1): p. 1-20.

Jafari, M., Rafee-Dastjerdi, H., Nouri-Ganbalani, G., Fathi, A., Hassanpour, M, et Ebadollahi, A (2021). Fumigant toxicity of three essential oils on *Phthorimaea operculella* (Zeller) et their impacts on parasitism of *Trichogramma brassicae* (Bezdenko), *Plant Pests Research*, **11**(1): p. 71-85.

Jayasinghe, Upali. (1993). *Le Virus de l'Enroulement de la Pomme de Terre PLRV* (International Potato Center: Pirou , Lima). p. 22.

Jing, Xu., Ning, Liu, et Runzhi, Zhang. (2012). Other Pests - China. in Philippe Giordanengo, Charles Vincent et Andrei Alyokhin (eds.), *Insect pests of potato: global perspectives on biology et management*. p. 193-226.

Joshi, M. (2018). *Text book of field crops* (PHI Learning). p. 580.

Jourdheuil, Pierre., Grison, Pierre, et Fraval, Alain (1991). La lutte biologique: un aperçu historique, *Courrier De La Cellule Environnement INRA*, **15**(15): p. 37-60.

Kabouche, A., Kabouche, Z., Seguin, E., Tillequin, F, et Bruneau, C. (2005). phenylethanoid glycoside et flavonoids from *Phlomis crinita* (Cav.)(Lamiaceae), *Biochemical systematics ecology*, **33**(8): p. 816-816.

Kabouche, Ahmed. (2005). Etude phytochimique de plantes médicinales appartenant à la famille des Lamiaceae, Université Mentouri-Constantine. Faculté des sciences exactes.

Kadereit, J.W, et Bittrich, V. (2019). *Flowering Plants. Eudicots: Apiales, Gentianales (except Rubiaceae)* (Springer International Publishing). p. 570.

Kergunteuil, Alan. (2013). Des odeurs pour protéger les cultures: utilisation de composés volatils pour modifier le comportement de la mouche du chou, *Delia radicum* et de ses ennemis naturels, Rennes 1.

Kfir, Rami. (2003). Biological control of the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* in Africa. in P. Neuenschwander, C. Borgemeister et J. Langewald (eds.), *Biological Control in IPM Systems in Africa* (CABI: London). p. 77-85.

Khan, Imran., Hussain, Hammad., Shah, Bismillah., Ullah, Waseem., Naeem, Ahmad., Ali, Waqar., Khan, Nangial., Adnan, Muhammad., Junaid, Khwaja, et Shah, Syed

Rizwan Ali (2016). Evaluation of phytobiocides et different culture media for growth, isolation et control of *Rhizoctonia solani* in vitro, *Entomol. Zool. Stud*, **4**(2): p. 417-420.

Khan, Zeyaur R, et Pickett, John A (2008). Push-pull strategy for insect pest management. in J.L. Capinera (ed.), *Encyclopedia of Entomology* (Spinger Netherlands: Dordrecht). p. 3074-3082.

Khan, ZR., Pickett, JA., Wadhams, L, et Muyekho, F (2001). Habitat management strategies for the control of cereal stemborers et striga in maize in Kenya, *International Journal of Tropical Insect Science*, **21**(4): p. 375-380.

Khare, D, et Bhale, M.S. (2016). *Seed Technology* (Scientific Publishers). p. 944.

Khoudali, S., Essaqui, A., Zertoubi, M., Azzi, M, et Benaissa, M. (2014). Study of antioxidant activity et anticorrosion action of the methanol extract of dwarf palm leaves (*chamaerops humilis* l.) from morocco, **5** (3): p. 887-898.

Kochhar, S.L. (2016). *Economic Botany* (Cambridge University Press). p. 680.

Koike, S.T., Gladders, P, et Paulus, A. (2006). *Vegetable Diseases: A Colour Handbook* (CRC Press). p. 320.

Kraft, J.M, et Pflieger, F.L. (2001). *Compendium of Pea Diseases et Pests* (APS Press). p. 67.

Kroschel, J., Kaack, HJ., Fritsch, E, et Huber, J (1996). Biological control of the potato tuber moth (*Phthorimaea operculella* Zeller) in the Republic of Yemen using granulosis virus: propagation et effectiveness of the virus in field trials, *Biocontrol Science Technology*, **6**(2): p. 217-226.

Kroschel, J, et Koch, W. (1996). Studies on the use of chemicals, botanicals et *Bacillus thuringiensis* in the management of the potato tuber moth in potato stores, *Crop protection*, **15**(2): p. 197-203.

Kroschel, J., Sporleder, M, et Carhuapoma, P. (2016). Current et potential distribution et abundance of pests: p. 17-23.

Kroschel, J., Sporleder, M., Tonnang, Henri EZ., Juarez, H., Carhuapoma, P., Gonzales, JC, et Simon, R (2013). Predicting climate-change-caused changes in global temperature on potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) distribution et abundance using phenology modeling et GIS mapping, *Agricultural Forest Meteorology*, **170**: p. 228-241.

Kroschel, Jürgen., Mujica, Norma., Okonya, Joshua, et Alyokhin, Andrei. (2020). Insect pests affecting potatoes in tropical, subtropical, et temperate regions, *The Potato Crop*: p. 251.

Kroschel, Jürgen, et Schaub, Birgit (2013). Biology et ecology of potato tuber moths as major pests of potato. in Andrei Alyokhin, Charles Vincent et Philippe Giordanengo (eds.), *Insect pests of potato: Global perspectives on biology management*. (Elsevier: Oxford, United Kingdom). p. 165-192.

Kühne, S., Burth, U, et Marx, P. (2011). *Cuidado de los cultivos biológicos al aire libre*. (Mundi-Prensa). p. 300.

Lacey, Lawrence A., Kroschel, Jurgen., Arthurs, Steven P, et de la Rosa, Francisco (2010). Control microbiano de la palomilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), **36**(02): p. 181-189.

Lagnika, Latifou. (2005). Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes béninoises, Strasbourg 1.

Lal, Lakshman (1987). Studies on natural repellents against potato tuber moth (*Phthorimaea operculella* Zeller) in country stores, *Potato Research*, **30**(2): p. 329-334.

Lamy, Fabrice. (2016). Comprendre et manipuler la communication entre les plantes et les insectes pour protéger les cultures: vers l'élaboration d'une stratégie «Push-Pull» pour lutter contre la mouche du chou (*Delia radicum*), Rennes 1.

Laouer, Hocine., Zerroug, Mohamed M., Sahli, Farida., Chaker, Adil N., Valentini, Giuseppa., Ferretti, Giovanni., Grande, Manuel, et Anaya, Josefa (2003). Composition et antimicrobial activity of *Ammoides pusilla* (Brot.) Breistr. essential oil, *Journal of Essential Oil Research*, **15**(2): p. 135-138.

Large, E.C. (1962). The advance of the fungi, *Dover, New York*: p. 477.

Lariushin, B. (2012). *Apiaceae Family: Volume 1* (Lulu.com). p. 430.

Lemoine, C. (2005). *Les fleurs méditerranéennes* (Editions Gisserot).

León, J.M., Coico, F.M, et Torres, O.G. (2002). *Taxonomia de las fanerogamas utiles del Peru* (Editora Normas Legales).

Leroux, P, et Credet, A (1978). *Document sur l'étude de l'activité des fongicides* (INRA: Versailles, France). p. 26.

Lifake, Muller Lofinda., Hance, Thierry, et Te Kazanbga, Godefroid Monde (2018). Gestion intégrée du puceron *Pentalonia nigronervosa* par la stratégie push-pull dans la région de Bengamisa, RD Congo, *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, **6(4)**: p. 569-574.

Limem-Ben Amor, Ilef ., Boubaker, Jihed., Sgaier, Mohamed Ben., Skandrani, Ines., Bhouiri, Wissem., Neffati, Aicha., Kilani, Soumaya., Bouhlel, Ines., Ghedira, Kamel, et Chekir-Ghedira, Leila (2009a). Phytochemistry et biological activities of *Phlomis* species, *Journal of ethnopharmacology*, **125(2)**: p. 183-202.

Limem-Ben Amor, Ilef ., Skandrani, Ines., Boubaker, Jihed., Ben Sghaïer, Mohamed ., Neffati, Aicha., Bhouiri, Wissem., Bouhlel, Ines., Chouchane, Nabil., Kilani, Soumaya, et Guedon, Emmanuel (2009b). Investigation of biological activity of polar extracts isolated from *Phlomis crinita* Cav ssp. *mauritanica* Munby, *Drug chemical toxicology*, **32(1)**: p. 38-46.

Limem-Ben Amor, Ilef., Neffati, Aicha., Ben Sgaier, Mohamed., Bhouiri, Wissem., Boubaker, Jihed., Skandrani, Ines., Bouhlel, Ines., Kilani, Soumaya., Ben Ammar, Rebai, et Chraief, Imed (2008). Antimicrobial activity of essential oils isolated from *Phlomis crinita* Cav. ssp. *mauritanica* Munby, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **85(9)**: p. 845-849.

Lisinska, G, et Leszczynski, W. (1989). *Potato Science et Technology* (Springer Science & Business Media: London et New york). p. 391.

Liu, Yan., Hu, Chun-Hua., Wang, Chun-Ya., Xiong, Yan., Li, Zong-Kai, et Xiao, Chun (2018). Occurrence of parthenogenesis in potato tuber moth, *Journal of Insect Science*, **18(1)**: p. 14.

López González, Ginés. (2004). *Guía De Los Árboles Y Arbustos De La Península Ibé:(especies silvestres y las cultivadas más comunes)*. (Editorial Paraninfo). p. 894.

Ma, Y. F., et Xiao, C. (2013). Push-Pull Effects of Three Plant Secondary Metabolites on Oviposition of the Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella*, *Journal of insect science (Online)*, **13**: p. 1-7.

Macheix, Jean-Jacques., Fleuriet, Annie, et Jay-Allemand, Christian. (2005). *Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique* (Presses Polytechniques et Universitaires Romandes Lausanne).

Madison, D. (2017). *The Illustrated Encyclopedia of Fruits, Vegetables, et Herbs: History, Botany, Cuisine* (Book Sales). p. 360.

Maher, Nevile., Jolivet, Marina, et Thiéry, Denis (2001). Préférence de ponte de l'eudémis, *Lobesia botrana* (Lépidoptère, Tortricidae) entre différents cépages de vigne: influence de l'information chimique à la surface des baies, *IOBC/wprs bulletin*, **24**(7): p. 103-108.

Mami, I. R., Merad-Boussalah, N., El Amine Dib, M., Tabet, B., Costa, J, et Muselli, A. (2021). Chemical Variability et Antioxidant Activities of the Essential Oils of the Aerial Parts of *Ammoides verticillata* et the Roots of *Carthamus caeruleus* et their Synergistic Effect in Combination, *Comb Chem High Throughput Screen*, **24**(1): p. 71-78.

Marchoux, Georges., Gognalons, Patrick, et Sélassié, Kahsay Gébré. (2008). *Virus des solanacées: du génome viral à la protection des cultures* (Editions Quae). p. 843.

Martín-Bravo, Santiago, et Escudero, Marcial. (2012). Biogeography of Flowering Plants: A Case Study in Mignonettes (Resedaceae) et Sedges (Carex, Cyperaceae). in, *biogeography*. p. 257-290.

Mascarin, Gabriel Moura., Alves, Sérgio Batista., Rampelotti-Ferreira, Fátima Teresinha., Urbano, Mariana Ragassi., Demétrio, Clarice Garcia Borges, et Delalibera, Italo (2010). Potential of a granulovirus isolate to control *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), *BioControl*, **55**(5): p. 657-671.

McKenzie, R. (2020). *Australia's Poisonous Plants, Fungi et Cyanobacteria: A Guide to Species of Medical et Veterinary Importance* (CSIRO PUBLISHING). p. 976.

Meisner, J., Ascher, KRS, et Lavie, D (1974). Factors influencing the attraction to oviposition of the potato tuber moth, *Gnorimoschema operculella* Zell., *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, **77**(1-4): p. 179-189.

Merouane, Abdelaziz., Saadi, Abdelkader., Noui, Abdallah, et Bader, Ammar. (2019). Evaluation of phenolic contents et antioxidant properties of the leaves et flowers of *Phlomis biloba* Desf, *International Food Research Journal*, **26**: p. 167-173.

Messiaen, C.M., Blancard, D, et Rouxel, F. (1991). *Les maladies des plantes maraîchères*, 3e éd (Quae). p. 552.

Miliauskas, G., Venskutonis, PR, et Van Beek, TA (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal et aromatic plant extracts, *Food chemistry*, **85**(2): p. 231-237.

Miller, Lloyd C, et Tainter, MLt (1944). Estimation of the ED50 et its error by means of logarithmic-probit graph paper, *Proceedings of the society for Experimental Biology Medicine* **57(2)**: p. 261-264.

Ming, KANG (2007). Oviposition Deterring Effect of Crude Extracts from Three Plants on *Phthorimaea operculella* [J], *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, **10**.

