



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DE BLIDA 1

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DÉPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

LABORATOIRE DE RECHERCHE EN BIOTECHNOLOGIE DES PRODUCTIONS
VEGETALES (LBPV)

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention
du diplôme de Master Académique en Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Phytopharmacie et protection des végétaux

**Effet régional sur l'activité biologique d'une huile essentielle
formulée de *Dittrichia viscosa* L. (Greuter, 1973) à l'égard
de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) et *Rhizoctonia solani* (Kühn, 1858)**

Soutenu : 01 Juillet 2018

Présenté par Mr BENDDINE Hichem

Devant le jury composé de :

M ^{me} BENRIMA	Atika	Professeur	U. Blida 1	Présidente
M ^{me} BABA-AISSA	Karima	M.A.A	U. Blida 1	Promotrice
Mr DJAZOULI	Zahr -Eddine	Professeur	U. Blida 1	Co-promoteur
M ^{me} REMINI	Louiza	M.C.B	U. Blida 1	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2017/2018

REMERCIEMENTS

A Madame BENRIMA Atika, Professeur, à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, pour vos qualités pédagogiques, scientifiques et humaines et pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de thèse. Je tiens à vous présenter mes respectueux hommages et toute ma sincère reconnaissance.

A Madame MOUSSAOUI Karima, Maître assistante (B), à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, pour son soutien et sa confiance qu'elle m'a témoignée durant mes années d'études. Ce travail n'aurait pu être mené à bien sans son aide et ses conseils toujours avisés.

Monsieur DJAZOULI Zahr- Eddine, Professeur, à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, co-promoteur, pour m'avoir appris dès le départ à être plus autonome. Ses conseils très pertinents m'ont permis de faire avancer ma réflexion en période fréquente de doutes et de ne jamais dévier de mon objectif final.

A Madame REMINI Louiza, Maître de conférence (B), à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, pour avoir accepté de siéger avec grande sympathie dans le jury de thèse et de juger ce travail en tant qu'examinatrice.

Au regretté Monsieur AROUN Mohamed El Fodhil, Professeur à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, pour m'avoir encouragé et soutenu durant tout mon parcours universitaire avec dévouement, patience et sincérité. Je lui rends hommage aussi pour avoir consacré sa vie à former des générations d'hommes et de femmes en sciences agronomiques et biologiques.

A Monsieur MOUSSAOUI Kamel pour sa disponibilité, son aide et ses encouragements malgré sa charge pédagogique.

A Madame ABABSIA Amel, Directrice de la Station Régionale de l'Institut National de Protection des Végétaux de Boufarik, pour m'avoir ouvert les portes sans aucune limite et pour m'avoir fournie une partie du matériel biologique me permettant d'achever le travail dans les délais.

Au personnel du laboratoire de mycologie de la Station Régionale de Protection des Végétaux de Boufarik, pour leur aide et leur participation à ce travail.

A ma tante BENDDINE Fatiha, pour avoir témoigné sa grande sollicitude pour ma formation universitaire. Que ce modeste travail soit le témoignage de ma profonde gratitude.

Aux membres de la famille ZAID, pour leur sollicitude constante et leur aide dans la confection finale de la thèse. Que ce travail soit le témoignage de mon affection et de toute ma reconnaissance

A mes amis pour leur soutien moral durant toutes ces années d'études, je les en remercie sincèrement.

DEDICACES

Je dédie ce travail :

A la mémoire de mes très chers grands-pères et grands-mères,

J'exprime mon éternelle reconnaissance pour avoir donné en héritage des valeurs d'amour, de générosité, de liberté, de justice, de passion et d'excellence pour pouvoir persévérer et prospérer dans la vie en toute sérénité. Puisse Dieu Tout Puissant et Miséricordieux vous Accueillir en son Vaste Paradis.

A mes très chers parents,

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour perpétuel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être depuis ma naissance. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.

A mon très cher frère Nidhal,

En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je te souhaite un avenir plein de bonheur, de réussite et de santé.

A ma très chère sœur Dhakira et à mon beau-frère Samir

Votre aide et votre générosité ont été pour moi une source de courage et de confiance. Qu'il me soit permis aujourd'hui de vous assurer de mon profond amour et de toute ma reconnaissance.

A ma nièce Sarah line,

Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour toi, ta joie et ta gaieté me comblent de bonheur.

A mes très chères tantes,

Pour m'avoir toujours su m'écouter, me conseiller, et la fierté que vous portez à ma réussite, veuillez trouver dans ce modeste travail toute mon affection et toute ma reconnaissance pour tous vos efforts.

A mes très chers oncles,

Pour votre présence à mes côtés, pour votre écoute et pour toutes les leçons de vie, trouvez ici le témoignage de ma profonde gratitude et de mes sincères remerciements.

A Ratiba

Pour ta présence constante à mes côtés et ta précieuse aide lors dans la confection finale de cette thèse, trouves ici le témoignage de mon affection et de mes sincères remerciements.

A mes très chers cousins et cousines,

Pour ces formidables années au cours desquelles nous partageons nos moments de détente et nos souvenirs. En témoignage de l'amitié qui nous uni, je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

RESUME

Effet régional sur l'activité biologique d'une huile essentielle formulée de *Dittrichia viscosa* L. (Greuter, 1973) à l'égard de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) et *Rhizoctonia solani* (Kühn, 1858).

Ces dernières décennies, les substances phytochimiques telles que les huiles essentielles des plantes sont reconnues comme ayant une activité biologique importante contre les bioagresseurs. Elles sont décrites également comme méthode alternative aux produits chimiques de synthèse.

La présente étude est une contribution sur les effets insecticide et antifongique, dans les conditions de laboratoire, d'une huile essentielle formulée de *Dittrichia viscosa* L (Greuter, 1973) , issue de deux régions à étages bioclimatiques différents ; l'une subhumide (Douéra), située dans l'Algérois, et l'autre semi-aride (Es-Senia), dans l'Oranie, sur une souche fongique *Rhizoctonia solani* (Kühn, 1858) et les larves de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917).

Les résultats relatifs à l'estimation temporelle de l'activité insecticide et antifongique du bioproduit formulé de la région d'Es-Senia est plus efficace en termes de réduction des taux des populations résiduelles (PR%) de *Tuta absoluta* et d'inhibition de la croissance mycélienne par rapport à celui de la région de Douéra. Ces mêmes résultats ont permis de mettre en évidence l'effet dose. En effet, plus la concentration est élevée, plus l'efficacité est avérée dans le temps. De même, ce bioproduit s'est révélé fongistatique vis-à-vis de la souche *Rhizoctonia solani* avec une reprise de la croissance mycélienne après huit jours d'incubation de l'ordre de 0.2314 cm.

Cependant, pour les deux régions de collecte, l'insecticide à base de Spinosad appliqué sur les larves de *Tuta absoluta*, à la dose homologuée (DH=10µl/16ml), s'est avéré plus toxique avec un taux de population résiduelle de 14% que le bioproduit, à la même dose D1, avec un taux de population résiduelle de 100%, pour les deux régions de collecte, mais moins efficace que la dose D3 (40µl/16ml) de la région d'Es-Senia qui enregistre un taux de population résiduelle nul (PR= 0%) après seulement 1/2h d'exposition aux traitements.

Mots clés : activité antifongique, activité insecticide, formulation, huile essentielle, *Dittrichia viscosa* L, région.

ABSTRACT

Regional effect on the biological activity of an essential oil formulated of *Dittrichia viscosa* L. (Greuter, 1973) towards *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) and *Rhizoctonia solani* (Kühn, 1858).

These last decades, phytochemical substances such as essential oil of plants is recognized as having an important biological activity against pests. They are also described as alternative method to chemicals product.

The present study is a contribution on the insecticidal and antifungal effects, under laboratory conditions, of an essential oil formulated of *Dittrichia viscosa* L (Greuter, 1973), stemming from two regions with different bioclimatic levels; one sub-wet (Douéra) situated in the inhabitant of Algiers and the other one semi-arid (Es-Senia) in Oran, on a fungal strain *Rhizoctonia solani* (Kühn, on 1858) and the larvae of *Tuta absoluta* (Meyrick, on 1917).

The results related to the estimation of the insecticidal and antifungal activity of the formulated bioproduct showed that the essential oil of *Dittrichia viscosa* L. from region of Es-Senia is more effective not only in term of reduction of the rates of the residual populations of *Tuta absoluta* but also in term of inhibition of the mycelial growth compared to those from Douéra. Region. These same results allowed us to highlight the effect measure. Indeed, more the concentration is more raised the efficiency is known in time. Also, this bioproduct showed fungistatic effect against *Rhizoctonia solani* with a resumption of the mycelial growth after eight days of incubation.

However, for both regions of collection, the insecticide (Spinosad) applied to the larvae of *Tuta absoluta*, in the approved dose (10 μ l/16ml) was more toxic than the same dose D1 of the bioproduct and it was only in one hour after exposure to treatment by displaying a residual populations rate to zero (PR = 0 %). The results show also that the dose D3 (40 μ l/16ml) of the region Es-Senia records a rate of 0 % PR than the DH (PR 14 %) at 1/2h of exposure to the treatment.

Keywords: antifungal activity, insecticide activity, formulation, essential oil, *Dittrichia viscosa* L, region.

ملخص

تأثير الإقليمي على النشاط البيولوجي لزيت الأساسية المستخلصة من *Dittrichia viscosa* L. فيما يتعلق حفار أوراق البندورة (ميريك، 1917) وبشأن *Rhizoctonia solani* (كوهن، 1858)

المواد الكيميائية النباتية، مثل الزيوت الأساسية المستخرجة من النباتات، قد تم الاعتراف بأن لها نشاط بيولوجي مهم ضد الحشرات وغالبا ما توصف كبديل للمواد الكيميائية الاصطناعية.

الهدف من عملنا هذا هو دراسة الفاعلية كمبيد حشري وفطري تحت ظروف مختبرية، لزيت أساسي *Dittrichia viscosa* L من منطقتين ذات مستويات مناخية مختلفة. واحد الرطب (دويرة) والآخر شبه القاحلة (سينيا) على سلالة الفطرية (كوهن، 1858) *Rhizoctonia solani* ويرقات حفار أوراق البندورة (ميريك، 1917).

أظهرت نتائج تقدير النشاط الحيوي للمبيدات الحشرية والفطرية للمادة الحيوية التي تم صياغتها أن الزيت العطري لـ *Dittrichia viscosa* L من منطقة سينيا أكثر فعالية ليس فقط فيما يتعلق بالحد من يرقات المتبقية (PR %) من *Tuta absoluta* ولكن أيضا من حيث تثبيط نمو سلالة *Rhizoctonia solani* مقارنة لتلك التي من منطقة دويرة. نفس هذه النتائج سمحت لنا بتسليط الضوء على تأثير الجرعة. في الواقع، كلما كان التركيز أعلى، كلما أثبتت الفعالية بمرور الوقت. كان المنتج الحيوي عبارة عن مثبط لفطريات لأنه ثبت نمو *Rhizoctonia solani* لمدة معينة من التعرض للعلاج ثم أستأنف بعد ثمانية أيام.

ومع ذلك، في كل من مناطق التجميع، كان المبيد الحشرات Spinosad المطبق على يرقات *Tuta absoluta* عند الجرعة المسجلة (DH = 10µl / 16ml) أكثر سمية من نفس جرعة D1 لمنتجات الحيوية وذلك في الوقت حيث يصل مستوى (PR) الصفرة، ولكن مبيد الحشرات Spinosad أقل فعالية من جرعة D3 (40µl / 16ml) في لمنطقة سينيا الذي يسجل نسبت 0 % مقارنة DH مع PR = 14% وهذا بعد 1 / H2 فقط من التعرض للعلاج.

الكلمات المفتاحية: النشاط المضاد للفطريات، نشاط الحشرات، صيغة، الزيوت الأساسية، المنطقة، *Dittrichia viscosa* L

II.2.2.	Définition et propriétés physiques et chimiques des huiles essentielles	17
II.2.3.	Répartition et localisation des huiles essentielles dans la plante..	18
II.2.4.	Composition chimique des huiles essentielles	18
II.2.5.	Intérêts thérapeutique, écologique et économique des huiles essentielles	20
II.2.6.	Procédés d'extraction des huiles essentielles.....	20
II.2.7.	Intérêt de la formulation	22
II.3.	<i>Dittrichia viscosa</i> L: plante à huiles essentielles	23
II.3.1.	Description botanique de <i>Dittrichia viscosa</i> L.	23
II.3.2.	Répartition et taxonomie <i>Dittrichia viscosa</i> L.	23
II.3.2.1.	Répartition.....	23
II.3.2.2.	Taxonomie	24
II.3.3.	Composition chimique de <i>Dittrichia viscosa</i> L.....	25
II.3.3.1.	Terpénoïdes.....	25
II.3.3.1.1.	Monoterpènes.....	25
II.3.3.1.2.	Sesquiterpènes.....	25
II.3.3.1.3.	Triterpènes et stérols.....	26
II.3.3.2.	Flavonoïdes.....	26
II.3.3.3.	Phénylpropanoïdes.....	26
II.4.	Activités biologiques de la plante <i>Dittrichia viscosa</i> L.....	26
Chapitre III : MATÉRIEL ET MÉTHODES.....		27
	Objectif.....	27
III.1.	Situation géographique des régions de récolte.....	27
III.2.	Synthèse climatiques	28
III.2.1.	Diagrammes ombrothermiques.....	28
III.2.2.	Climagramme d'Emberger.....	29
III.3.	Matériel et activité biologique	30
III.3.1.	Matériel biologique.....	30
III.3.1.1.	Matériel végétal et extraction par hydrodistillation.....	30
III.3.2.	Matériel fongique et activité antifongique.....	32
III.3.2.1.	Préparation du milieu de culture microbiologique Potato dextrose agar (PDA).....	32
III.3.2.2.	Matériel fongique.....	32
III.3.2.3.	Préparation des dilutions pour les tests de l'activité antifongique.....	33
III.3.2.4.	Activité antifongique.....	33
III.3.3.	Matériel et activité insecticide	36
III.3.3.1.	Larves de la mineuse ou <i>Tuta absoluta</i>	36
III.3.3.2.	Préparation des dilutions pour les tests de l'activité insecticide.....	37
III.3.3.3.	Tests de l'activité insecticide	37
III.3.3.4.	Produit phytosanitaire Insecticide	38
III.4.	Exploitation des données.....	41
III.4.1	Méthode d'estimation de certains paramètres.....	41
III.4.1.1.	Calcul de rendement.....	41

III.4.1.2.	Calcul de la DL ₅₀ et DL ₉₀	41
III.4.1.3.	Calcul de la mortalité corrigée.....	41
III.4.1.4.	Détermination de l'indice antifongique.....	41
III.4.1.5.	Détermination de la vitesse de croissance mycélienne	42
III.4.1.6.	Populations résiduelles.....	42
III.4.2.	Analyses statistiques des données.....	42
Chapitre IV : RÉSULTATS.....		43
IV.1	Rendements d'extraction.....	43
IV.2	Evaluation de l'activité insecticide.....	43
IV.2.1.	Effets comparés des moyennes de mortalité sous l'effet des différentes concentration d'huile essentielle formulée des deux région de récolte avec la dose homologué du produit phytosanitaire Spinosad.....	43
IV.2.2.	Effets comparés des doses de l'huile essentielle formulée des deux régions et du produit phytosanitaire homologué sur les populations résiduelles larvaires de <i>Tuta absoluta</i>	46
IV.2.3.	Effets comparés des trois doses de l'huile essentielle formulée des deux régions de récolte avec le produit phytosanitaire homologué sur les populations larvaires de <i>Tuta absoluta</i> dans le temps.....	48
IV.2.4.	Effets comparés des trois doses de l'huile essentielle formulée des deux régions de récolte sur les populations larvaires de <i>Tuta absoluta</i> dans le temps.....	49
IV.2.5.	Effets comparés de l'huile essentielle formulée des deux régions de récolte sur les populations larvaires de <i>Tuta absoluta</i> dans le temps.....	50
IV.2.6.	La DL ₅₀ et DL ₉₀	51
IV.3	Evaluation de l'activité antifongique.....	55
IV.3.1.	Effets comparés des doses des deux régions sur la croissance mycélienne de <i>Rhizoctonia solani</i>	55
IV.3.2.	Effets comparés des taux d'inhibition des deux doses de l'huile essentielle formulée des régions de Douéra et d'Es-Senia dans le temps.....	56
IV.3.3.	Effets comparés des taux d'inhibition des deux doses de l'huile essentielle formulée d'une même région dans le temps.....	57
IV.3.4.	Comparaison de la vitesse de croissance mycélienne des deux doses de la région de Douéra et d'Es Senia dans le temps.....	58
Chapitre V : DISCUSSION		59
V.1	Rendement d'extraction.....	59
V.2	Estimation de l'activité insecticide de l'huile essentielle formulée de <i>Dittrichia viscosa</i> L sur les populations larvaires de <i>Tuta absoluta</i>	59
V.3	Activité antifongique de l'huile essentielle formulée de <i>Dittrichia viscosa</i> L sur <i>Rhizoctonia solani</i>	61
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....		63
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		64

LISTE DES ABREVIATIONS

HE : Huile essentielle.

HEF : Huile essentielle formulée.

DH : Dose homologuée.

PR : Populations résiduelles.

D : Dose.

PDA : Potato Dextrose Agar.

Moy : Moyenne.

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

Figure 01	Production de la tomate des trois dernières années en Algérie.....	04
Figure 02	Production de la pomme de terre des trois dernières années en Algérie	06
Figure 03	Cycle de vie de la mineuse de la tomate <i>Tuta absoluta</i>	09
Figure 04	Dégâts de la mineuse de la tomate <i>Tuta absoluta</i>	10
Figure 05	Cycle de vie de <i>Rhizoctonia solani</i>	13
Figure 06	Nécroses brunes sur germe de pomme de terre.....	14
Figure 07	Sclérotés et déformations sur tubercules.....	15
Figure 08	Quelques familles chimiques des huiles essentielles.....	19
Figure 09	Schéma du principe de l'hydro distillation.....	21
Figure 10	<i>Dittrichia viscosa</i> L.....	23
Figure 11	Carte géographique de <i>Dittrichia viscosa</i> L.....	24
Figure 12	Régions de récolte de <i>Dittrichia viscosa</i> L.....	27
Figure 13	Diagramme ombrothermique des deux régions de récolte.....	28
Figure 14	Climagramme pluviométrique d'Emberger pour les deux de Douéra et Es-Senia (2007-2017).....	29
Figure 15	Dispositif de séchage de <i>Dittrichia viscosa</i> L.....	30
Figure 16	Feuilles séchées et broyées de <i>Dittrichia viscosa</i> L.....	30
Figure 17	Schéma récapitulatif de l'extraction de l'extraction des huiles essentiels de <i>Dittrichia viscosa</i> L.....	31
Figure 18	Préparation des dilutions pour l'activité antifongique.....	33
Figure 19	Dépôt du disque mycélien au centre de la boîte de pétri contenant le milieu de culture PDA.....	33
Figure 20	Disques imbibés d'huile essentielle formulée jusqu'à saturation.....	34
Figure 21	dépôt des disques imbibés d'huile essentielle formulée dans la boîte de pétri contenant le milieu de culture PDA.....	34
Figure 22	Tests antifongiques des doses d'huiles essentielles de <i>Dittrichia viscosa</i> L. sur <i>Rhizoctonia solani</i>	35
Figure 23	feuilles de tomates infestées par <i>Tuta absoluta</i>	36
Figure 24	Prélèvement et dépôt des larves de <i>Tuta absoluta</i> dans les boîtes de Pétri.....	36