Moawad, Sawsan, et Ebadah, I.M.A. (2007). Impact of Some Natural Plant Oils on Some Biological Aspects Of the Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella*, (Zeller) (Lepidoptera : Gelechiidae) *Research Journal of Agriculture et Biotechnology Science*, **3(2)**: p. 119-123.

Mohamed Said, Ramdane, et Benmansour, Nabahat. (2018). Biological activities (antioxidant et antimicrobial activity) of the aqueous extracts et essential oil of *Ammoides verticillata* (Nounkha), *Bulletin of the University of Agricultural Sciences Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science Biotechnologies*, **75(2)**: p. 64-70.

Mohammadi, D., Eivazian Kary, N., Valizadeh, H , et Mahin Allahverdizadeh, N. (2021). Lethal toxicity of *Achillea millefolium et Marrubium vulgare* extracts, against potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera, Gelechiidae) in comparison with some synthetic pesticides, *Journal of Entomological Society of Iran*, **40(4)**: p. 339-357.

Montesdeoca , F., Panchi , N., Navarrete , I., Pallo , E., Yumisaca , F., Taïpe , A., Espinoza, S, et Andrade-Piedra, J. (2013). *Guia fotografica de las principales plagas del cultivo de la papa en Ecuador* (INIAP Archivo Historico). p. 68.

Morey, RA., Khandagle, et John, Abhay. (2020). Bioactivity of Plant Essential Oil against Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae), *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology*, **13(2)**: p. 51-56.

Mouas, Yamina., Benrebiha, F, et Chaouia, Cherifa (2017). Evaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle et de l'extrait méthanolique du *romarin rosmarinus officinalis* L, *Revue Agrobiologia*, **7(1)**: p. 363-370.

Mugniery, Didier, et Robert, Yoann. (1996). Ennemis animaux. in Patrick Rousselle, Yvon Robert et Jean-Claude Crosnier (eds.), *La pomme de terre: Production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations* (INRA Editions: Paris). p. 163-498.

Mukerji, K.G, et Manoharachary, C. (2010). *Taxonomy et Ecology of Indian Fungi* (I.K. International Publishing House Pvt. Limited). p. 293.

Mulatu, Bayeh., Applebaum, Shalom W, et Coll, Moshe (2004). A recently acquired host plant provides an oligophagous insect herbivore with enemy-free space, *Oikos*, **107**(2): p. 231-238.

Murad, F, et Bian, K. (2019). *Herbal Medicine: Back to the Future: Volume 2, Vascular Health* (Bentham Science Pub). p. 199.

Nagaraj, BT., Gururaj Sunkad, Pramesh D., Naik Manjunath, K., Patil Mahanthesh, B., Yadav Manoj, K, et Patil Naveenkumar, B (2019). Morphological, genetic et virulence diversity of *Rhizoctonia solani* isolates from different rice growing regions of Southern India, *Research Journal of Biotechnology*, **14**: p. 5.

Naghizadeh, S., Rafiee-Dastjerdi, H., Golizadeh, A., Esmailpour, B., et Mahdavi, V. (2016). The effects of essential oils of *Artemisia absinthium* L., *Achillea millefolium* L. et *Artemisia dracunculus* L. against potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae), *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, **405**(4107): p. 1-9.

Naghizadeh, Samira., Rafiee-Dastjerdi, Hooshang., Naseri, Bahram., Golizadeh, Ali, et Esmailpour, Behrouz. (2019). Insecticidal activity of essential oils from *Artemisia absinthium* L., *Artemisia dracunculus* L. et *Achillea millefolium* L. against *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae), *Journal of Crop Protection*, **8**(4): p. 479-489.

Nava-Pérez, Eusebio., García-Gutiérrez, Cipriano., Camacho-Báez, Jesús Ricardo, et Vázquez-Montoya, Elva Lorena (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas, *Ra Ximhai*, **8**(3): p. 17-29.

Navarre, Duroy A., Goyer, Aymeric, et Shakya, Roshani. (2009). Nutritional value of potatoes: vitamin, phytonutrient et mineral content in Jaspreet Singh et Lovedeep Kaur (eds.), *Advances in Potato Chemistry et Technology* (Academic Press, An Imprint Of Elsevier oxford). p. 395-424.

Nawaz, Haq., Shad, Muhammad Aslam., Rehman, Najiha., Andaleeb, Hina, et Ullah, Najeeb. (2020). Effect of solvent polarity on extraction yield et antioxidant properties of phytochemicals from bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds, *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, **56**: p. 1-9.

Nawaz, Muhammad., Mabubu, Juma Ibrahim, et Hua, Hongxia (2016). Current status et advancement of biopesticides: microbial et botanical pesticides, *Entomol Zool Stud*, **4**(2): p. 241-246.

Nebel, Sabine M. (2006). Wild food plants in Graecanic communities in Calabria, southern Italy-ethnobotany, current role in Mediterranean diets et antioxidant activity, Doctor o f Philosophy, University of London, University College London (United Kingdom).

Niroula, S, et Vaidya, Kamini. (2004). Efficacy of Some Botanicals against Potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873), *Our Nature*, **2**(1): p. 21-25.

Nirula, K. K. (1960). Control of potato tuber moth., *Indian Potato Journal*, **2**(1): p. 47-51.

Nouri-Ganbalani, Gadir., Rafiee-Dastjerdi, Hooshang., Fathi, Ali Asghar., Hassanpour, Mahdi, et Ebadollahi, Asgar. (2021). Fumigant toxicity of essential oils from three lamiaceous plants et methyl iodide against *Phthorimaea operculella* (zeller)(Lep.: Gelechiidae), *International Journal of Tropical Insect Science*: p. 1-11.

Nouri Ganbalani, G., Teimouri Bilehsavar, A., Rfiee Dastgerdi, H., Mardani Talae, M, et Mansouri, S. M. (2020). The effects of plant extracts from eucalyptus, lemon balm, soapwort et Persian hogweed against *Phthorimaea operculella* (Zeller) under laboratory conditions, *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, **33**(1): p. 189-201.

Nyabyenda, P. (2005). *Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique: Généralités, légumineuses alimentaires, plantes à tubercules et racines, céréales* ("Les" Presses Agronomiques de Gembloux). p. 223.

Ogoshi, A. (1976). Studies on the grouping of *Rhizoctonia solani* Kuhn with hyphal anastomosis, et on the perfect stage of groups, *Bull. Natl. Inst. Agric. Sci. Ser.*, **30**: p. 1-63.

Ogoshi, Akira (1987). Ecology et pathogenicity of anastomosis et intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kuhn, *Annual review of phytopathology*, **25**(1): p. 125-143.

Oliveira, B.P.P, et Rodrigues, F. (2018). *Plant Extracts in Skin Care Products* (MDPI AG). p. 144.

Ono, Tomohiro (1985a). Male approach to the female et the role of two pheromone components in the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), *Applied Entomology*, **20**(1): p. 34-42.

Ono, Tomohiro (1985b). Search behavior of pheromone-stimulated potato tuber moth males (Lepidoptera: Gelechiidae), *Journal of Ethology*, **3**(1): p. 1-4.

Ortega , E, et Fernandez, S. (2000). *Manejo integrado de la polilla minadora de la papa, Phthorimaea operculella*. p. 40.

Parmeter, J.R. (1970). *Rhizoctonia Solani, Biology et Pathology* (University of California Press). p. 255.

Parmeter Junior, J., Sherwood, R, et Platt, W (1969). Anastomosis grouping among isolates of *Thanatephorus cucumeris*, *Phytopathology*, **59**: p. 1270-1278.

Parsa, A. (1948). *Flore de l'Iran* (Ministère de l'éducation. Museum d'histoire naturelle). p. 743.

Patil, A.S. (2020). *Plant Secondary Metabolites: Isolation, Characterization & Biological Properties* (Studera Press). p. 296.

Perveen, F.K. (2018). *Moths: Pests of Potato, Maize et Sugar Beet* (IntechOpen: London). p. 94.

Peterson, R Larry., Barker, W George, et Howarth, Melanie (1985). Development et structure of tubers. in Paul Li (ed.), *Potato Physiology* (Elsevier: Orlando). p. 123-152.

Pöggeler, S, et Wöstemeyer, J. (2011). *Evolution of Fungi et Fungal-Like Organisms* (Springer Berlin Heidelberg).

Polese, J.M. (2006). *La culture des pommes de terre* (Artémis). p. 95.

Polese, J.M. (2007). *Encyclopédie visuelle des plantes sauvages* (Artémis). p. 383.

Popovici, Cristina., Saykova, Ilonka, et Tylkowski, Bartek. (2009). Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH, *Revue de Génie IndustrieL*, **4**: p. 25-39.

Popovici, Violina., Oxana, Radu., Hubenia, Viacheslav., Covaliov, Eugenia., Capcanari, Tatiana, et Popovici, Cristina (2019). Physico-chemical et sensory properties of functional confectionery products with Rosa Canina powder, *Ukrainian Food Journal*.

Pumisacho, M, et Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador* (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). p. 229.

Punt, W, et Marks, A. (1995). Resedaceae, *Review of Palaeobotany Palynology*, **88**(1-4): p. 47-59.

Quer, J. (2012). *Flora española o historia de las plantas que se crian en España (6 Tomos)* (Maxtor Editorial).

Quezel, Pierre, et Santa, Sébastien. (1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.*

Radcliffe, Edward B, et Lagnaoui, Abdelaziz. (2007). Insect pests in potato. in, *Potato Biology et Biotechnology* (Elsevier: Amsterdam). p. 543-567.

Rafińska, Katarzyna., Pomastowski, Paweł., Rudnicka, Joanna., Krakowska, Aneta., Maruška, Audrius., Narkute, Monika, et Buszewski, Bogusław (2019). Effect of solvent et extraction technique on composition et biological activity of *Lepidium sativum* extracts, *Food chemistry*, **289**: p. 16-25.

Raman, KV., Grafius, Edward, et Maredia, Karim M. (2003). The influence of biotechnology on integrated pest management in developing countries. in Karim M., D. Maredia, D. Dakouo et Mota-Sanchez (eds.), *Integrated pest management in the global arena* (CABI Publishing: Wallingford). p. 31-48.

Ramos, N.E. (2000). *La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa* (PROINPA/CID/CIP). p. 372.

Rapilly, Frantz. (1968). Les techniques de mycologie en pathologie végétale: p. 25 - 39

Rashad, Younes., Aseel, Dalia, et Hafez, Elsayed (2018). Antifungal potential et defense gene induction in maize against *Rhizoctonia* root rot by seed extract of *Ammi visnaga* (L.) Lam., *Phytopathologia Mediterranea*, **57**(1): p. 73-88.

Raven, P.H., Mason, K.A., Losos, J.B., Duncan, T., Masson, P.L, et Van Hove, C. (2020). *Biologie (version Luxe)* (De Boeck supérieur). p. 1480.

Regnault-Roger, C., Fabres, Gérard, et Philogène, B.J.R. (2005). *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement* (Lavoisier Paris). p. 1013.

Regnault-Roger, C J (2005). Molécules allélochimiques et extraits végétaux dans la protection des plantes: nature, rôle et bilan de leur utilisation au XXI^e siècle. in C J . Regnault-Roger (ed.), *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement* (Tec et Doc-Lavoisier: Paris). p. 625-650.

Regnault-Roger, Catherine (2008). Recherche de nouveaux biopesticides d'origine végétale à caractère insecticide: démarches méthodologiques et application aux plantes aromatiques méditerranéennes. in Catherine Regnault-Roger, Bernard JR Philogène et Charles Vincent (eds.), *Biopesticides d'origine végétale* (Tec et Doc-Lavoisier: Paris). p. 25-50.

Regnault-Roger, Catherine., Philogène, Bernard JR , et Vincent, Charles. (2008). *Biopesticides d'origine végétale (2e éd.)* (Lavoisier). p. 576.

Regnault-Roger, Catherine., Ribodeau, Michel., Hamraoui, Abdelhaziz., Bateau, Isabelle., Blanchard, Patrice., Gil, María, et Tomás-Barberán, Francisco. (2004). Polyphenolic compounds of Mediterranean Lamiaceae et investigation of orientational effects on *Acanthoscelides obtectus* (Say), *Journal of Stored Products Research*, **40**: p. 395-408.

Ribéreau-Gayon, Pascal. (1968). *Les Composés phénoliques des végétaux* (Dunod). p. 28-57.

Roberts, FA, et Sivasithamparam, K (1986). Identity et pathogenicity of *Rhizoctonia* spp. associated with bare patch disease of cereals at a field site in Western Australia, *Netherlands Journal of Plant Pathology*, **92**(5): p. 185-195.

Romeis, J., Shelton, A.M, et Kennedy, G. (2008). *Integration of Insect-Resistant Genetically Modified Crops within IPM Programs* (Springer Netherlands). p. 441.

Rondon, Silvia (2010). The potato tuberworm: a literature review of its biology, ecology, et control, *American Journal of Potato Research*, **87**(2): p. 149-166.

Rondon, Silvia , et Xue, Lan (2010). Practical techniques et accuracy for sexing the potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), *The Florida Entomologist*, **93**(1): p. 113-115.