Figure 25	Préparation des dilutions pour l'activité insecticide.....	37
Figure 26	Tests de l'activité insecticide sur <i>Tuta absoluta</i>	38
Figure 27	Produit phytosanitaire Spinosad homologué utilisé contre les larves de <i>Tuta absoluta</i>	39
Figure 28	Methode d'application des traitements insecticide.....	39
Figure 29	Schéma directeur de l'étude.....	40
Figure 30	Effets comparés des moyennes de mortalités sous l'effet de différentes dose d'huile essentielle formulée issu des deux régions de récolte avec la dose homologuée du produit phytosanitaire Spinosad.....	45
Figure 31	Effets comparés de l'efficacité des différents traitements appliqués sur les larves de <i>Tuta absoluta</i> dans le temps	47
Figure 32	Evaluation de la toxicité des différentes doses d'huile essentielle formulée des deux régions de récolte avec la dose homologuée du produit phytosanitaire.....	49
Figure 33	Effets comparés des trois doses d'huile essentielle formulée des deux régions de récolte.....	50
Figure 34	Effets comparés de l'huile essentielle formulée des deux régions de récolte.....	51
Figure 35	Droite de régression représentant la mortalité par contact transformée en probit en fonction du logarithme décimal de la concentration de l'huile essentielle formulée de <i>Dittrichia viscosa</i> de Douéra.....	52
Figure 36	Droite de régression représentant la mortalité par contact transformée en probit en fonction du logarithme décimal de la concentration de l'huile essentielle formulée de <i>Dittrichia viscosa</i> d'Es-Senia.....	52
Figure 37	Tests de l'activité antifongique de l'huile essentielle formulée de la région de Douéra.....	53
Figure 38	Tests de l'activité antifongique de l'huile essentielle formulée de la région d'Es-Senia.....	54
Figure 39	Effets comparés des doses des deux régions de récolte sur la croissance mycélienne de <i>Rhizoctonia solani</i> dans le temps.....	55
Figure 40	Effets comparés du taux d'inhibition des doses D1 et D2 des deux régions sur <i>Rhizoctonia solani</i>	56
Figure 41	Effets comparés du taux d'inhibition des doses D1 et D2 de la meme régions sur <i>Rhizoctonia solani</i>	57
Figure 42	Histogramme relatif à la vitesse de croissance mycélienne des doses D1 et D2 des deux régions de récolte.....	58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	01	Principales maladies de la tomate et pomme de terre en Algérie..	08
Tableau	02	Rendements d'extraction en huiles essentielles des régions de Douéra et d'Es Senia.....	43
Tableau	03	Modèle G.L.M. appliqué aux effets comparés des trois doses de l'huile essentielle formulée des deux régions de récolte avec le produit phytosanitaire homologué.....	48
Tableau	04	Modèle G.L.M. appliqué aux effets des trois doses de l'huile essentielle formulée des deux régions de récolte.....	49
Tableau	05	Modèle G.L.M. appliqué à l'effet de l'huile essentielle formulée des deux régions de récolte.....	50
Tableau	06	Variation des doses létales DL_{50} et DL_{90} de l'huile essentielle de <i>Dittrichia viscosa</i> L. par rapport aux régions de récolte.....	51
Tableau	07	Modèle GLM appliqué à l'effet de la dose D1 et D2 des deux régions de récolte.....	56
Tableau	08	Modèle GLM appliqué à l'effet des doses d'une même région.....	57
Tableau	09	Test de WILCOXON des deux doses étudiées sur la vitesse de croissance mycélienne.....	58

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION

Depuis l'antiquité, l'agriculture ne cesse de contribuer dans la culture et les mutations socio-économiques dans le monde. Elle a toujours constitué une préoccupation de sécurité alimentaire pour l'ensemble des pays du monde entier. Les cultures maraichères apparaissent comme une alternative intéressante pour l'accès à la nourriture en qualité et en quantité suffisantes. En Algérie, en terme de superficie, les cultures maraichères sont classées au 2ème rang après les céréales (Anonyme, 2016 a). La tomate et la pomme de terre sont des légumes de base pour la population algérienne avec des productions respectives de 1,2 million de tonnes et 4,7 millions de tonnes en 2016. Elles ont gagné une place importante dans l'économie du pays en enregistrant des accroissements notables en superficies et en productions durant la période 2014-2016 (Anonyme, 2016 b).

Ces cultures sont souvent confrontées aux attaques des bioagresseurs tels que les insectes ravageurs, nématodes et agents pathogènes (champignons, bactéries, virus...). Cependant, leurs caractéristiques biologiques en font des ravageurs permanents et redoutables qui entraînent des pertes économiques considérables (Regnault-Roger et al., 2008).

La tomate est généralement attaquée par des ravageurs tels les mouches mineuses qui comprennent environ 2 700 espèces, dont *Tuta absoluta* (Gahbiche et al., 2003), introduite dans notre pays en 2008 et qui cause des dégâts considérables (Berkani et al., 2008). Diverses maladies peuvent se déclarer sur la culture de pomme de terre tout au long de son cycle de développement par des insectes ravageurs et par des champignons tels que le *Rhizoctonia solani*, un pathogène tellurique qui peut causer des pertes en rendements extrêmement coûteuses (Zitter, 2001).

Depuis longtemps, la lutte contre les ennemis des cultures est plus facilement réalisable par l'application de pesticides de synthèse qui peuvent limiter leurs populations à un seuil tolérable (Lopez et al., 2012). Toutes ces substances toxiques répandues dans les champs se retrouvent dans l'air, l'eau et le sol. Elles ne se dégradent pas facilement et portent atteinte à la biodiversité de notre planète (réduction des ennemis naturels, l'apparition du phénomène de résistance chez les ravageurs, etc...), à l'environnement (pollution des eaux de surface et des nappes phréatiques, etc...) et à la santé humaine (Camara et al., 2010).

La prise de conscience des dangers actuels des effets nocifs des pesticides de synthèse ont conduit les scientifiques à rechercher des méthodes de lutte alternatives, plus sécurisantes, moins polluantes et respectueuses des écosystèmes.

Parmi ces méthodes, les biopesticides qui sont définis comme étant des substances d'origine végétale, rapidement biodégradables et de faible impact sur la santé et l'environnement sembleraient être une solution (Riba et Silvy, 1989).

Plusieurs études se sont intéressées aux plantes pouvant être utilisées dans la protection des cultures. Ces plantes contiennent naturellement dans leurs tissus des quantités importantes de molécules bioactives qui ne sont pas intrinsèquement biocides. Cependant, lorsqu'elles sont exposées à un stress, ces plantes libèrent une gamme de produits connus pour leurs propriétés biocides et/ou biostatiques. Ces composés secondaires naturels sont souvent considérés comme étant un moyen de défense de la plante productrice contre les microorganismes pathogènes et ravageurs (Auger et *al.*, 1999).

Il existe actuellement plusieurs familles de plantes entre autres les Astéracées, sélectionnées pour leur production de biomasse et leurs propriétés de phytoprotection (Inderjit et Keating, 2002).

Ces dernières années, des intérêts sont générés dans le développement de nouvelles molécules bioactives tels que les huiles essentielles et les extraits à base de plantes. Les huiles essentielles sont considérées comme des composés non phytotoxiques très actifs et biodégradables et sont utilisées comme moyens de défense contre les ravageurs phytophages (Sidhu et *al.*, 2009).

Notre travail de recherche s'inscrit dans le cadre de la valorisation de la flore algérienne en portant notre choix sur l'espèce *Dittrichia viscosa* L. Notre objectif est d'évaluer respectivement dans les conditions de laboratoire les effets insecticide et antifongique, d'une huile essentielle formulée de *Dittrichia viscosa* L (Greuter, 1973), issue de deux régions à étages bioclimatiques différents ; l'une subhumide (Douéra), située dans l'Algérois, et l'autre semi-aride (Es-Senia), localisée dans l'Oranie, sur une souche fongique *Rhizoctonia solani* (Kühn, 1858) et les larves de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917).

L'étude consiste, en premier lieu, à évaluer le pouvoir insecticide, des huiles essentielles formulées à différentes doses D1, D2 et D3, représenté par le taux des populations résiduelles en comparaison avec la dose homologuée (DH) du produit phytosanitaire Spinosad à sept temps d'exposition aux traitements, soit 1/2h, 1h, 2h, 4h, 8h, 16h, 32h, sur les larves de *Tuta absoluta*. En second lieu, l'étude comprend l'évaluation du pouvoir antifongique sur la souche *Rhizoctonia solani* en fonction de trois temps d'exposition, à savoir 2, 4 et 8 jours et de deux doses appliquées D1 et D2 se traduisant par le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne du champignon.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Cultures maraichères et bioagresseurs

I.1. Généralités sur les cultures maraichères

I.1.1. Cultures maraichères dans le monde et en Algérie

Le maraichage reste l'une des spéculations les plus cultivées au monde (Lopez et *al.*, 2012). La production mondiale des cultures maraichères a atteint 1,72 milliards de tonnes en 2013. Parmi les principaux pays producteurs des cultures maraichères dans le monde, la Chine occupe la première place avec une superficie estimée à plus de 24 millions d'hectares, et détient le premier rang avec le tiers de la production mondiale. Elle est suivie par l'Inde avec 8,6 millions d'hectares pour plus de 121 millions de tonnes, puis viennent les Etats-Unis avec plus de 1,0 million d'hectares pour plus de 34 millions de tonnes. Le 4^{ème} rang est occupé par la Turquie avec 2% de la production mondiale (Anonyme, 2016 a).

L'Algérie se positionne à la 24^{ème} place des pays producteurs de cultures maraichères dans le monde avec une superficie d'environ 335 000 d'hectares et 6,7 millions de tonnes. La pomme de terre (*Solanum tuberosum L.*), culture potagère et industrielle, occupe le quatrième rang des productions mondiales, après le blé, le riz et le maïs. Sa superficie est de 24,56 millions d'hectares donnant une production de 445,5 millions de tonnes en 2013. Quant à la tomate (*Solanum lycopersicum L.*), elle est cultivée aujourd'hui sous presque toutes les latitudes et occupe environ un tiers des surfaces mondiales consacrées aux légumes. La production mondiale de tomate est d'environ 161,24 millions de tonnes de fruits frais sur une superficie évaluée à 5,10 millions d'hectares (Anonyme, 2016 b).

I.1.2. Généralités sur la tomate

I.1.2.1. Historique

Le mot "Tomate" est issu du mot inca Tomalt". Elle était considérée comme une plante ornementale, et n'a été cultivée pour son fruit qu'à partir du XVIII^e siècle. Les chercheurs ont trouvé au Nord-Ouest de l'Amérique du Sud (Colombie, Équateur, Pérou, nord du Chili) des plantes spontanées de diverses espèces de l'ancien genre *Lycopersicon*, notamment *Solanum lycopersicum* cerasiforme, la tomate cerise (Dominique et *al.*, 2009). Elle fit sa première apparition en Espagne en 1544 (Delorme, 2004).

I.1.2.2. Description botanique

La tomate, *Solanum lycopersicum*, est une plante annuelle, herbacée, vivace, à cycle assez court appartenant à la famille des Solanacées. La tomate est une espèce diploïde avec $2n=24$ chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants monogéniques dont certains sont très importants pour la sélection (Benton et *al.*, 2008).

C'est une plante à croissance soit indéterminée avec trois nœuds entre chaque inflorescence, ou déterminée avec deux nœuds entre chaque inflorescence et se termine par une grappe de fruits (Benton et *al.*, 2008). C'est un des légumes le plus important dans l'alimentation humaine après la pomme de terre. Les fruits de tomate sont une source importante en minéraux, vitamines, antioxydants et fibres dans l'alimentation humaine (Cabasson et *al.*, 2008). La tomate est dite apéritive, diurétique, antiscorbutique, énergétique, désintoxiquante et reminéralisante.

I.1.2.3. Répartition, variétés et production

En Algérie, la culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne (Nechadi et *al.*, 2002). La production annuelle est de 1,2 million de tonnes avec des rendements moyens de 56.8 tonnes/ha (Anonyme, 2016 a) (Fig.01). Elle se répartie en cultures de primeur sous serre, dans les zones du littoral dans les wilayas de Tipaza, Alger, Boumerdes, Skikda et Jijel, dans les plaines intérieures dans les wilayas de Tiaret, Oum El Bouaghi et Guelma, dans les wilayas du sud, Biskra et Adrar; en cultures de saison en plein champ dans les zones du littoral, Tipaza, Alger, Boumerdes, Skikda et Jijel et en cultures d'arrière-saison en plein champ dans les plaines intérieures, Tiaret et Guelma (Snoussi, 2010).

Les variétés de tomate cultivées sont classées selon leur croissance du type déterminée ou indéterminée. Les variétés de tomate utilisées sont soit des variétés fixées ou des variétés hybrides homologuées en Algérie. Les variétés à croissance indéterminée : Marmande et Saint pierre comme variétés anciennes fixées, et les variétés Actana, Agora, Bond, Nedjma, Toufan, et Zahra comme hybrides homologués. Les variétés à croissance déterminée : Aicha comme variété fixée et les variétés Farouna, Joker, Luxor, Tomaland, Zigana, Zeralda comme hybrides homologués (Anonyme, 2012).

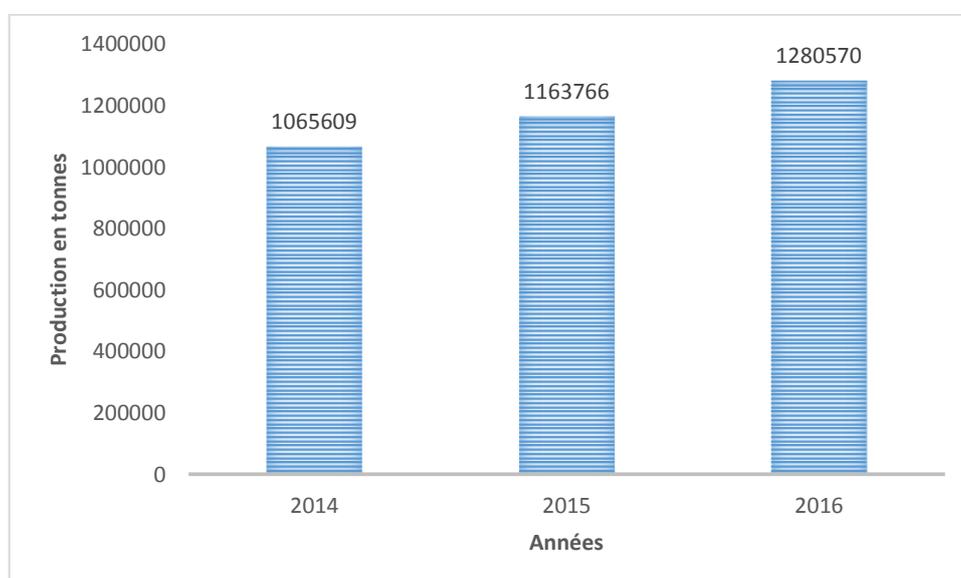


Figure 01: Production de la tomate des trois dernières années en Algérie (Anonyme, 2016 a)

I.1.2.4. Cycle de développement

La température optimale de croissance de la tomate se situe entre 15 °C pour la nuit et 25 °C le jour. La tomate craint le gel et ne supporte pas les températures inférieures à + 2 °C. La durée de son cycle végétatif complet est de 4 à 6 mois après le semis (Benton, 2008), caractérisée par les stades de germination au cours duquel la levée s'effectue au bout de 6 à 8 jours, à température comprise entre 18 et 24 °C (Naika et *al.*, 2005).

Pour sa croissance végétative, la racine s'allonge et prend l'aspect d'un filament sur lequel apparaissent des racines secondaires, les deux premières feuilles apparaissent vers le 11^{ème} jour, elles ne deviennent bien développées que vers le 20^{ème} jour, le jeune plant est de 15 à 20 cm de hauteur, stade idéal pour le repiquage et la croissance (Naika et *al.*, 2005).

Deux mois et demi après le semis, le stade de la floraison apparaît caractérisé par les premières inflorescences (Benton et Grant, 1999).

Les stades de fructification et maturation correspondent aux phases de floraison, de nouaison des fleurs, de fécondation des fleurs et de développement et de grossissement des fruits jusqu'à ce qu'ils atteignent leur taille définitive avec perte de leur coloration verte au profit du jaune puis au rouge (Naika et *al.*, 2005).

I.1.3. Généralités sur la pomme de terre

I.1.3.1. Historique

La pomme de terre a pris naissance dans les pays andins dont le Pérou probablement 8000 à 9000 ans avant JC. Il est probable que la pomme de terre fut introduite en Europe avant la fin du XVI^{ème} siècle, d'abord en Espagne vers 1570 et ensuite dans les îles Britanniques entre 1588 et 1593 (Rousselle et *al.*, 1996). En Algérie, la pomme de terre a été introduite vraisemblablement au XVI^{ème} siècle par les Maures andalous (Meziane, 1991).

I.1.3.2. Description botanique

La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. est une espèce, herbacée, tubéreuse, vivace et cultivée comme plante annuelle. La pomme de terre est une espèce tétraploïde avec 48 chromosomes, à multiplication végétative, cultivée pour ses tubercules, organes de réserve et de multiplication riches en substances nutritives. Ce tubercule est une tige modifiée, aux entre-nœuds courts et épaissis et dont les bourgeons vont donner naissance à des germes appelés yeux (Rousselle et *al.*, 1996).

I.1.3.3. Répartition, variétés et production

En Algérie, la pomme de terre représente l'une des principales cultures maraîchères. La pomme de terre est un produit de base pour le consommateur algérien au même titre que les céréales et les légumes secs ; la consommation par habitant est estimée à 110kg/an (Anonyme, 2016 b). Elle occupe 25 à 30 % (soit 156 196 ha) des superficies réservées aux maraîchages avec une production de 4,78 million tonnes en 2016 et un rendement de 30.6198 tonnes/ha (Anonyme, 2016 a) (Fig. 02).

La courte période de croissance et de développement de la plante autorise la réalisation de trois campagnes par an. Les cultures de saison (plantation janvier-mars), les cultures d'arrière-saison (plantation juillet-août) et les cultures de primeurs (plantation octobre-novembre) (Amrar, 2013). Elle est cultivée dans quatre zones géographiques ; à l'Ouest, les wilayas de Tlemcen, Mostaganem, Chlef, Tiaret, Mascara (soit 21% des superficies) ; au Centre, les wilayas de Bouira, Ain Defla, Tipaza, Alger, Boumerdes, et Tizi- Ouzou (soit 31% des superficies) ; à l'Est principalement dans Skikda, Guelma, Sétif, Mila et Batna (soit 7% des superficies) et au Sud, représenté principalement par l'oasis d'El Oued avec une superficie de 7000 ha/an (Chehat, 2008).