Rossignol, Line, et Rousselle, Françoise-Bourgeois. (1996). Botanique, morphologie et taxonomie in Patrick Rousselle, Yvon Robert et Jean-Claude Crosnier (eds.), *La pomme de terre: production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations* (Editions Quae: Paris). p. 49-67.

Ryckewaert, P., et Rhino, B. (2017). *Insectes et acariens des cultures maraîchères en milieu tropical humide: Reconnaissance, bioécologie et gestion agro-écologique* (Quae éditions: France). p. 152.

Salamone, Amy L, et Okubara, Patricia A. (2020). Real-time PCR quantification of *Rhizoctonia solani* AG-3 from soil samples, *Journal of Microbiological Methods*, **172**: p. 105914.

Sanz, G.M., Villalba, M.B.C, et Alonso, J.L.B. (2014). *Claves Ilustradas para la Flora Valenciana* (Jolube Consultor Botánico y Editor). p. 503.

Saour, George., Al-Mariri, Ayman, et Hashem, Ali (2016). Evaluation of *Bacillus thuringiensis* cultured in wastewater sludges against the potato tuber moth (Lepidoptera: Gelechiidae), *Entomologia Generalis*: p. 149-161.

Sauvion, N., Calatayud, P.A., Thiéry, D, et Marion-Poll, F. (2013). *Interactions insectes-plantes* (IRD éditions). p. 784.

Schrack, Damien., Coquil, Xavier., Ortar, Agnès, et Benoît, Marc. (2009). Rémanence des pesticides dans les eaux issues de parcelles agricoles récemment converties à l'Agriculture Biologique, *Innovations Agronomiques*, 4: p. 259-268.

Schröder, E., Balansard, G., Cabalion, Pierre., Fleurentin, J, et Mazars, G. (1996). Médicaments et aliments: approche ethnopharmacologique= Medicines et foods: ethnopharmacological approach.

Segovia-Romani, Isaias., Palacios-Lazo, Maria., Lagnaoui, Aziz, et Castillo-Valiente, Jorge. (2003). Actividad biocida de extractos vegetales sobre larvas de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera : Gelechiidae) , en Cajamarca , peru, *Revista Peruana de Entomologia*, 43(1): p. 89-93.

Sehimi, M. (1987). *La Grande encyclopédie du Maroc: Flore et végétation* (GEM).

Senhaji, O., Faid, M., Elyachioui, M, et Dehhaoui, M (2005). Étude de l'activité antifongique de divers extraits de cannelle, *Journal de Mycologie Médicale*, 15(4): p. 220-229.

Senouci, H., Benyelles, N. G., Dib, M. E., Costa, J, et Muselli, A. (2020a). *Ammoides verticillata* Essential Oil as Biocontrol Agent of Selected Fungi et Pest of Olive Tree, *Recent Pat Food Nutr Agric*, 11(2): p. 182-188.

Senouci, H., Benyelles, N. G., Dib, M. E. A., Costa, J, et Muselli, A. (2020b). Chemical Composition et Combinatory Antifungal Activities of *Ammoides verticillata*, *Allium sativum* et *Curcuma longa* Essential Oils Against Four Fungi Responsible for Tomato Diseases, *Comb Chem High Throughput Screen*, 23(3): p. 196-204.

Senouci, Hanane., Benyelles, Nassira., Dib, Mohammed., Costa, Jean, et Muselli, Alain. (2019). Essential Oil of *Ammoides verticillata* as Biocides for the Control of Fungal

Infections et Devastating Pest (*Bactrocera oleae*) of olive tree, *Recent Pat Food Nutr Agric*, **10**(2): p. 182-188.

Senthil-Nathan, Sengottayan (2015). A review of biopesticides et their mode of action against insect pests, *Environmental sustainability*: p. 49-63.

Shahidi, F., et Ho, C.T. (2000). *Phytochemicals et Phytopharmaceuticals* (AOCS Press). p. 431.

Sharaby, Aziza. (1988). Effect of Orange, *Citrus sinensis* (L.) Peel Oil on Reproduction in *Phthorimaea operculella* (Zell.), *International Journal of Tropical Insect Science*, **9**(2): p. 201-203.

Sharaby, Aziza., Abdel-Rahman, H., et Moawad, S. (2009). Biological effects of some natural et chemical compounds on the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera:Gelechiidae), *Saudi journal of biological sciences*, **16**: p. 1-9.

Sharaby, Aziza, et Fallatah, Sahar. (2019). Protection of stored potatoes from infestation with the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller)(Lepidoptera: Gelechiidae) using plant powders, *Bulletin of the National Research Centre*, **43**(1): p. 1-7.

Sharma, DC., Rani, Sunita, et Kashyap, NP (1997). Oviposition deterrence et ovicidal properties of some plant extracts against potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zell.), *Pesticide Research Journal*, **9**(2): p. 241-246.

Shelke, SS., Jakhav, LD, et Salunkhe, GN (1987). Ovicidal action of some vegetable oils et extracts in the storage pest of potato, *Phthorimaea operculella* Zell, *Biovigyanam*, **13**(1): p. 40-41.

Singh, Pritam, et Charles, JG (1977). An artificial diet for larvae of the potato tuber moth, *New Zealand Journal of Zoology*, **4**(4): p. 449-451.

Sneh, B., Jabaji-Hare, S., Neate, S.M, et Dijst, G. (2013). *Rhizoctonia Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology et Disease Control* (Springer Netherlands). p. 578.

Sneh, Baruch., Burpee, Lee, et Ogoshi, Akira. (1991). *Identification of Rhizoctonia species* (APS press). p. 133.

Snowden, A.L. (2010). *Post-Harvest Diseases et Disorders of Fruits et Vegetables*: (CRC Press). p. 416.

Soliman, M. M. M. (2012). Toxicity et Biological Effects of some Wild Plant Extracts against Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, **22**(1): p. 19-25.

Soliman, R.F., Haggag, E.G., Mahmoud, I.I, et Badary, O.A. (2004). Phytochemical et biological study of *Reseda Alba L.* growing in Egypt, *Bulletin of Pharmaceutical Sciences, Cairo University*, **42**(03): p. 202-218.

Soni, Anjali, et Sosa, Sheetal. (2013). Phytochemical analysis et free radical scavenging potential of herbal et medicinal plant extracts, *Journal of Pharmacognosy phytochemistry*, **2**(4): p. 22-29.

Spire, D, et Rousselle, P. (1996). Origine socio-historique. in P. Rousselle, Y. Robert et J.C. Crosnier (eds.), *La pomme de terre: Production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations* (Quae: Paris). p. 25-31.

Sporleder, M., Carhuapoma, P, et Kroschel, J. (2016). Andean potato tuber moth, *Symmetrischema tangolias* (Gyen 1913). in J Kroschel, N Mujica, P Carhuapoma et M Sporleder (eds.), *Pest Distribution Risk Atlas for Africa: Potential Global Regional Distribution Abundance of Agricultural Horticultural Pests Associated Biocontrol Agents under Current Future Climates*. (International Potato Center: Lima, Peru). p. 39-53.

Sporleder, M, et Lacey, L. A. (2013). Biopesticides. in P Giordanengo, C Vincent et A Alyokhin (eds.), *Insect pests of potato: Global perspectives on biology et management* (Academic Press: Oxford). p. 463-497.

Sporleder, Marc., Kroschel, Jürgen., Quispe, Maritza, et Lagnaoui, Aziz. (2004). A Temperature-Based Simulation Model for the Potato Tuberworm, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera; Gelechiidae), *Environmental Entomology*, **33**: p. 477-486.

Städler, Erich. (2002). Plant chemical cues important for egg deposition by herbivorous insects. in Monika Hilker et Torsten Meiners (eds.), *Chemoecology of insect eggs et egg deposition* (John Wiley & Sons). p. 171-204.

Stankovic, M. (2020). *Lamiaceae Species: Biology, Ecology et Practical Uses* (MDPI AG). p. 140.

Strand, Larry. (2006). *Integrated pest management for potatoes in the western United States* (University of California Division of Agriculture et Natural Resources, UCANR Publications: California).

Struik, P.C (2007). Above-Ground et Below-Ground Plant development in D Vreugdenhil, John Edward Bradshaw, C Gebhardt, Francine Govers, D. K. L MacKerron, Mark Taylor et H. A Ross (eds.), *Potato Biology et Biotechnology: Advances et Perspectives* (Elsevier Amsterdam). p. 219-236.

Struik, P.C , et Ewing, E.E. (1995). Crop physiology of potato (*solanum tuberosum*) :Responses to photoperiod et temperature relevant to crop modelling in A. J Haverkort et D. K. L MacKerron (eds.), *Potato ecology et modelling of crops under conditions limiting growth* (Kluwer: Dordrecht). p. 19-40.

Sultana, Bushra., Anwar, Farooq, et Ashraf, Muhammad. (2009). Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts, *Molecules*, **14**(6): p. 2167-2180.

Tabassi, SA., Hosseinzadeh, H., Ramezani, M., Moghimipour, E, et Mohajeri, SA (2006). Isolation, characterization et study of enhancing effects on nasal absorption of insulin in rat of the total saponin from *Acanthophyllum squarrosum*, *Current drug delivery*, **3**(4): p. 399-404.

Tamert, A, et Latreche, A. (2016). Activité antioxydante des extraits de six Lamiaceae aromatiques de l'Algérie occidentale, *Phytothérapie*: p. 1-8.

Tamert, A., Latreche, A, et Mehdadi, Z. (2015). Analyse quantitative des polyphénols de quelques espèces de Lamiacées dans la région de Sidi Bel Abbès (Ouest algérien), *Journal européen de la recherche scientifique*, **130**(1): p. 131-140.

Tantowijoyo, Warsito , et Van De Flie, Elske (2006). *All about Potatoes A Handbook to the Ecology et Integrated Management of Potato.*

Tariq, Mohsin., Yasmin, Sumera, et Hafeez, Fauzia Y (2010). Biological control of potato black scurf by rhizosphere associated bacteria, *Brazilian Journal of Microbiology*, **41**(2): p. 439-451.

Tayoub, Ghaleb., Alorfi, Malik, et Ismail, Hala (2016). Fumigant toxicities of essential oils et two monoterpenes against potato tuber moth (*Phthorimaea operculella* Zeller), *Herba Polonica*, **62**(4): p. 82-96.

Tephly, Thomas R. (1991). The toxicity of methanol, *Life Sciences*, **48**(11): p. 1031-1041.

Thakur, M, et Chandla, V.K. (2013). Evaluation of bio-pesticides for potato tuber moth control, *phthorimaea operculella* (Zeller) under polyhouse et rustic storage conditions, *Potato Journal*, **40**(2): p. 135-141.

Thiéry, Denis., Derridj, Sylvie., Calatayud, Paul-André., Maher, Nevile, et Marion-Poll, Frédéric (2013). L'insecte au contact des plantes. in N. Sauvion, P. A. Calatayud, D. Thiéry et F. Marion-Poll (eds.), *Interactions insectes-plantes* (Editions Quae: France). p. 347-368.

Tomás-Barberán, Francisco A., Gil, María ., Ferreres, Federico, et Tomás-Lorente, Francisco (1992). Flavonoid p-coumaroylglucosides et 8-hydroxyflavone allosylglucosides in some Labiatae, *Phytochemistry*, **31**(9): p. 3097-3102.

Torres, H. (2002). *Manual de las enfermedades mas importantes de la papa en el Peru* (Centro Internacional de la Papa). p. 59.

Traynier, R.M.M (1975). Field et laboratory experiments on the site of oviposition by the potato moth *Phthorimaea operculella* (Zell.)(Lepidoptera, Gelechiidae), *Bulletin of Entomological Research*, **65**(3): p. 391-398.

Traynier, RMM (1983). Influence of plants et adult food on the fecundity of the potato moth, *Phthorimaea operculella*, *Entomologia experimentalis et applicata*, **33**(2): p. 145-154.

Trease, GE, et Evans, WC. (1987). *A text book of pharmacognosy. ELSB Baillere Tindal* (Oxford).

Trigiano, R.N., Windham, M.T, et Windham, A.S. (2008). *Plant Pathology Concepts et Laboratory Exercises* (Taylor & Francis). p. 558.

Tsrer, Leah (2010). Biology, epidemiology et management of *Rhizoctonia solani* on potato, *Journal of Phytopathology*, **158**(10): p. 649-658.

Udayagiri, Sujaya, et Mason, Charles E (1997). Epicuticular wax chemicals in *Zea mays* influence oviposition in *Ostrinia nubilalis*, *Journal of Chemical Ecology*, **23**(7): p. 1675-1687.

Valencia, Luis., Rice, MJ , et Embryology. (1982). Contact chemoreceptors on the ovipositor of the potato moth, *Phthorimaea operculella* (Zell.)(Lepidoptera: Gelechiidae), *International Journal of Insect Morphology*, **11**(2): p. 121-128.

Van der Zaag, D. E. (1980). *Potatoes et Their Cultivation In The Netherlands* (Netherlands Potato Consultative Institute: The Hague, The Netherlands). p. 06.