L'espèce cultivée dans nos régions, *Solanum tuberosum* L. comprend plusieurs variétés différentes par la forme, la couleur, la texture ou encore par le contenu en amidon des tubercules. Les principales variétés cultivées sont les variétés à peau blanche (Spunta, Atlas, Timate, Fabula, Arnova, Liseta, Burren, Safrane, Escort, Alaska, Arinda) et les variétés à peau rouge (Désirée, Kondor, Bartina, Pamela, Sarpo Mira, Kuroda, Rubis). Chaque année, huit à dix nouvelles variétés (Arizona, Blondine, Rumba, Barcelona, Labela, Belmonda, Tiamo, etc) sont homologuées par les services officiels de l'agriculture (Anonyme, 2016 c).

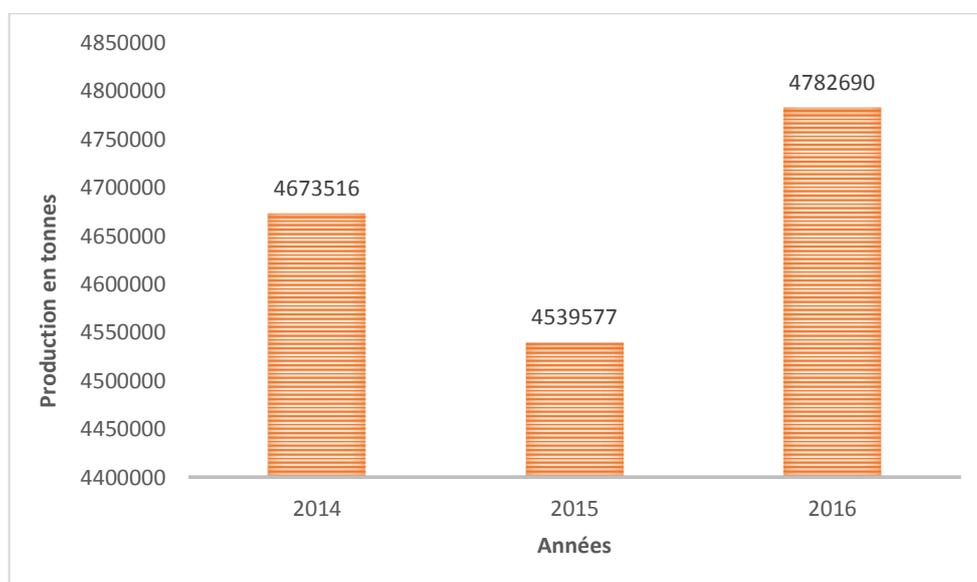


Figure 02: Production de la pomme de terre des trois dernières années en Algérie (Anonyme, 2016 a)

I.1.3.4. Cycle de développement

La durée du cycle végétatif de la pomme de terre varie de 90 à 150 jours ; elle dépend de l'état physiologique des tubercules, des facteurs agro climatiques et des variétés utilisées (Rousselle et *al.*, 1996).

Selon Chehat (2008), le cycle végétatif comprend quatre stades principaux:

- la germination durant laquelle les germes s'allongent, après la plantation du tubercule, jusqu'à atteindre le niveau du sol, ce qui constitue le stade de la levée.
- la croissance végétative au cours de laquelle les germes poursuivant leur croissance au-dessus du sol deviennent des tiges feuillées, puis les bourgeons aériens des tiges donnent des rameaux, et les bourgeons souterrains donnent des stolons.
- la tubérisation dont les stolons cessent leur élongation, leurs extrémités se renflent pour former les ébauches des tubercules, puis celles-ci vont grossir en emmagasinant des réserves formées à partir des métabolites synthétisés par la plante au niveau du feuillage
- le repos végétatif durant lequel les tubercules se trouvent dans un état de repos pendant leur grossissement, les bourgeons sont incapables de croître pour donner des germes, c'est la phase de dormance. La croissance des germes redevient possible, après la fin du repos végétatif, ce qui constitue le point de départ d'un nouveau cycle de végétation.

I.1.3.5 Principales maladies de la pomme de terre et de la tomate

Les cultures maraichères souffrent ces dernières années de divers problèmes d'ordre phytosanitaire, provoqués essentiellement par des insectes ravageurs, nématodes et d'agents pathogènes (champignons, bactéries, virus ...) qui peuvent concerner tant les cultures que la récolte en conservation mais aussi par le développement de mauvaises herbes (Shankara et *al.*, 2005).

La tomate peut être également attaquée par des ravageurs tels les acariens (*Tetranychus sp.*), les noctuelles (*Lepidoptera*), et les insectes tels que les thrips (Guenoui, 2008), les pucerons (*Aphidae*) (Csizinsky et *al.*, 2005), et les mouches mineuses *Agromyzides* qui comprennent environ 2 700 espèces dont *Tuta absoluta* (Gahbiche et *al.*, 2003), introduite dans notre pays en 2008 et qui a causé des dégâts considérables sur la culture de la tomate (Guenoui et Ghelamallah, 2008). Les principaux agents pathogènes infectant la tomate et la pomme de terre cités dans les documents de Dominique (2009) et Snoussi (2010) sont répertoriés dans le tableau n°01.

Tableau 01 : principales maladies de la tomate et de la pomme de terre en Algérie

	MALADIES	AGENTS PATHOGENES	PLANTE HOTE
Les maladies causées par les champignons	Mildiou « Late Blight »	<i>Phytophthora infestans</i>	Pomme de terre et tomate
	Alternariose « Early blight »	<i>Alternaria solani</i> Sorauer et <i>Alternaria alternata</i>	Pomme de terre et tomate
	Verticilliose « <i>Verticillium wilt</i> »	<i>Verticillium spp.</i>	Pomme de terre et tomate
	Oïdium de tomate	<i>Leveillula taurica</i>	Tomate
	Fonte de semis	<i>Pythium spp.</i> ou <i>Rhizoctonia solani</i>	Pomme de terre et tomate
	Rhizoctone brun	<i>Thanatephorus cucumeris</i> , <i>Anamorphe</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>	Pomme de terre
Les maladies bactériennes	Chancre bactérien de la tomate	<i>Clavibacte michiganensis subsp. Michiganensis</i>	Tomate
	Moucheture bactérienne	<i>Pseudomonas syringae pv.</i>	Tomate
	Pourriture molle et jambe noire	<i>Pectobacterium carotovorum subsp Atrosepticum</i>	Pomme de terre
	Flétrissement bactérien	<i>Ralstonia solanacearum</i>	Pomme de terre
Les maladies virales	Maladie bronzée de la tomate	Virus de la maladie bronzée de la tomate	Tomate
	Mosaïque de la tomate	Virus de la mosaïque de la tomate (ToMV)	Tomate
	Virus de l'enroulement	<i>Potato Leafroll Virus (PLRV)</i>	Pomme de terre

I.2. Généralités sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)

I.2.1. Historique et répartition géographique

La mineuse est un microlépidoptère (Meyrick, 1917). Elle est apparue et s'est propagée de l'Argentine, en 1964, vers d'autres pays de l'Amérique latine, puis dans le bassin méditerranéen, particulièrement en Espagne en 2006, au Maroc, en Algérie et en Tunisie en 2008. Elle est répandue actuellement dans les principales régions maraichères d'Algérie, sur tomate, pomme de terre, aubergine, poivron et sur certaines mauvaises herbes (morelle noire, morelle jaune, datura stramoine, tabac glauque...etc.). *Tuta absoluta* est un ravageur qui peut détruire la totalité des cultures de tomate (Damus, 2009).

I.2.2 Cycle de vie

La mineuse de la tomate traverse quatre stades de développement (œuf, larve, nymphe et adulte). Son cycle de vie peut durer de 29 à 38 jours selon les conditions environnementales (Fig.03).

Au laboratoire, le cycle complet de *T. absoluta* varie de 26 à 38 jours à une température de 24°C, avec un chevauchement des générations (Silva et al., 2008). L'insecte peut hiverner aux différents stades : œuf, nymphe ou adulte (Ramel et Oudard, 2008). En général, chaque femelle peut déposer une moyenne de 40 à 55 œufs (Urbanja et al., 2007).

La femelle pond ses œufs dans la partie aérienne de la plante hôte et peut déposer jusqu'à 260 œufs durant sa vie. Après éclosion des œufs, les jeunes larves pénètrent dans les feuilles, tiges ou fruits pour s'alimenter en provoquant des mines (Picanço et al., 1998).