Verbois, S. (2003). *Plantes et herbes aromatiques. Saveurs et vertus* (Fernand Lanore).

Vétek, Gábor., Timus, A., Chubinishvili, Mariam., Avagyan, G., Torchan, Vardan., Hajdú, Zs., Veres, Andrea, et Nersisyan, Avetik. (2017). Integrated pest management of major pests et diseases in Eastern Europe et the Caucasus. In.: Food et Agriculture Organization of the United Nations.

Victor, Okombe Embeya, et Gaël, Nzuzi Mavungu (2019). Etude de l'activité antibactérienne (in vitro) des extraits aqueux et méthanoliques de l'ail (*Allium sativum* L.), *Journal of Applied Biosciences*, **141**: p. 14419-14425.

Visser, Diedrich. (2004). The potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), in South Africa: potential control measures in non-refrigerated store environments, University of Pretoria.

Von Arx, R, et Gebhardt, F (1990). Effects of a granulosis virus, et *Bacillus thuringiensis* on life-table parameters of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*, *Entomophaga*, **35**(1): p. 151-159.

Wagner, Hildebert, et Bladt, Sabine. (1996). *Plant drug analysis: a thin layer chromatography atlas* (Springer Science & Business Media).

Wale, S.J., Platt, H.W, et Cattlin, N.D. (2008). *Diseases, Pests et Disorders of Potatoes: A Color Handbook* (Academic Press/Elsevier). p. 176.

Walter, Stevenson., Rosemary, Loria., Gary, Franc, et Weingartner, DP. (2001). *Compendium of potato diseases*.

Weinhold, AR., Bowman, T, et Hall, DH (1982). Rhizoctonia disease of potato: effect on yield et control by seed tuber treatment [*Solanum tuberosum*], *Plant Diseases*: p. 815-818.

Welbaum, G.E. (2015). *Vegetable Production et Practices* (CABI). p. 486.

Wharton, Phillip., Kirk, William., Berry, Devan, et Snapp, Sieglinde (2007). Rhizoctonia stem canker et black scurf of potato, *Extension Bulletin*, **2994**: p. 5.

Wilfred, Vermerris, et Nicholson, Ralph. (2006). *Phenolic compound biochemistry* (Springer).

Woodhall, James W., Adams, Ian P., Peters, Jeff C., Harper, Glyn, et Boonham, Neil. (2013). A new quantitative real-time PCR assay for *Rhizoctonia solani* AG3-PT et the

detection of AGs of *Rhizoctonia solani* associated with potato in soil et tuber samples in Great Britain, *European journal of plant pathology*, **136**(2): p. 273-280.

Woodhall, JW., Lees, AK., Edwards, SG, et Jenkinson, P (2008). Infection of potato by *Rhizoctonia solani*: effect of anastomosis group, *Plant Pathology*, **57**(5): p. 897-905.

Woods, J. (1850). *The Tourist's Flora: A Descriptive Catalogue of the Flowering Plants et Ferns of the British Islands, France, Germany, Switzerland, Italy et the Italian Islands* (Reeve et Benham). p. 82.

Xiong, Quanbo., Wilson, William, et Pang, Jihai. (2007). The Liebermann–Burchard Reaction: Sulfonation, Desaturation, et Rearrangement of Cholesterol in Acid, *Lipids*, **42**: p. 87-96.

Xiong, Yan., Han, Rui., Hu, Chunhua., Wang, Jing, et Xiao, Chun. (2021). Influences of Chemical et Physical Stimuli on Oviposition Behavior of *Phthorimaea operculella*, *Sciences agricoles de la Chine*, **54**(3): p. 573-582.

Xue, Dong., Chen, Dan., Wang, Xinwei., Wang, Xiufang., Zhao, Chong, et Ren, Guangwei. (2013). Sexing of *Phthorimaea operculella* Pupae *Tobacco Science & Technology*, **46**(9): p. 85.

Yanar, Yusuf., Yilmaz, Gungor., Cesmeli, Ibrahim, et Coskun, Sinasi. (2005). Characterization of *Rhizoctonia solani* isolates from potatoes in turkey et screening potato cultivars for resistance to AG-3 isolates, *Phytoparasitica*, **33**(4): p. 370-376.

Yougbaré-Ziébrou, M. N., Ouédraogo, N., Lompo, M., Bationo, H., Yaro, B., Gnoula, C., Sawadogo, W. R, et Guissou, I. P. (2016). Anti-inflammatory, analgesic et antioxidant activities of an aqueous extract of *Saba senegalensis* Pichon stems with leaves (Apocynaceae), *Phytothérapie*, **14**(4): p. 213-219.

Zelege, Tekalign., Mulatu, Bayeh, et Negeri, Mulugeta (2015). Potato Tuber Moth, *Phthorimaea Operculella* (Zeller) Management using Entomopathogenic Fungi on Seed Potato Tuber in West Showa, Ethiopia, *Journal of Plant Sciences*, **3**(4): p. 207-211.

Zheng, Ya-Qiang., Zhang, Li-Min., Bin, Chen., Yan, Nai-Sheng., Gui, Fu-Rong., Zan, Qing-An., Du, Guang-Zu., He, Shu-Qi., Li, Zheng-Yue, et Gao, Yu-Lin (2020). Potato/Maize intercropping reduces infestation of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) by the enhancement of natural enemies, *Journal of Integrative Agriculture*, **19**(2): p. 394-405.

Zhishen, Jia., Mengcheng, Tang, et Jianming, Wu (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry et their scavenging effects on superoxide radicals, *Food chemistry*, **64**(4): p. 555-559.

Ziani, Borhane EC., Barros, Lillian., Boumehira, Ali Z., Bachari, Khaldoun., Heleno, Sandrina A., Alves, Maria Jose, et Ferreira, Isabel CFR (2018). Profiling polyphenol composition by HPLC-DAD-ESI/MSn et the antibacterial activity of infusion preparations obtained from four medicinal plants, *Food function*, **9**(1): p. 149-159.

Ziani, Borhane EC., Calhelha, Ricardo C., Barreira, João CM., Barros, Lillian., Hazzit, Mohamed, et Ferreira, Isabel CFR. (2015). Bioactive properties of medicinal plants from the Algerian flora: Selecting the species with the highest potential in view of application purposes, *Industrial Crops Products*, **77**: p. 582-589.

Sites web

<https://fr.db-city.com/Alg%C3%A9rie--Tissemsilt--Lardjem>. Consulté 17/05/2021

https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/lardjem_alg%c3%a9rie_2479203. Consulté le 25/05/2021

Annexes

Annexe 01 :

Tableau 24 : Analyse de la variance a un facteur de l'effet des extraits sur le rendement d'extraction d'*Ammoides verticillata*.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	20,162	2	10,081	26,685	,001
A l'intérieur des groupes	2,267	6	,378		
Total	22,429	8			

Tableau 25 : Analyse de la variance a un facteur de l'effet des extraits sur le rendement d'extraction de *Phlomis crinita*.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	86,442	2	43,221	99,232	,000
A l'intérieur des groupes	2,613	6	,436		
Total	89,056	8			

Tableau 26 : Analyse de la variance a un facteur de l'effet des extraits sur le rendement d'extraction de *Reseda alba*.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	324,495	2	162,248	273,943	,000
A l'intérieur des groupes	3,554	6	,592		
Total	328,049	8			

Tableau 27 : Analyse test T du Student pour l'égalité des moyennes des flavonoïdes pour les trois extraits.

		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes		
		F	P	t	Degré de liberté	P (bilatéral)
		<i>Ammoides verticillata</i>	Hypothèse de variances égales	4,622	098	1,940
	Hypothèse de variances inégales			1,940	2,272	,176
<i>Phlomis crinita</i>	Hypothèse de variances égales	2,079	223	,503	4	,067
	Hypothèse de variances inégales			,503	2,683	,097
<i>Reseda alba</i>	Hypothèse de variances égales	1,046	364	2,247	4	,088
	Hypothèse de variances inégales			2,247	2,785	,117

Tableau 28 : Analyse test T du Student pour l'égalité des moyennes des polyphénols pour les trois extraits.

		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes		
		F	P	t	Degré de liberté	P (bilatéral)
<i>Ammoides verticillata</i>	Hypothèse de variances égales	,050	,834	12,231	4	,000
	Hypothèse de variances inégales			12,231	3,997	,000
<i>Phlomis crinita</i>	Hypothèse de variances égales	,044	,844	-,811	4	,463
	Hypothèse de variances inégales			-,811	3,992	,463
<i>Reseda alba</i>	Hypothèse de variances égales	,179	,694	-4,964	4	,008
	Hypothèse de variances inégales			-4,964	3,526	,011

Tableau 29 : Analyse test T du Student pour l'égalité des moyennes des tanins pour les trois extraits.

		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes		
		F	P	t	Degré de liberté	P (bilatéral)
<i>Ammoides verticillata</i>	Hypothèse de variances égales	2,849	,167	,537	4	,620
	Hypothèse de variances inégales			,537	2,682	,633
<i>Phlomis crinita</i>	Hypothèse de variances égales	1,027	,368	,331	4	,757
	Hypothèse de variances inégales			,331	3,475	,759
<i>Reseda alba</i>	Hypothèse de variances égales	5,210	,085	10,350	4	,000
	Hypothèse de variances inégales			10,350	2,383	,005

Tableau 30 : Analyse de la variance des différentes quantités des anthocyanes entre les trois plantes

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	,022	2	,011	4,793	,057
A l'intérieur des groupes	,014	6	,002		
Total	,035	8			

Tableau 31 : Analyse de la variance a un facteur de l'effet de la température sur la longévité de *Phthorimaea operculella*

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	300,711	8	37,589	35,989	,000
A l'intérieur des groupes	37,600	36	1,044		
Total	338,311	44			

Tableau 32 : Analyse de la variance a un facteur de l'effet de la température sur la fécondité de *Phthorimaea operculella*

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	5455,111	8	681,889	395,935	,000
A l'intérieur des groupes	62,000	36	1,722		
Total	5517,111	44			

Tableau 33 : Analyse de la variance a un facteur de l'effet du régime alimentaire sur la longévité de *Phthorimaea operculella*.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	63,860	4	15,965	19,621	,000
A l'intérieur des groupes	77,300	95	,814		
Total	141,160	99			

Tableau 34 : Analyse de la variance a un facteur de l'effet du régime alimentaire sur la fécondité de *Phthorimaea operculella*.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	27778,560	4	6944,640	306,514	,000
A l'intérieur des groupes	2152,400	95	22,657		
Total	29930,960	99			

Tableau 35 : Analyse de la variance de l'effet des extraits sur les IC₅₀.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	,063	2	,032	677,176	,000
A l'intérieur des groupes	,000	6	,000		
Total	,064	8			

Tableau 36 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* sur la mortalité des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	35047,213	4	8761,803	396,459	,000
À l'intérieur des groupes	552,504	25	22,100		
Total	35599,717	29			

Tableau 37 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur la mortalité des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	25178,088	4	6294,522	223,514	,000
À l'intérieur des groupes	704,041	25	28,162		
Total	25882,128	29			

Tableau 38 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur la mortalité des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	23415,422	4	5853,855	140,793	,000
À l'intérieur des groupes	1039,444	25	41,578		
Total	24454,866	29			

Tableau 39 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Ammoides verticillata* sur le taux de nymphose des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	32038,115	4	8009,529	185,754	,000
À l'intérieur des groupes	1077,975	25	43,119		
Total	33116,090	29			

Tableau 40: Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux *Phlomis crinita* sur le taux de nymphose des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	13586,085	4	3396,521	16,572	,000
À l'intérieur des groupes	5123,773	25	204,951		
Total	18709,859	29			

Tableau 41 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux *Reseda alba* sur le taux de nymphose des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	34643,322	4	8660,831	859,494	,000
À l'intérieur des groupes	251,917	25	10,077		
Total	34895,239	29			

Tableau 42 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* sur le taux d'émergence de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	32293,829	4	8073,457	103,551	,000
À l'intérieur des groupes	1949,143	25	77,966		
Total	34242,972	29			

Tableau 43 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur le taux d'émergence de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	14792,615	4	3698,154	18,603	,000
À l'intérieur des groupes	4969,958	25	198,798		
Total	19762,574	29			

Tableau 44 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur le taux d'émergence de *Phthorimaea operculella* (trempage des tubercules).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	36187,155	4	9046,789	195,719	,000
À l'intérieur des groupes	1155,583	25	46,223		
Total	37342,739	29			

Tableau 45 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* sur l'indice de dommage (trempage des tubercules).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	3500,000	4	875,000	38,603	,000

À l'intérieur des groupes	566,667	25	22,667		
Total	4066,667	29			

Tableau 46 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur l'indice de dommage (trempage des tubercules).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
	2666,667	4	666,667	41,667	,000
	400,000	25	16,000		
	3066,667	29			

Tableau 47 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur l'indice de dommage (trempage des tubercules).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
	2753,333	4	688,333	39,712	,000
	433,333	25	17,333		
	3186,667	29			

Tableau 48 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* sur la mortalité des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des larves).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	31412,434	4	7853,109	321,013	,000
À l'intérieur des groupes	611,589	25	24,464		
Total	32024,023	29			

Tableau 49 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur la mortalité des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des larves).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
	28865,523	4	7216,381	277,766	,000
	649,502	25	25,980		
	29515,025	29			

Tableau 50 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur la mortalité des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des larves).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
	32002,170	4	8000,543	327,001	,000
	611,660	25	24,466		
	32613,830	29			

Tableau 51 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* sur le taux de nymphose des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des larves).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	38434,775	4	9608,694	121,325	,000
À l'intérieur des groupes	1979,955	25	79,198		
Total	40414,730	29			

Tableau 52 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur le taux de nymphose des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des larves).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	15135,570	4	3783,893	5,942	,002
À l'intérieur des groupes	15921,057	25	636,842		
Total	31056,627	29			

Tableau 53 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur le taux de nymphose des larves de *Phthorimaea operculella* (trempage des larves).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	36579,861	4	9144,965	362,113	,000
À l'intérieur des groupes	631,362	25	25,254		
Total	37211,223	29			

Tableau 54 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux d'*Ammoides verticillata* sur le taux d'émergence (trempage des larves).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	38965,181	4	9741,295	110,288	,000
À l'intérieur des groupes	2208,148	25	88,326		
Total	41173,330	29			

Tableau 55 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur le taux d'émergence (trempage des larves).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	15707,985	4	3926,996	6,671	,001
À l'intérieur des groupes	14716,305	25	588,652		
Total	30424,290	29			

Tableau 56 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur le taux d'émergence (trempage des larves).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	37813,120	4	9453,280	122,630	,000
À l'intérieur des groupes	1927,195	25	77,088		
Total	39740,315	29			

Tableau 57 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Ammoides verticillata* sur le taux d'éclosion des œufs de *Phthorimaea operculella* (trempage des œufs).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	21307,484	4	5326,871	170,487	,000
À l'intérieur des groupes	312,451	10	31,245		
Total	21619,935	14			

Tableau 58 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur le taux d'éclosion des œufs de *Phthorimaea operculella* (trempage des œufs).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	21949,156	4	5487,289	1947,892	,000
À l'intérieur des groupes	28,170	10	2,817		
Total	21977,326	14			

Tableau 59 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur le taux d'éclosion des œufs de *Phthorimaea operculella* (trempage des œufs).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	20247,484	4	5061,871	7840,326	,000
À l'intérieur des groupes	6,456	10	,646		
Total	20253,940	14			

Tableau 60 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Ammoides verticillata* sur le taux d'émergence (trempage des œufs).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	27589,916	4	6897,479	273,891	,000
À l'intérieur des groupes	251,833	10	25,183		

Total	27841,749	14			
-------	-----------	----	--	--	--

Tableau 61 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Phlomis crinita* sur le taux d'émergence (trempage des œufs).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	24537,996	4	6134,499	75,468	,000
À l'intérieur des groupes	812,860	10	81,286		
Total	25350,856	14			

Tableau 62 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations de l'extrait aqueux de *Reseda alba* sur le taux d'émergence (trempage des œufs).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	20328,251	4	5082,063	255,568	,000
À l'intérieur des groupes	198,853	10	19,885		
Total	20527,104	14			

Tableau 63 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations sur la ponte de la teigne de la pomme de terre (OSI) pour (*Ammoides verticillata*).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	26784,248	5	5356,850	485,265	,000
À l'intérieur des groupes	132,468	12	11,039		
Total	26916,716	17			

Tableau 64 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations sur la ponte de la teigne de la pomme de terre (OSI) pour (*Phlomis crinita*).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	1816,953	5	363,391	106,037	,000
À l'intérieur des groupes	41,124	12	3,427		
Total	1858,078	17			

Tableau 65 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations sur la ponte de la teigne de la pomme de terre (OSI) pour (*Reseda alba*).

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	4600,778	5	920,156	15,222	,000
À l'intérieur des groupes	725,391	12	60,449		
Total	5326,169	17			

Tableau 66 : Analyse de la variance de l'effet des différentes combinaisons (AA) sur l'effet Push-Pull.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	152,869	2	76,435	2,976	,126
À l'intérieur des groupes	154,081	6	25,680		
Total	306,950	8			

Tableau 67 : Analyse de la variance de l'effet des différentes combinaisons (AP) sur l'effet Push-Pull.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	1313,790	2	656,895	87,033	,000
À l'intérieur des groupes	45,286	6	7,548		
Total	1359,076	8			

Tableau 68 : Analyse de la variance de l'effet des différentes combinaisons (PA) sur l'effet Push-Pull.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	44,673	2	22,337	9,483	,014
À l'intérieur des groupes	14,132	6	2,355		
Total	58,805	8			

Tableau 69 : Analyse de la variance de l'effet des différentes combinaisons (PR) sur l'effet Push-Pull.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	379,209	2	189,605	136,103	,000
À l'intérieur des groupes	8,359	6	1,393		
Total	387,568	8			

Tableau 70 : Analyse de la variance de l'effet des différentes combinaisons (RA) sur l'effet Push-Pull.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	520,017	2	260,009	47,265	,000
À l'intérieur des groupes	33,007	6	5,501		
Total	553,024	8			

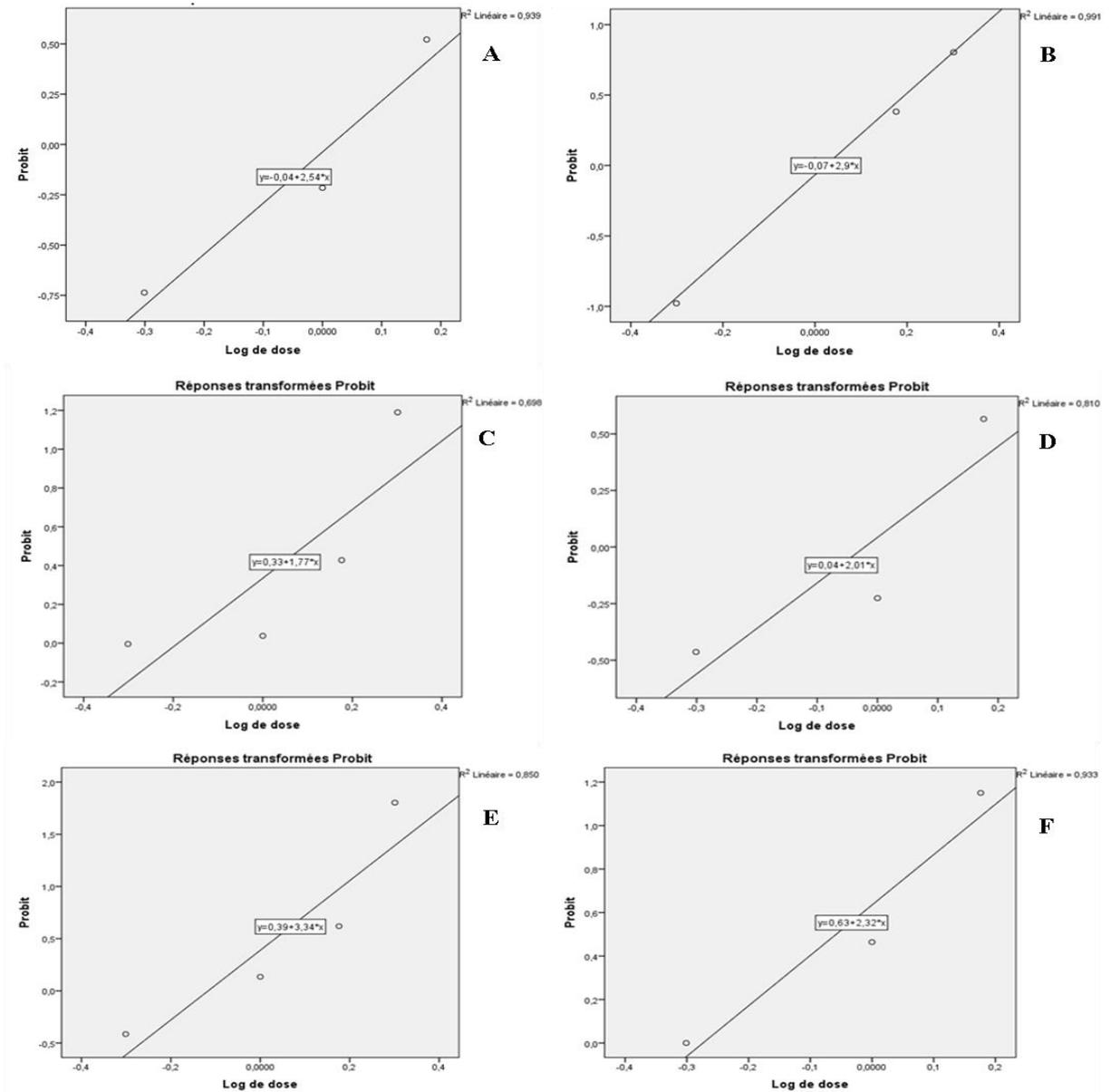
Tableau 71 : Analyse de la variance de l'effet des différentes combinaisons (RP) sur l'effet Push-Pull.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	1555,881	2	777,940	131,904	,000
À l'intérieur des groupes	35,387	6	5,898		
Total	1591,267	8			

Tableau 72 : Analyse de la variance de l'effet des concentrations des extraits sur *Rhizoctonia solani*.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	P
Entre groupes	13576,597	12	1131,383	12,655	,000
À l'intérieur des groupes	2324,385	26	89,399		
Total	15900,982	38			

Annexe 02



A : Figure 56 : Courbe de CL₅₀ pour l'extrait *Ammoides verticillata* (trempage des tubercules).

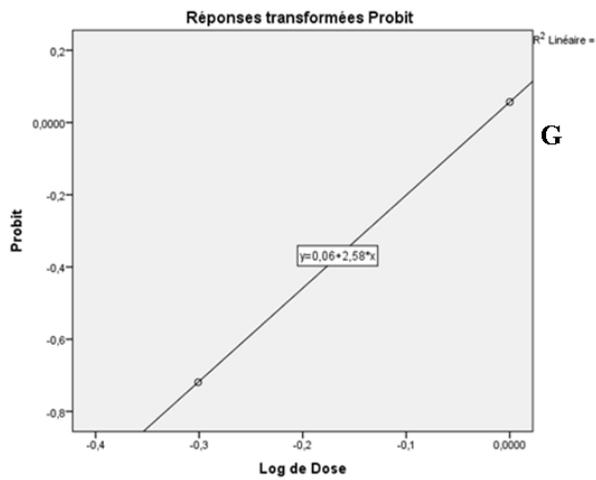
B : Figure 57 : Courbe de CL₅₀ pour l'extrait *Phlomis crinita* (trempage des tubercules).

C : Figure 58 : Courbe de CL₅₀ pour l'extrait *Reseda alba* (trempage des tubercules).

D : Figure 59 : Courbe de CL₅₀ pour l'extrait *Ammoides verticillata* (trempage des larves).

E : Figure 60 : Courbe de CL₅₀ pour l'extrait *Phlomis crinita* (trempage des larves).

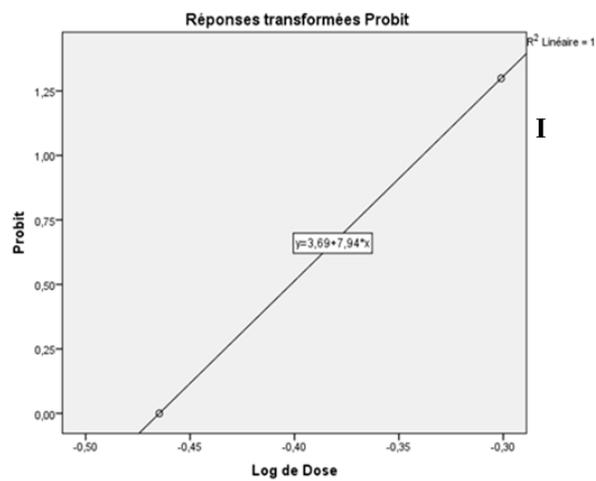
F : Figure 61 : Courbe de CL₅₀ pour l'extrait *Reseda alba* (trempage des larves).



G



H



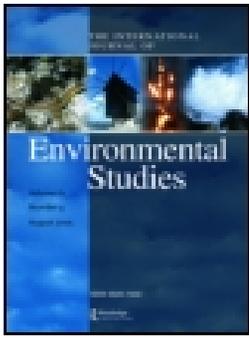
I

G : Figure 62 : Courbe de CL_{50} pour l'extrait *Ammoides verticillata* (trempage des œufs).

H : Figure 63 : Courbe de CL_{50} pour l'extrait *Phlomis crinita* (trempage des œufs).

I : Figure 64 : Courbe de CL_{50} pour l'extrait *Reseda alba* (trempage des œufs).