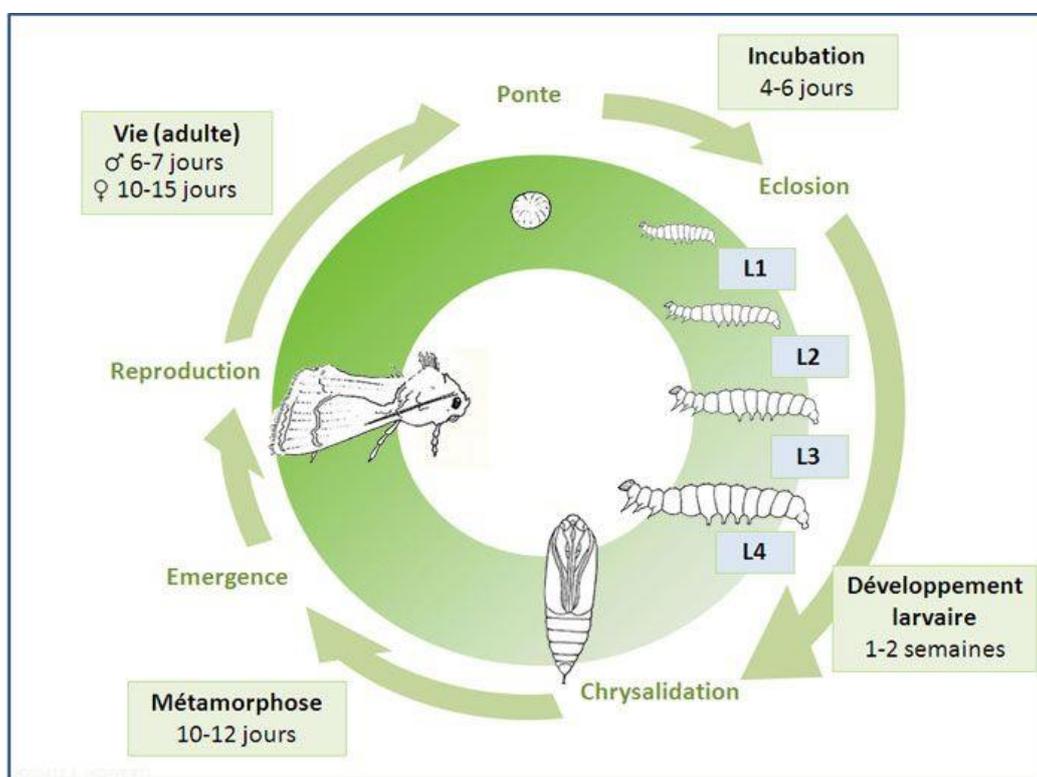


Figure 03: Cycle de vie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Guenauoui et Ghelamallah, 2008)

I.2.3. Symptômes et dégâts

La larve est le stade nuisible de la mineuse de la tomate. Elle peut attaquer tous les organes de la plante. Sur feuilles, les attaques se manifestent sous forme de galeries blanchâtres renfermant chacune une chenille et ses déjections noirâtres.

Puis, les galeries se nécrosent et brunissent. Sur jeunes tiges et pédoncules apparaissent des points noirs et des nécroses. Sur fruits verts et mûrs, se trouvent des nécroses sur le calice ou des trous de sortie à leur surface (Damus, 2009) (Fig.04).



Figure 04 : dégâts de la mineuse de la tomate (Damus, 2009)

I.2.4. Méthodes de Lutte

Elles peuvent être mécaniques ou physiques, chimiques et biologiques. La méthode physique consiste à éliminer les feuilles, les tiges et les fruits parasités, le cas échéant, les plants entiers, puis les brûler rapidement. Des produits chimiques peuvent être utilisés pour contrôler le développement de *Tuta absoluta* tels que Tracer 240 SC, Alverde 240 SC, Coragen 20 SC, Radiant 120 SC, Trivap, Tutafort, Voliam Flexi 300 SC, Ampligo 150 ZC qui sont homologués en Algérie (Anonyme, 2015).

Les insecticides homologués à base de *Bacillus Thuringiensis* compatibles avec les auxiliaires et autorisés en agriculture biologique sont utilisés en priorité. La méthode biologique consiste également à mettre en place des pièges à phéromones (pièges à eau de type Delta et de type Mc Phail) afin de détecter précocement ce ravageur, d'évaluer le risque potentiel pour la culture et de réduire la population présente. Plusieurs insectes auxiliaires ont été utilisés contre ce microlépidoptère. Il s'agit de *Nesidiocoris tenuis*, *Macrolophus caliginosus*, *Trichogramma pretosium*, *Trichogramma sp*, *Pseudoapanteles dignus*, *Dineulophus phthorimaeae*, *Cornua sp*. et *Podisus nigrispinus* (Anonyme, 2013).

I.3. Généralités sur *Rhizoctonia Solani*

I.3.1 Description

Rhizoctonia solani (Kühn, 1858) est un pathogène tellurique. Le mycélium de ce champignon, de couleur brunâtre à brun foncé, est constitué d'hyphes relativement épais. Il est caractérisé par un aspect réticulé dont les embranchements partent à angles droits (Maheshwari et *al.*, 2005).

I.3.2.Sources de l'agent pathogène

Le champignon est souvent introduit en tant que contaminant naturel provenant des sols minéraux. Le *Rhizoctonia solani* produit des sclérotés, des structures brun-noir robustes qui lui permettent de survivre dans le sol ou sur tissus végétaux infectés pendant des années. Les sclérotés constituent la forme de conservation du champignon. Le champignon peut aussi être transmis d'une parcelle à une autre par des parties de plantes infectées ou contaminées (Zitter, 2001).

Les sclérotés de rhizoctone sur les tubercules sont les principales causes d'altérations superficielles des tubercules, responsables de déclassement ou du refus des plants contaminés. Les sclérotés germent lorsque la température dépasse 13 à 15°C pour infecter des racines ou des parties de plantes restant sur le sol. Un sclérote peut étendre son mycélium sur une distance atteignant 7 à 10 cm jusqu'à trouver une plante hôte. Le sol et les plants contaminés constituent les principales sources d'inoculum de la maladie (Meijer et *al.*, 1997).

I.3.3. Variabilité de *Rhizoctonia solani*

Rhizoctonia solani est un groupe très variable comportant différentes populations fongiques que l'on regroupe classiquement en « groupes d'anastomose » (AG) caractérisés par la capacité des souches d'un groupe AG donné à s'anastomoser ou fusionner avec une autre souche du même groupe d'AG. La diversité de souches diffère entre autres par leurs caractéristiques culturales, leur pouvoir pathogène et la spécificité de l'hôte (Anderson, 1982).

Il y a au moins 13 différents groupes d'anastomoses avec différents niveaux de pouvoir pathogène et de gamme d'hôtes. Les souches du groupe AG-3 sont souvent spécialisées sur solanacées. Le groupe d'anastomose prédominant sur la pomme de terre est l'AG-3 qui est celui qui est isolé en général des sclérotés présents sur la surface des tubercules. AG2-1, AG-4 et AG-5 ont également été isolés des tubercules de pomme de terre, mais leur niveau respectif de pathogénicité reste encore mal connu (Anderson., 1982).

I.3.4. Conditions favorables pour le développement de *Rhizoctonia solani*

Les températures comprises entre 20 et 32 °C favorisent la croissance du *Rhizoctonia solani*. Donc, le problème est plus préoccupant au printemps et en été. Ce champignon a besoin aussi pour son cycle de vie d'un taux d'humidité élevée, parce qu'il a tendance à se tenir près de la surface du substrat comme tous les agents pathogènes fongiques (Zitter, 2001).

Cette condition favorise l'apparition des hyphes ou filaments de couleur brune sur les parties affectées de la plante. La brume fréquente, des plantes trop rapprochées, des feuilles et tiges mouillées et le manque de circulation d'air sont tous des facteurs qui favorisent le développement du *Rhizoctonia solani*. La sensibilité des plantes augmente beaucoup lorsqu'il y a des blessures ouvertes sur des parties de la plante se trouvant au niveau du sol. Ces blessures servent de points d'entrées pour le *Rhizoctonia solani* (Zitter, 2001).

I.3.5. Cycle de *Rhizoctonia solani*

Le champignon *R. solani* peut survivre pendant de nombreuses années en produisant de petites structures (de 1 à 3 mm de diamètre), de formes irrégulières, de couleurs brunes à noires (appelées sclérotés) dans le sol et les tissus végétaux. Certains agents pathogènes de *R. solani* ont développé des capacités de production de sclérotés ayant une couche externe épaisse qui leur permet de flotter et de survivre dans l'eau. Il survit également en tant que mycélium en colonisant la matière organique du sol en tant que saprophyte (Vilgalys et Cubeta, 1994).

Les sclérotés et/ou mycéliums présents dans le sol et/ou sur les tissus végétaux germent pour produire des fils végétatifs (hyphes) du champignon qui peuvent attaquer une grande variété de cultures alimentaires et de fibres. Le champignon est attiré par la plante par des stimulants chimiques libérés par des cellules végétales en croissance active et / ou des résidus végétaux en décomposition (Vilgalys et Cubeta, 1994).

Au fur et à mesure que le processus d'attraction se poursuit, l'hyphes fongique entre en contact avec la plante et s'attache à sa surface externe. Après l'attachement, le champignon continue de se développer sur la surface externe de la plante et provoque une maladie en produisant une structure d'infection spécialisée (appressorium ou coussin d'infection) qui pénètre dans la cellule végétale et libère des nutriments pour la croissance fongique et le développement (Ceresini, 2011).

Le processus d'infection est favorisé par la production de nombreuses enzymes extracellulaires différentes qui dégradent divers composants des parois cellulaires végétales (par exemple la cellulose, la cutine et la pectine). Lorsque le champignon tue les cellules végétales, les hyphes continuent de croître et de coloniser les tissus

morts, formant souvent des sclérotés. Un nouvel inoculum est produit sur ou dans le tissu hôte, et un nouveau cycle est répété lorsque de nouveaux substrats sont disponibles (Ceresini, 2011) (Fig,05).