Publication associée



The efficacy of three different plant extracts on some biological features of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) by different application methods

Keltouma Mazrou, Fatiha Labdelli, Fatima Bousmaha, Mokhtaria Chelef & Malika Adamou-Djerbaoui

To cite this article: Keltouma Mazrou, Fatiha Labdelli, Fatima Bousmaha, Mokhtaria Chelef & Malika Adamou-Djerbaoui (2021): The efficacy of three different plant extracts on some biological features of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) by different application methods, International Journal of Environmental Studies, DOI: [10.1080/00207233.2021.1902248](https://doi.org/10.1080/00207233.2021.1902248)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/00207233.2021.1902248>



Published online: 23 Mar 2021.



Submit your article to this journal [↗](#)



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

ARTICLE



The efficacy of three different plant extracts on some biological features of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) by different application methods

Keltouma Mazrou ^a, Fatiha Labdelli^a, Fatima Bousmaha^b, Mokhtaria Chelef ^a and Malika Adamou-Djerbaoui^a

^aSNV Faculty, Agrobiotechnology and Nutrition Laboratory in Semi-arid Zone, University of Tiaret, Tiaret, Algeria; ^bInstitute of Veterinary Sciences, Laboratory of Hygiene and Animal Pathology, University of Tiaret, Tiaret, Algeria

ABSTRACT

This study tries to apply three plant extracts to protect potato tubers during storage periods, against attacks of the potato tuber moth (*Phthorimaea operculella*). Bioassays were used to determine the effect of the three selected plants extracts, *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* and *Reseda alba*, at different concentrations: 0.5%, 1%, 1.5% and 2%. The different biological features and the damage index of potato tubers have been evaluated. In the tuber dipping method, the highest mortality (100%) occurred at the concentration of 2% for the aqueous extract of *Ammoides verticillata* with (zero) damage index. On the other hand, in the larva dipping method, by the extracts *Ammoides verticillata* and *Reseda alba*, the results showed total larval mortality at the highest concentrations, whereas they caused total inhibition of egg hatching at 1% concentration.

KEYWORDS

Phthorimaea operculella; extracts; efficacy; dipping; protection

Introduction

Potato is one of the most planted crops worldwide, like rice, wheat and corn. It is cultivated in more than one hundred countries [1]. Its crop yield depends on diseases and pests. Among the major pests that affect the potato, the potato tuber moth, [*Phthorimaea operculella* Zeller (Lep: Gelechiidae)], is well-known for its ability to adapt to different environments, its high reproduction rate and its strong dependency on the host plant [2–4]. Furthermore, this pest's yield damage is related to the larval foliage and tubers mining. There are several control methods against the potato tuber moth. Pesticides, for instance, are a very effective method [4,5]; but, they are harmful to the health of the consumer, the user, and the groundwater and surface water as they cause long-lasting pollution. Besides, pesticides pollute the air by volatilisation from the ground [6–9]. Therefore, there is research into bio-pesticides as the alternative method for plant protection [10].

CONTACT Keltouma Mazrou  keltouma.mazrou@univ-tiaret.dz  Faculty of Nature and Life Sciences, University of Tiaret, BP 78, Tiaret 14000, Algeria

© 2021 Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group

It is reported that more than 600 plant species in the world can control harmful insects and pests [11]. There have been many studies on plants as a control agent for potato tuber moth, such as *Lonchocarpus nicou*, *Azadirachta indica*, *Lantana camara*, *Schinus molle*, *Eucalyptus globulus*, *Pyrethrum* flowers powder (*Chrysanthemum* spp) [12,13]. Tayoub et al. [14] reported that it was possible to control potato tuber moth with the essential oil of *Juniperus foetidissima*.

Rafiee Dastjerdi et al. [15] found that the *European pennyroyal* has a toxic effect on adult moth, with an LC50 of 0.056 $\mu\text{L/L}$.

The use of these plants has been proven to cause a lethal or repellent effect on pests because secondary chemicals. Each plant species has its unique complex chemical structure [16].

In the number of toxic plants, Erdogan and Yilmaz [17] mentioned that the extracts of *Leptospermum petersonii*, *Achillea wilhelmsii* and *Tanacetum parthenium*, showed 100%, 82% and 87% mortality respectively. In addition, the extract of *Artemisia* sp. and *Acorus calamus* rhizomes, had the ability to reduce significantly the damage caused by the potato tuber moth [18]. Segovia-Romani et al. [19] found that the plants that caused greater mortality were *Erythrina edulis*, *Paranephelius uniflorus* and *Salvia stypheles*.

This work aims to study the effect of various aqueous extracts of three endemic plants in Algeria (*Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* and *Reseda alba*), to protect potatoes from the potato tuber moth during the storage period.

Materials and methods

Insect breeding

The breeding of the potato tuber moth was carried out under the laboratory conditions of $27 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ relative humidity (RH) and photoperiod of 14:10 light:dark (L:D); using the method described by Badegan and Ngameni [20], and Visser [21]. The tubers infested with *Phthorimaea operculella* larvae were obtained and stored in a breeding cage ($40 \times 60 \times 40$ cm). The bottom of the cage was covered with a thin layer of disinfected sand, for successful pupation and easy collection of pupae. The adult insects were taken in glass jars (15×20 cm) and fed a 10% sugar solution as a daily-renewed food source. The jars were closed with a mesh on which a piece of filter paper was placed to deposit the eggs.

Plant material

The selected plants of our study were harvested from the Lardjem forest during the aromatisation period. The aerial part of the plants was cleaned and dried in the dark at room temperature ($25 \pm 1^\circ\text{C}$). Finally, the plants were reduced to a powder and stored in glass flasks at the laboratory away from moisture and heat.

Preparation of extracts

To prepare the aqueous extracts of selected plants we used the technique proposed by Yougbaré-Ziébrou et al. [22]. An infusion of 50 g of dried plant material was crushed and

added to 500 ml of boiling distilled water. Thereafter, the mixture was left for 24 hours with continuous stirring. Finally, it was filtered through n° 04 Wattman paper; and the resulting filtrate was dried in the oven at 40°C and then stored at 4°C in flasks covered with aluminium.

The methods of the biological test

The bioassays were used to determine the effect of the selected plants extracts; *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* and *Reseda alba* at the different concentrations of 0.5%, 1%, 1.5% and 2%. These concentrations were prepared with distilled water, and the experiments were carried out under laboratory conditions $27 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ relative humidity (RH) and photoperiod of 14:10 light:dark (L: D). Each test was repeated six times.

Potato dipping

A potato tuber (about 150 g) was immersed in the prepared extracts for 30 seconds. Secondly, the tuber were left to dry for 30 minutes. After drying, the tubers were placed in containers of (20 × 20 × 10 cm) with 10 newly hatched larvae in each container. Thereafter, the containers were placed in the laboratory for study of the following biological features: percentage of larval mortality, percentage of pupation, percentage of the emergence of adults and the index of the tuber damage.

Damage index of the potato tubers

The assessment of the mean damage index was determined according to the infestation categories based on the number of larval tunnels visible by external examination. The mean of the tuber damage index (D.I) for each experiment was determined by Fenemore's formula [23].

$$D.I = \frac{(n^\circ \text{Slight} \times 1) + (n^\circ \text{Moderate} \times 2) + (n^\circ \text{Severe} \times 3)}{\text{Total numbers of tubers}} \times 10$$

The maximum possible index is, thus, 30 tunnels/tuber if all tubers fall into the severe category (Table 1).

Larvae dipping

Ten fourth instar larvae were immersed in the prepared concentrations for 30 seconds and then transferred to plastic containers (20 x 20 × 10 cm) with the potato tubers. The containers were placed in the laboratory where the following biological features were

Table 1. Categories of visible infestation of tuber damage for the calculation of the damage index, according to Fenemore's formula [23].

Category	Definition	Factor
1. Clean	No visible sign of infestation	0
2. Slight	One or two mines, which could be easily removed on peeling	x1
3. Moderate	More than two mines and up to one third of the tuber surface damaged	x2
4. Severe	More than one third of the surface of the tuber damaged.	x3

studied in each of the six (06) experiment repetitions: percentage of larval mortality, percentage of pupation and the percentage of adult emergence.

Eggs dipping

The eggs of the potato tuber moth deposited on the filter paper were counted using a magnifying glass. They were placed in a container then numbered and divided into several groups. The different groups of eggs were immersed in different concentrations to test the toxicity of the aqueous extracts. Regarding the control group, the treatment was carried out with distilled water. After drying for 20 minutes, batches of eggs from the filter paper were inserted into plastic containers (20 × 20 × 10 cm) with potato tubers. Hatching percent was recorded after 3 days. Finally, we studied the percentage of hatching and the percentage of adult emergence.

Statistical analysis

The corrected percentage of insect mortality was calculated using Abbott's formula [24]. The results were expressed as the mean ± standard error of the mean (S.E.M.). All data were statistically subjected to one-way analysis of variance (ANOVA) followed by a post hoc test which treated one group as a control group which was compared to the other groups. The treatments were statistically significant if the analyses report significant differences in value ($p < 0.05$), through the computer program 'SPSS' (v22).

Results and discussion

Much research was done from 1915 to 1993 into the efficacy of plants against potato tuber moth; Das [25] reviewed the literature and found that 35 plants were effective in reducing damage caused by the potato tuber moth.

To our knowledge, in the Mediterranean basin, this is the first work that has examined the insecticidal efficacy of extracts from these three Algerian endemic plants *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita*, and *Reseda alba* against the potato tuber moth. There is little literature on the biological activity of these three plants.

Potato dipping

Table 2 shows the percentage of corrected mortality of the larvae and the production of new offspring (nymph and adult). The treatment was highly significant ($p < 0.001$) against the larvae and the offspring.

The aqueous extract of *Ammoides verticillata* demonstrated complete protection of the tubers at the highest dose with 100% larval mortality. *Reseda alba*, and *Phlomis crinita* caused mortality of 79.93% and 88.30% respectively. At the lowest dose 0.5%, the mortality was 23.08%, 16.39% and 49.83% for *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* and *Reseda alba*, respectively. The percentage of mortality decreased significantly with decreasing the doses. Likewise, Erdogan and Hassan [26] noted that two botanical insecticides (Gamma-T-ol and Fungatol), showed a significant effect. The mortality

Table 2. Effects of plant extracts tested by the tuber dipping method on some biological features of potato tuber moth.

Plant extracts	Concentration (%)	Larvae mortality (%)	Pupation (%)	Adults emergence offspring(%)
<i>Ammoides verticillata</i>	0.5	23.08 ± 2.11 ***	73.8 ± 0,76 ***	69.63 ± 2.35 ***
	1	41.47 ± 1.67 ***	51.67 ± 1,67 ***	42.77 ± 3.39 ***
	1.5	69.9 ± 2.59 ***	26.37 ± 5.44 ***	20.82 ± 6.71 ***
	2	100 ± 0.00 ***	0.00 ± 0.00 ***	0.00 ± 0.00 ^{EA}
F value		396.46***	185.75***	103.55***
P value		.000	.000	.000
<i>Phlomis crinita</i>	0.5	16.39 ± 2.12 ***	82.42 ± 3.52 NS	63.9 ± 0.89 NS
	1	51.50 ± 1.67 ***	76.67 ± 6.15 NS	55.83 ± 5.54 *
	1.5	64.89 ± 2.24 ***	62.52 ± 4.17 *	52.78 ± 5.13 *
	2	79.93 ± 2.59 ***	30.55 ± 10.02 ***	22.22 ± 10.24 ***
F value		223.51***	16.57***	18.60***
P value		.000	.000	.000
<i>Reseda alba</i>	0.5	49.83 ± 2.59 ***	40.55 ± 2.18 ***	33.05 ± 3.56 ***
	1	51.50 ± 1.67 ***	20.83 ± 0.83 ***	7.5 ± 4.79 ***
	1.5	66.56 ± 3.34 ***	0.00 ± 0.00 ***	0.00 ± 0.00 ***
	2	88.30 ± 3.08 ***	0.00 ± 0.00 ***	0.00 ± 0.00 ***
F value		140.79***	859.49***	712.48***
P value		.000	.000	.000
Control		3.33 ± 2.11	91.48 ± 1.71	91.48 ± 1.71

Each value represents the mean ± SEM, one-factor ANOVA followed by Dunnett's t-test, NS ($p > 0.05$), *** ($p < 0.001$), ** ($p < 0.01$), * ($p < 0.05$) relative to the control.

was rapid, with 10% mortality of potato tuber moth larvae being observed after 5 minutes of treatment.

Abd El-Hamed et al. [27] found that clove flower powder was effective against *Phthorimaea operculella* larvae, followed by santonica flower powder (*Matricaria chamomillia*), and seeds of black pepper powder (*Piper nigrum*), as they all reduced damage [27]. Naghizadeh et al. [28] found that three essential oils of *Artemisia absinthium*, *Achillea millefolium* and *Artemisia dracuncululus* cause a reduction of the larval penetration of the first instar compared to the control group ($p < 0.05$). These essential oils also cause an LC50 ovicidal effect of 2.60, 2.36 and 1.08 µL/L air, respectively [28].

Similarly, the study of the dried powders of *Lindera neesiana* fruits and *Acorus calamus* rhizomes has shown that their effects persist for long periods, which leads to a high percentage of larval mortality and less emergence of adults in the first generation [29]. In this regard, the treatment of potato tubers with *Myristica fragrans* oil and α -Ionone (monoterpene), initially caused 82.6 and 83% larval mortality [30].

The efficacy of our studied extracts confirms the other studies' results on other species. Moreover, the essential oil of *Ammoides verticillata* has antifungal activity. It is a good source of aromatic compounds like carvacrol. It also has a high insecticidal effect against the olive fly *Bactrocera oleae* [31,32]. Similarly, the genus *Reseda* has antibacterial activity [33]. The insecticidal and antimicrobial properties of the genus *Phlomis* show a promising activity against Gram-positive bacteria and on insect pests of stored foodstuffs *Tribolium confusum* and *Sitophilus zeamais* [34].

Regarding the production of new offspring (nymph and adult), a 1.5% dose of *Reseda alba* had a significant effect. This plant extract limited the appearance of offspring as the larvae on the tubers were treated with it. The same dose of 1.5% for *Ammoides verticillata* and *Phlomis crinita* resulted in 26.37% and 62.52% respectively less than the control group. In another similar study, the pupation of penetrating larvae was also reduced at

the 1.5% dose, reaching 3.3%, 20% and 40% reduction for cardamom, rosemary and terpinin respectively [35]. The sensitivity of the insect may change depending on its stage of development [36]. Consequently, the selectivity and specificity allow the vegetal allelochemical molecules to act at specific times on the targeted species [37]. These compounds can function as a repellent. They can have fatal effects. They can become an anti-food, or growth inhibitor, or disruptor [16].

Tuber damage index

Table 3, shows the mean of the tuber damage index caused by the potato tuber moth.

The results indicated that all the extracts were highly significant ($p < 0.001$). The varying degrees of damage index ranged from 0 (zero) to 23.33 in comparison to 30 tunnels/tuber for the control (untreated group). These results are consistent with other studies that have concluded that *Lantana aculeata* leaves provide the greatest protection to tubers, thus reducing the damage from 70% to 5% [38].

According to our results (Table 3) the treatment with the *Phlomis crinita* extract caused a decrease of the mean of the damage index from 23.33 tunnels/tuber at the concentration of 0.5%, to reach 3.33 tunnels/tuber at the highest dose of 2%. In similar research Aziza et al. [30] treated the tubers with oil of *Mentha citrata*, the mean index of tuber damage decreased from 25.8 ± 1.6 tunnels/tuber at the dose of 0.0125 ml/500 ml, whereas, the mean index of tuber damage reached to 4.1 ± 1.6 tunnels/tuber at the dose of 0.05 ml/500 ml. Similar results were reached in the case of *Lantana camara* with only 1.08% infestation, while *Sapindus* spp. and *Ruta graveolens* resulted in 3.41%, 4.38% respectively [39].

Sharaby and Fallatah [40] found that the damage index and the total protection of the potato tubers treated were provided by coriander (*Coriandrum sativum*) and zygophyllum (*Zygophyllum coccineum*) powder, as they gave complete protection of the treated tubers (zero ID) for both [40].

Table 3. Damage index of potato tubers treated with three plant extracts.

Plant extracts	Concentration (%)	DI (Damage index) tunnels/tuber
<i>Ammoides verticillata</i>	0.5	$18.33 \pm 3.07^{***}$
	1	$15.00 \pm 2.23^{***}$
	1.5	$3.33 \pm 2.10^{***}$
	2	$0.00 \pm 0.00^{***}$
F value		38.60***
P value		.000
<i>Phlomis crinita</i>	0.5	$23.33 \pm 2.10^*$
	1	$16.66 \pm 2.10^{***}$
	1.5	$10.00 \pm 0.00^{***}$
	2	$3.33 \pm 2.10^{***}$
F value		41.66***
P value		.000
<i>Reseda alba</i>	0.5	$13.33 \pm 2.10^{***}$
	1	$11.66 \pm 1.66^{***}$
	1.5	$6.66 \pm 2.10^{***}$
	2	$1.66 \pm 1.66^{***}$
F value		39.71***
P value		.000
Control		30.00 ± 0.00

Each value represents the mean \pm SEM, one-factor ANOVA followed by Dunnett's t-test, NS ($p > 0.05$), *** ($p < 0.001$), ** ($p < 0.01$), * ($p < 0.05$) relative to the control.

Consistent with our results, the most potent extract that gave the lowest index of tuber damage was caused by *Ammoides verticillata*. This plant appeared to give complete protection of the treated tubers (zero ID) followed by *Reseda alba* and *Phlomis crinita*, which caused 1.66, 3.33 tunnels/tuber respectively.

Larvae dipping

Table 4, shows the corrected percentage of the larvae mortality and the production of offspring (nymph and adult).

All treatments were highly significant ($p < 0.001$) against larvae and offspring. Both *Ammoides verticillata* and *Reseda alba* aqueous extracts at a high dose caused total larval mortality, followed by *Phlomis crinita* with 96.43% mortality; where the control group showed 6.66% mortality. Regarding pupation, *Reseda alba* at the 1.5% dose had a significant effect which completely slowed the appearance of nymphs and adults. *Ammoides verticillata* and *Phlomis crinita* achieved 30.53 and 75.01% pupation, respectively, and showed almost the same results for adult emergence.

Compared to a similar study, the highest larval and pupal mortality occurred when the larvae were treated with 1.25% geranium oil (*Pelargonium graveolens*) [41]. Soliman [42] has found that the crude chloroform extract of *Pulicaria incise* was very effective with an LC50 value of 1.016 ppm. Furthermore, it affected the percentage of pupation. In this regard, neem water extract was effective in preventing 93.8% of potato tuber moth from developing into adults [43].

The essential oil of *Majorana hortensis* affected the emergence of adult insects from larvae. The highest dose (0.2 ml) induced significant reductions in the emergence of adults of all treated immature stages, compared to the control [44]. The extracts obtained from *Tanacetum parthenium* and *Achillea wilhelmsii* caused 87% and 82% mortality

Table 4. Effects of plant extracts tested by the larvae dipping method on some biological features of potato tuber moth.

Plant extracts	Concentration (%)	Larvae mortality (%)	pupation (%)	Adults emergence offspring(%)
<i>Ammoides verticillata</i>	0.5	32.14 ± 2.25***	89.66 ± 3.29NS	84.50 ± 3.73NS
	1	41.07 ± 2.39***	55.00 ± 2.23***	45.00 ± 2.23***
	1.5	71.43 ± 2.25***	30.53 ± 6.68***	22.20 ± 7.02***
	2	100.00 ± 0.00***	0.00 ± 0.00***	0.00 ± 0.00***
	F value	321.01***	121.32***	110.28***
P value	.000	.000	.000	
<i>Phlomis crinita</i>	0.5	33.92 ± 1.78***	94.66 ± 3.28NS	78.55 ± 3.06NS
	1	55.35 ± 1.78***	75.83 ± 0.83NS	55.83 ± 4.16*
	1.5	73.21 ± 2.39***	75.01 ± 8.33NS	41.65 ± 3.73**
	2	96.43 ± 2.25***	33.33 ± 21.08**	33.33 ± 21.08***
	F value	277.76***	5.94**	6.67**
P value	.000	0.002	0.001	
<i>Reseda alba</i>	0.5	50.00 ± 2.25***	43.33 ± 2.10***	39.16 ± 3.27***
	1	67.85 ± 2.76***	34.70 ± 3.34***	15.26 ± 6.93***
	1.5	87.50 ± 1.78***	0.00 ± 0.00***	0.00 ± 0.00***
	2	100 ± 0.00***	0.00 ± 0.00***	0.00 ± 0.00***
	F value	327.01***	362.11***	122.63***
P value	.000	.000	.000	
Control		6.66 ± 2.11	94.81 ± 2.32	94.81 ± 2.32

Each value represents the mean ± SEM, one-factor ANOVA followed by Dunnett's t-test, NS ($p > 0.05$), *** ($p < 0.001$), ** ($p < 0.01$), * ($p < 0.05$) relative to the control.

respectively at a concentration of 12%. It was reported that the extract of *Leptospermum petersonii* showed the highest effect at the concentration of 0.4% [17].

Eggs dipping

Table 5 shows the hatching percentage of treated eggs and emerged adults.

These results indicated that the effects of all extracts were highly significant ($p < 0.001$) against the eggs of the treated pest. The lower concentration resulted in a moderate reduction in the percent of hatching of 71.90 and 73.97% for *Ammoides verticillata* and *Phlomis crinita* respectively. Similarly, Shelke et al. [45] found that at a low concentration of 1% leaf extracts of *Leptadenia reticulata* and the peel of limes (kagzilime extract) (*Citrus aurantifolia*) did not reduce egg hatching. *Reseda alba* extract had a very low hatch percentage of 9.01% at a low concentration of 0.5%.

There are many studies on the ovicidal effect of plants on the eggs of the potato tuber moth. For example, Aziza et al. [30] indicate that the higher the concentration of the oil, the lower the percentage of egg hatching; but, the vapours of *Cymbopogon citratus* and *Myristica fragrans* are the most effective because they cause the greatest reduction in the percentage of eggs hatching at all concentrations tested. Likewise, Abd [44] reported that the strongest adverse effect on egg hatching was observed at doses of 0.2, 0.1 and 0.05 ml of *Majorana hortensis* oil ($p < 0.05$).

Our results confirmed that the higher the concentration of the extract, the lower the percentage of egg hatching. Consequently, the *Reseda alba* extract caused a total inhibition of the eggs hatching 0% at concentrations of 1, 1.5 and 2%. On the other hand, the *Ammoides verticillata* and *Phlomis crinita* extracts caused total inhibition of the hatching at concentrations of 1.5 and 2% compared to the control group with a percent of 93.7%.

Sharaby [46] showed that, egg-laying and hatching were affected when the adults were exposed to certain dose vapours of orange peel oil (*Citrus sinensis*).

Table 5. Effects of plant extracts tested by the egg dipping method on egg hatching.

Plant extracts	Concentration (%)	Hatchability (%)	Adults emergence offspring(%)
<i>Ammoides verticillata</i>	0.5	71.90 ± 7.05**	88.70 ± 6.10NS
	1	44.72 ± 1.21***	80.36 ± 1.59**
	1.5	0.00 ± 0.00***	0.00 ± 0.00***
	2	0.00 ± 0.00***	0.00 ± 0.00***
F value		170.48***	273.89***
P value		.000	.000
<i>Phlomis crinita</i>	0.5	73.97 ± 1.38***	83.56 ± 5.19NS
	1	31.11 ± 1.38***	66.16 ± 10.31**
	1.5	0.00 ± 0.00***	0.00 ± 0.00***
	2	0.00 ± 0.00***	0.00 ± 0.00***
F value		1947.89***	75.46**
P value		.000	.000
<i>Reseda alba</i>	0.5	9.09 ± 0.45***	44.43 ± 5.56***
	1	0.00 ± 0.00***	0.00 ± 0.00***
	1.5	0.00 ± 0.00***	0.00 ± 0.00***
	2	0.00 ± 0.00***	0.00 ± 0.00***
F value		7840.32***	255.56***
P value		.000	.000
Control		93.70 ± 0.93	92.46 ± 1.46

Each value represents the mean ± SEM, one-factor ANOVA followed by Dunnett's t-test, NS ($p > 0.05$), *** ($p < 0.001$), ** ($p < 0.01$), * ($p < 0.05$) relative to the control.

Moawad and Ebadah [35] sprayed for a day the eggs with 0.03 and 0.05% concentrations of cardamom oil. They recorded the lowest egg hatching percentages, 27% and 11%, respectively comparable to 83% for the untreated group.

Similar findings have been reached in the case of *Eucalyptus camaldulensis* and the *Heracleum persicum* extracts, at LC50 of 7.07 and 6.95% respectively [47]. Sharma et al [48] show that many other plant extracts possess the ovicidal activity of various solvents including alcohol extracts of *Pinus roxburgii* and *Eucalyptus globulus*.

Conclusion

The results of our experiments were consistent with similar studies. We concluded that the selected plants had a strong potential as natural protectors of potatoes. We found that the extracts obtained from *Ammoides verticillata*, *Phlomis crinita* and *Reseda alba* exhibited toxic effects against the various stages of *Phthorimaea operculella*. The potato tubers treated with a 2% concentration extract of aqueous *Ammoides verticillata* caused complete protection against the penetration of larvae. On the other hand, a 1.5% concentration of the *Reseda alba* extract slowed the development of the larvae that penetrated the tubers with a damage index of 6.66. Moreover, the *Reseda alba* extract caused a total inhibition of the hatching of the treated eggs by 1% concentration.

Using natural plant components is considered a beneficial approach as they are environment-friendly. Further studies are needed to assess and identify the different active components of these plant extracts responsible for insecticides. Such studies are also necessary for determining the cost of these plants when used in commercial storage applications.