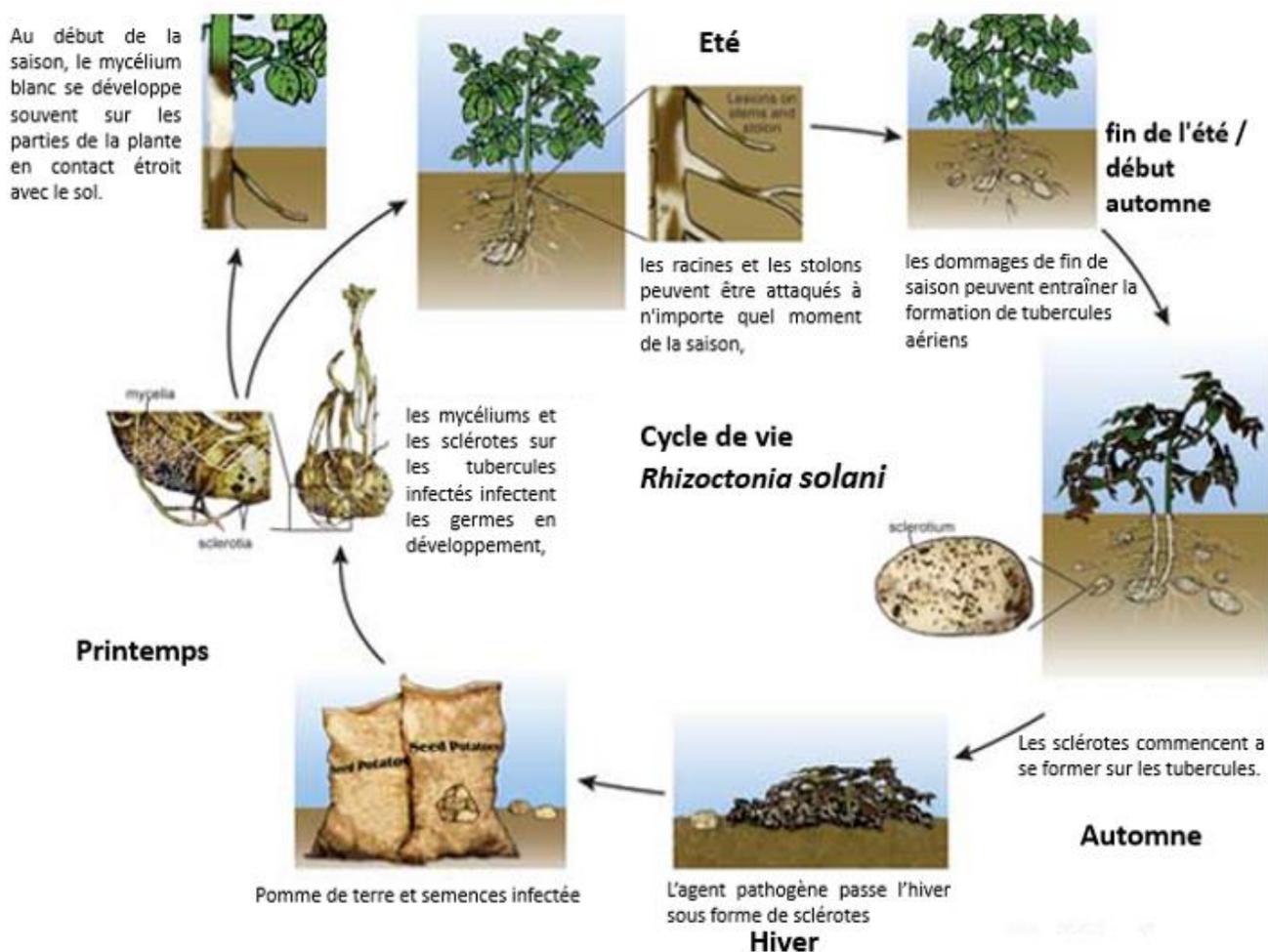


Figure 05 : Cycle de vie de *Rhizoctonia solani* (Ceresini, 2011).

I.3.6. Principales maladies dues à *Rhizoctonia solani*

Les *Rhizoctonia solani* inféodés aux cultures maraîchères sont virulents et causent des pertes de rendements importantes et coûteuses. Le champignon pénètre dans la plante directement à travers la cuticule ou par les stomates. Les attaques sont favorisées par des dégâts préalables causés par des ravageurs comme les nématodes ou par des outils. Les feuilles qui entrent en contact avec le sol peuvent être infestées par le *Rhizoctonia solani* causant la maladie des taches brunes. Cette maladie peut se propager rapidement si les conditions sont favorables. Les maladies causées par ce champignon portent des noms divers: rhizoctone noir, maladie des manchettes, variole des tubercules, pied noir, toile ou fonte des semis, «crater-rot», «web-blight», verse parasitaire, pourriture du collet etc... (Zitter, 2001).

I.3.7. Symptômes et dégâts

Les symptômes d'attaques de *Rhizoctonia solani* se développent de manière variée selon les plantes hôtes. Ce champignon se développe le long de la surface supérieure du substrat, donc il attaque souvent les tiges des plantes au niveau du sol. Souvent, les tiges pourrissent rapidement, en commençant par la formation de lésions brunes ou rougeâtres qui grossissent et forment des chancres près du niveau du sol. Les tiges infectées sont d'apparence sèche, flétrie et raide (Brogue et al., 1991).

Les chancres grossissent et entourent les tiges, ce qui restreint le mouvement de l'eau et des nutriments. Il s'ensuit ainsi un flétrissement pendant la chaleur du jour et une diminution d'apport en eau et des carences en nutriments. Ce sont des conditions idéales pour l'installation d'autres organismes pathogènes. Il est fréquemment observé sur les racines de tomate, seul ou en association avec d'autres bioagresseurs racinaires comme *Pyrenochaeta lycopersici*, *Colletotrichum coccodes* et des nématodes à galles appartenant au genre *Meloidogyne* (Brogue et al., 1991).

Sur tomate, ce champignon du sol est surtout connu pour provoquer des fontes de semis en pépinière, des lésions racinaires et des chancres au collet, des altérations sur la tige et sur les fruits. Les symptômes qu'il occasionne peuvent être observés dans tous les types de production, des cultures les plus extensives aux plus intensives, aussi bien en plein champ que sous abri. Depuis quelques années il fait partie du complexe de bioagresseurs telluriques s'attaquant aux racines des porte-greffes cultivés sous abris, en particulier avec *C. coccodes*, *Phytophthora nicotianae*, plusieurs espèces de *Meloidogyne* et *Globodera tabacum* (Zitter, 2001).

Sur pomme de terre, en début de végétation, lorsque les conditions climatiques sont froides et humides, l'attaque de *Rhizoctonia solani* se traduit par des levées irrégulières ou tardives des plantes : les germes enterrés, les stolons et les radicelles présentent des taches brunes profondes qui entraînent leur mort ou des retards de croissance (Meijer et al., 1997) (Fig.06).



Figure 06 : Nécroses brunes sur germe de pomme de terre (Chatot, 2010).

Le rhizoctone se traduit aussi par un enroulement et un jaunissement du feuillage, un aspect chétif des plantes et une tubérisation groupée à la base de la tige. Les tubercules contaminés portent à la surface de petits amas noirs très durs, appelés sclérotés, qui sont très visibles sur les tubercules lavés (Fig. 07). Le *Rhizoctonia solani* est plus virulent chez les jeunes plantes plus tendres. Les racines affectées par la maladie deviennent brunes et molles, comme avec les autres agents pathogènes causant la pourriture des racines (Jones et al., 1991)



Figure 07 : Sclérotés et déformations sur tubercules (Chatot, 2010).

I.3.8. Méthodes de lutte

Plusieurs méthodes de lutttes culturale ou physique (rotation longue des cultures, choix de variétés résistantes, choix des sites ou sols légers et sablonneux, récolte précoce des tubercules, etc...), chimiques (tels les produits Tachigazole à base d'hymexazole, Celest 100 FS à base de Fludioxonil, et biologiques ont été préconisées pour contrôler le chancre des tiges et le rhizoctone brun. Actuellement, le traitement par des produits fongicides reste largement utilisé et constitue l'un des meilleurs moyens de prévention et d'élimination de *Rhizoctonia solani*, (Khandaker et al., 2011). Néanmoins, selon Riba et Silvy (1989) les pesticides naturels constituent une alternative intéressante face aux fongicides conventionnels.

Chapitre II : LES BIOPESTICIDES

II.1 Importance des biopesticides

Depuis des décennies, l'essor considérable des rendements agricoles a été accompagné d'une utilisation intensive de produits phytosanitaires, organiques de synthèse ou pesticides, pour lutter contre des agents ravageurs. La lutte chimique est dominée par trois classes de pesticides incluant environ 3 000 molécules différentes. La première classe est représentée par les herbicides, appliquée contre les mauvaises herbes. La seconde classe par les insecticides et la troisième classe par les fongicides. Le chiffre d'affaire mondial s'élève à plus de 30 milliards d'euros (De Kouassi, 2001).

Cependant, l'utilisation de ces molécules soulève des questions de respect de l'environnement, de santé des consommateurs, de préservation de la valeur agronomique des sols et de qualité des produits issus de l'agriculture (Thakore, 2006).

La prise de conscience, des retombées négatives de l'intensification de l'agriculture sur le plan de la biodiversité et de la santé, ainsi que celle liée à l'inefficacité des produits employés, à cause des résistances développées par les agents pathogènes, a permis d'ouvrir des débats sur les enjeux de l'agriculture de demain particulièrement par tous les intervenants du secteur agro-alimentaire. Ces derniers reconnaissent l'urgence de minimiser les dangers occasionnés par l'utilisation des produits chimiques, par la mise au point d'alternatives innovantes regroupées sous le vocable générique de biopesticides (Van Lenteren, 2000).

En effet, les biopesticides sont définis comme des produits phytosanitaires dont le principe actif est un organisme vivant ou l'un de ses dérivés. Ils peuvent donc être constitués d'organismes (plantes, insectes, nématodes) ou de micro-organismes pathogènes (bactéries, levures, mycoplasmes, champignons, virus) exerçant une activité protectrice sur les plantes vis-à-vis d'agents phytopathogènes, mais aussi de substances d'origine naturelle telles que des extraits végétaux (nicotine et autres alcaloïdes, pyrèthres, huiles et les phéromones). Ils sont appelés éliciteurs ou stimulateurs des défenses naturelles (SDN) (Thakore, 2006).