Acknowledgments

Dr Fatiha Labdelli helped especially with the identification of the insects. All the authors would like to thank the laboratory engineers for their hard work during the experimental work, and also the anonymous reviewers and the Editor for their help and patience.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

ORCID

Keltouma Mazrou  <http://orcid.org/0000-0002-1004-6008>

Mokhtaria Chelef  <http://orcid.org/0000-0001-5108-2008>

References

- [1] He, Z., Larkin, R., and Honeycutt, W., 2012, *Sustainable Potato Production: Global Case Studies* (Dordrecht: Springer).
- [2] Nirula, K.K., 1960, Control of potato tuber moth. *Indian Potato Journal* 2(1), 47–51.

- [3] Herman, T.J.B., Clearwater, J.R., and Triggs, C.M., 2005, Impact of pheromone trap design placement and pheromone blend on catch of potato tuber moth. *New Zealand Plant Protection* **58**, 219–223. doi: [10.30843/nzpp.2005.58.4276](https://doi.org/10.30843/nzpp.2005.58.4276).
- [4] Kroschel, J. and Schaub, B., 2013, Biology and ecology of potato tuber moths as major pests of potato. In: P. Giordanengo, C. Vincent, and A. Alyokhin (Eds.) *Insect Pests of Potato: Biology and Management* (Oxford: Elsevier), pp. 165–192.
- [5] Foot, M.A., 1976, Laboratory assessment of several insecticides against the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera, Gelechiidae). *New Zealand Journal of Agricultural Research* **19**(1), 117–125. doi:[10.1080/00288233.1976.10421054](https://doi.org/10.1080/00288233.1976.10421054).
- [6] Bedos, C., Généromont, S., Le Cadre, E., Garcia, L., Barriuso, E., and Cellier, P., 2009, Modelling pesticide volatilization after soil application using the mechanistic model Volt'Air. *Atmospheric Environment* **43**(22–23), 3630–3639. doi:[10.1016/j.atmosenv.2009.03.024](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.03.024).
- [7] Schrack, D., Coquil, X., Ortat, A., and Benoît, M., 2009, Rémanence des pesticides dans les eaux issues de parcelles agricoles récemment converties à l'Agriculture Biologique. *Innovations Agronomiques* **4**, 259–268.
- [8] Calvet, R., Barriuso, E., Bedos, C., Benoit, P., Charnay, M.P., and Coquet, Y., 2005, *Les pesticides dans le sol: Conséquences agronomiques et environnementales* (Paris: France agricole).
- [9] Bedos, C., Cellier, P., Calvet, R., Barriuso, E., and Gabrielle, B., 2002, Mass transfer of pesticides into the atmosphere by volatilization from soils and plants: Overview. *Agronomie* **22**(1), 21–33. doi:[10.1051/agro:2001003](https://doi.org/10.1051/agro:2001003).
- [10] Regnault-Roger, C., Fabres, G., and Philogène, B.J.R., 2005, *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement* (Paris: Lavoisier).
- [11] Ghosh, G., 1991, *Biopesticide and Integrated Pest Management* (New Delhi: APH Publishing), p. 19–20.
- [12] Iannacone, J. and Lamas, G., 2003, Efecto insecticida de cuatro extractos botánicos y del cartapa sobre la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), en el Perú. *Entomotropica* **18**(2), 95–105.
- [13] Sisay, A. and Ibrahim, A., 2012, Evaluation of some potential botanicals to control potato tuber moth, (*Phthorimaea operculella*) under storage condition at Bako, Western Ethiopia. *International Journal of Phytopathology* **1**(1), 14–18. doi:[10.33687/phytopath.001.01.0011](https://doi.org/10.33687/phytopath.001.01.0011).
- [14] Tayoub, G., Alorfi, M., and Ismail, H., 2019, Fumigate efficacy of *Juniperus foetidissima* essential oil and two terpenes against. *Phthorimaea Operculella*. *Herba Polonica* **65**(2), 14–21. doi:[10.2478/hepo-2019-0009](https://doi.org/10.2478/hepo-2019-0009).
- [15] Rafiee Dastjerdi, H., Khorrami, F., Razmjou, J., Esmailpour, B., Golizadeh, A., and Hassanpour, M., 2013, The efficacy of some medicinal plant extracts and essential oils against potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Crop Protection* **2**(1), 93–99.
- [16] Sporleder, M. and Lacey, L.A., 2013, Biopesticides. In: P. Giordanengo, C. Vincent, and A. Alyokhin (Eds.) *Insect Pests of Potato: Global Perspectives on Biology and Management* (Oxford: Academic Press), pp. 463–497.
- [17] Erdogan, P. and Yilmaz, B., 2018, Insecticidal effect of three different plant extracts on potato tuber moth (*Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae)). *Journal of Food Science and Engineering* **8**, 215–221.
- [18] Giri, Y., Maharjan, R., Dochen, T., Nidup, K., Sporleder, M., and Kroschel, J., 2013, Efficacy of botanicals and *Bacillus thuringiensis* to control potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), in potato stores in Nepal. Presented at the 15th Triennial Symposium of the International, Society for Tropical Root Crops, Lima, pp. 163–170.
- [19] Segovia-Romani, I., Palacios-Lazo, M., Lagnaoui, A., and Castillo-Valiente, J., 2003, Actividad biocida de extractos vegetales sobre larvas de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), en Cajamarca, Peru. *Revista Peruana de Entomologia* **43**(1), 89–93.
- [20] Badegan, A.M. and Ngameni, P.H., 2000, technique d'élevage de la teigne de pomme de terre en laboratoire, paramètres biologiques et influence du taux de sucre dans l'alimentation de l'imago. *Tropicultura* **18**(1), 23–25.

- [21] Visser, D., 2004, The potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), in South Africa: Potential control measures in non-refrigerated store environments, Doctoral thesis (Pretoria: University of Pretoria).
- [22] Yougbaré-Ziébrou, M.N., Ouédraogo, N., Lompo, M., Bationo, H., Yaro, B., Gnoula, C., Sawadogo, W.R., and Guissou, I.P., 2016, Anti-inflammatory, analgesic and antioxidant activities of an aqueous extract of *Saba senegalensis* Pichon stems with leaves (Apocynaceae). *Phytothérapie* **14**(4), 213–219. doi:10.1007/s10298-015-0992-5.
- [23] Fenemore, P.G., 1980, Susceptibility of potato cultivars to potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera: Gelechiidae). *New Zealand Journal of Agricultural Research* **23**(4), 539–546. doi:10.1080/00288233.1980.10417881.
- [24] Abbott, W.S., 1925, A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* **18**(2), 265–267. doi:10.1093/jee/18.2.265a.
- [25] Das, G.P., 1995, Plants used in controlling the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller). *Crop Protection* **14**(8), 631–636. doi:10.1016/0261-2194(95)00046-1.
- [26] Erdogan, E. and Hassan, E., 2018, Insecticidal efficacy of conventional and botanical insecticides against potato tuber moth (*Phthorimaea operculella* (Zeller) Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Agronomy & Agricultural Science* **1**(4), 1–6. doi:10.24966/AAS-8292/100004.
- [27] Abd El-Hamed, N.A., Shaalan, H.S., and Fargalla, F.H.H., 2011, Effectiveness of some plant powders and bioinsecticides against *Phthorimaea Operculella* (Zeller.) (Lepidoptera: Gelechiidae) on some potato cultivars. *Journal of Plant Protection and Pathology* **2**(4), 475–480. doi:10.21608/jppp.2011.86480.
- [28] Naghizadeh, S., Rafiee-Dastjerdi, H., Naseri, B., Golizadeh, A., and Esmaielpour, B., 2019, Insecticidal activity of essential oils from *Artemisia absinthium* L., *Artemisia dracunculus* L. and *Achillea millefolium* L. against *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Crop Protection* **8**(4), 479–489.
- [29] Niroula, S. and Vaidya, K., 2004, Efficacy of some botanicals against potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873). *Our Nature* **2**(1), 21–25. doi:10.3126/on.v2i1.320.
- [30] Aziza, S., Rahman, H., Abd El-Aziz, S., and Moawad, S., 2014, Natural plant oils and terpenes as protectors for the potato tubers against *Phthorimaea operculella* (Zeller) infestation by different application methods. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* **24**(1), 265–274.
- [31] Senouci, H., Benyelles, N., Dib, M., Costa, J., and Muselli, A., 2020, Chemical composition and combinatory antifungal activities of *Ammoides verticillata*, *Allium sativum* and *Curcuma longa* essential oils against four fungi responsible for tomato diseases. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening* **23**(3), 196–204. doi:10.2174/1386207323666200219123214.
- [32] Senouci, H., Benyelles, N., Dib, M., Costa, J., and Muselli, A., 2019, Essential oil of *Ammoides verticillata* as biocides for the control of fungal infections and devastating pest (*Bactrocera oleae*) of olive tree. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture* **10**(2), 182–188.
- [33] Benmerache, A., Berrehal, D., Khalfallah, A., Kabouche, A., Semra, Z., and Kabouche, Z., 2012, Antioxidant, antibacterial activities and flavonoids of *Reseda phyteuma* L. *Der Pharmacia Lettre* **4**(6), 1878–1882.
- [34] El Mokni, R., Majdoub, S., Chaieb, I., Jlassi, I., Joshi, R.K., and Hammami, S., 2019, Chromatographic analysis, antimicrobial and insecticidal activities of the essential oil of *Phlomis floccosa* D. Don. *Biomedical Chromatography* **33**(10), 1–10.
- [35] Moawad, S. and Ebadah, I.M.A., 2007, Impact of some natural plant oils on some biological aspects of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*, (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Research Journal of Agriculture and Biotechnology Science* **3**(2), 119–123.
- [36] Regnault-Roger, C.J., 2005, Molécules allélochimiques et extraits végétaux dans la protection des plantes: Nature, rôle et bilan de leur utilisation au XXe siècle. In: C.J. Regnault-Roger (Ed.) *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement* (Paris: Tec et Doc-Lavoisier), pp. 625–650.

- [37] Regnault-Roger, C., 2008, Recherche de nouveaux biopesticides d'origine végétale à caractère insecticide: Démarches méthodologiques et application aux plantes aromatiques méditerranéennes. In: C. Regnault-Roger, B.J. Philogène, and C. Vincent (Eds.) *Biopesticides d'origine végétale* (Paris: Tec et Doc-Lavoisier), pp. 25–50.
- [38] Lal, L., 1987, Studies on natural repellents against potato tuber moth (*Phthorimaea operculella* Zeller) in country stores. *Potato Research* **30**(2), 329–334. doi:10.1007/BF02357672.
- [39] Thakur, M. and Chandla, V.K., 2013, Evaluation of bio-pesticides for potato tuber moth control, *phthorimaea operculella* (Zeller) under polyhouse and rustic storage conditions. *Potato Journal* **40**(2), 135–141.
- [40] Sharaby, A. and Fallatah, S., 2019, Protection of stored potatoes from infestation with the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) using plant powders. *Bulletin of the National Research Centre* **43**(1), 1–7. doi:10.1186/s42269-019-0119-5.
- [41] Adel, M.M., Atwa, W.A., Hassan, M.L., Salem, N.Y., Farghaly, D.S., and Ibrahim, S.S., 2015, Biological activity and field persistence of *Pelargonium graveolens* (Geraniales: Geraniaceae) loaded solid lipid nanoparticles (SLNs) on *Phthorimaea operculella* (Zeller) (PTM) (Lepidoptera: Gelechiidae). *International Journal of Science and Research* **4**(11), 514–520.
- [42] Soliman, M.M.M., 2012, Toxicity and biological effects of some wild plant extracts against potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control* **22**(1), 19–25.
- [43] Kroschel, J. and Koch, W., 1996, Studies on the use of chemicals, botanicals and *Bacillus thuringiensis* in the management of the potato tuber moth in potato stores. *Crop Protection* **15**(2), 197–203. doi:10.1016/0261-2194(95)00126-3.
- [44] Abd El-Aziz, M.F., 2011, Bioactivities and biochemical effects of marjoram essential oil used against potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae). *Life Science Journal* **8**(1), 288–297.
- [45] Shelke, S., Jakhav, L., and Salunkhe, G., 1987, Ovicidal action of some vegetable oils and extracts in the storage pest of potato, *Phthorimaea operculella* Zell. *Biovisyanam* **13**(1), 40–41.
- [46] Sharaby, A., 1988, Effect of orange, *Citrus sinensis* (L.) peel oil on reproduction in *Phthorimaea operculella* (Zell.). *International Journal of Tropical Insect Science* **9**(2), 201–203. doi:10.1017/S174275840000597X.
- [47] Nouri Ganbalani, G., Teimouri Bilehsavar, A., Rfiei Dastgerdi, H., Mardani Talaei, M., and Mansouri, S.M., 2020, The effects of plant extracts from eucalyptus, lemon balm, soapwort and Persian hogweed against *Phthorimaea operculella* (Zeller) under laboratory conditions. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* **33**(1), 189–201.
- [48] Sharma, D., Rani, S., and Kashyap, N., 1997, Oviposition deterrence and ovicidal properties of some plant extracts against potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zell.). *Pesticide Research Journal* **9**(2), 241–246.