La plupart des biopesticides ont un spectre, relativement restreint de ravageurs cibles, ainsi que de température et d'humidité relative à l'intérieur duquel ils agissent de façon optimale. Il est donc impossible d'envisager qu'un biopesticide donné est efficace dans toutes les conditions, contre tous les ravageurs, sur toutes les cultures et pour tous les systèmes agricoles (Fravel, 2005). Les biopesticides sont plus écologiques que les produits chimiques et présentent une spécificité accrue vis-à-vis des agents pathogènes contre lesquels ils sont dirigés ; ils sont moins dommageables pour les organismes non ciblés de la microflore endogène qui exerce une action bénéfique sur les plantes et sont efficaces en faibles quantités (Thakore, 2006).

Cependant, le marché des biopesticides reste encore limité à cause de certaines contraintes liées, premièrement, à l'effet protecteur parfois insuffisant par rapport aux produits chimiques (Shishkoff et McGrath, 2002) car dépendant notamment des conditions du milieu (la température, le sol, l'humidité, la plante hôte, le pH, etc...) (Larkin et Fravel, 2002), aux coûts et délais très élevés pour l'enregistrement et au conditionnement et à l'optimisation des formulations par l'addition d'adjuvants, tels que des réducteurs de tension artificielle (Collins et Jacobsen, 2003).

Malgré ces contraintes, cette nouvelle dynamique du secteur agroalimentaire n'a pas échappé à l'industrie phytochimique qui se préoccupe beaucoup plus qu'auparavant de mettre au point des produits de lutte plus sécuritaires, comme des molécules d'origine naturelle (huile de Neem), des biopesticides (formulés à base de microorganismes) et des produits éliciteurs de résistance (SDN) (Klarzynski et Fritig, 2001).

La méthode qui met en œuvre l'utilisation des biopesticides d'origine végétale est considérée aujourd'hui comme méthode substitutive, c'est-à-dire qu'elle est considérée comme complémentaire à la lutte chimique qui emploie des pesticides organiques de synthèse. Elle est en pleine croissance parce qu'elle est respectueuse de l'environnement et de la santé humaine et comporte de grandes promesses d'avenir en terme d'impact socio-économique et de transfert technologique (Benhamou, 2009).

II.2. Les huiles essentielles

II.2.1 Historique des huiles essentielles

Les huiles sont connues depuis des millénaires pour leur action bénéfique pour l'homme. Les plantes étaient utilisées telles quelles ou sous forme d'infusion ou de décoctions. Les huiles furent utilisées dans les momifications des corps ou la conservation des momies, dans l'aromatisation des bains, la désinfection des plaies, les parfums et la fabrication des boissons aromatiques (Berthier, 1980). Puis, fut l'époque de la recherche de l'extraction de la substance odorante qui aboutissait à la création et au développement de la distillation. Enfin, la période moderne qui est celle qui correspond à la détection et à l'identification des constituants des huiles essentielles ainsi que leurs effets physiques, chimiques, biochimiques et physiologiques. (Möller, 2008).

II.2.2. Définition et propriétés physiques et chimiques des huiles essentielles

En trois décennies, la définition des huiles essentielles a évolué pour être plus large particulièrement avec les découvertes de nouvelles méthodes d'extraction des composés moléculaires. L'huile essentielle est un « nom générique pour tous les produits lipophiles, volatils, odorants, préexistant dans une plante ou drogue végétale (Budavari et *al.*, 1996).

Les huiles essentielles sont constituées de nombreuses substances chimiques peu solubles dans l'eau. Dans la plante, les substances chimiques résultent pour la plupart du métabolisme des terpènes et des composés en C₆ C₃, et sont localisées dans des organes (fleurs, bourgeons, graines, feuilles, brindilles, écorces, herbes, bois, fruits et racines) où elles sont biosynthétisées (papilles, cellules et poils, poches et canaux) (Budavari et *al.*, 1996).

Elles sont obtenues par distillation à la vapeur, par hydrodistillation (entraînement à la vapeur d'eau) ou par pression mécanique, par dissolution dans des lipides et plus fréquemment maintenant dans des gaz supercritiques (dioxyde de carbone). L'extraction par dissolution dans des solvants fournit une fraction chargée de divers constituants liposolubles (cires, hydrocarbures...); après élimination du solvant ou du dioxyde de carbone, on obtient une « concrète » que l'on prive des constituants indésirables par refroidissement à la température (glaçage), suivi de décantation et de filtration (Budavari et *al.*, 1996).

Selon Bruneton (2008) les huiles essentielles ont un indice de réfraction élevé et la plupart dévient la lumière polarisée. Elles sont altérables et très sensibles à l'oxydation. Grâce à leur solubilité, les huiles essentielles diffusent rapidement au travers des épidermes et des cuticules (Baser et Buchbauer, 2010).

II.2.3. Répartition et localisation des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. Les genres capables d'élaborer les constituants qui les composent sont répartis dans une cinquantaine de familles botaniques parmi lesquelles les Lamiacées, les Astéracées, les Rutacées, les Cannelacées, les Lauracées, les Myrtacées et les Zingibéracées (Bruneton, 1999). Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes: fleurs (rose), feuilles (citronnelle, eucalyptus, laurier), écorces (cannelier), bois (bois de rose, santal), racines, rhizomes (cucurma, gingembre), fruits (anis, badiane) et graines (muscade) (Sangwan et *al.*, 2001).

II.2.4. Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent en général dans des cellules glandulaires spécialisées, situées en surface de la cellule et recouvertes d'une cuticule. Les huiles essentielles sont constituées principalement des terpènes (mono et sesquiterpènes) et des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (Fig.08). Les composés terpéniques sont formés d'unités isopréniques (en C₅) et comprennent les monoterpènes en (C₁₀), les sesquiterpènes (C₁₅), les diterpènes (C₂₀) et les triterpènes en (C₃₀) (Bruneton, 1993).

Ces terpènes peuvent être acycliques, monocycliques ou bicycliques. En général, une huile essentielle est un mélange d'hydrocarbures et de composés oxygénés dérivés de ces hydrocarbures. Parmi ces composés oxygénés, on peut noter la présence d'alcools, d'esters, d'aldéhydes, de cétones, d'ether-oxydes et de carbures (Bruneton, 1993).

La composition chimique, la qualité et la quantité extraite d'une huile essentielle dépendent de plusieurs paramètres. Les principaux facteurs de variabilité de cette composition sont d'origine intrinsèque et extrinsèque : le génotype, l'environnement, l'origine géographique, la période de récolte, la température et la durée de séchage ainsi que le mode d'extraction (Oussala et *al.*, 2006). Le premier paramètre influençant la composition chimique d'une plante est son profil génétique (Fellah et *al.*, 2006).

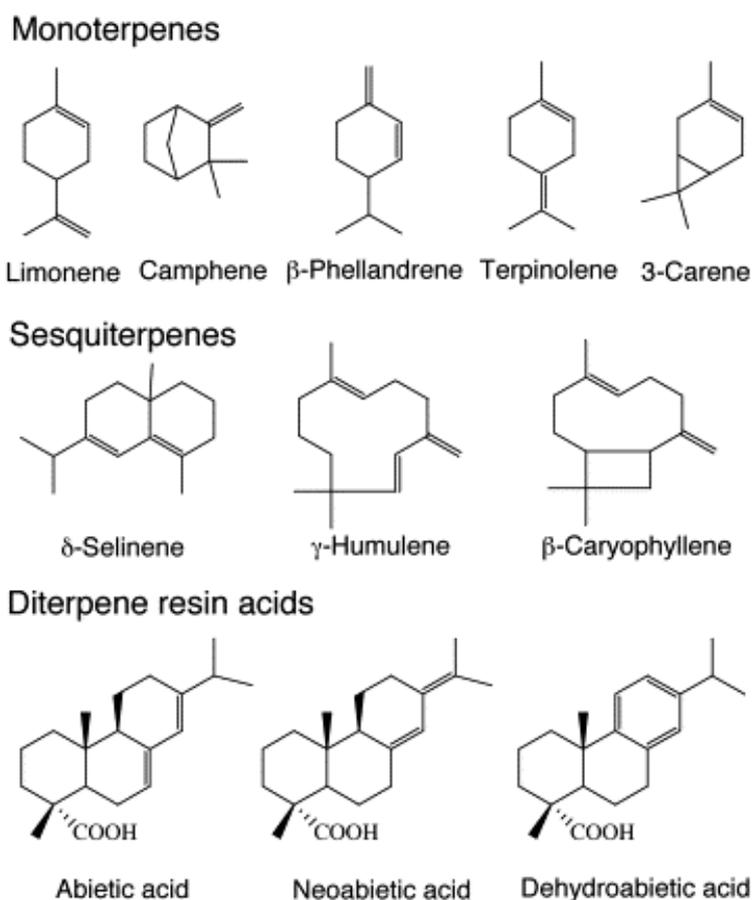


Figure 08: Quelques familles chimiques des huiles essentielles (Bayala et *al.*, 2014)

II.2.5. Intérêts thérapeutique, écologique et économique des huiles essentielles

Les plantes possèdent des métabolites secondaires. Ils interviennent dans les relations qu'entretient la plante avec les organismes vivants qui l'entourent (parasites, pathogènes, pollinisateurs). Ces différentes relations ont donné lieu à une extrême diversification des composés secondaires. Les domaines principaux qu'offrent les huiles essentielles sont la pharmacie, la parfumerie, la cosmétique, la savonnerie et l'industrie agro-alimentaire (gâteaux, biscuits, soupe, sauce, chewing gum, chocolats, bonbons...). Elles sont utilisées aussi dans la fabrication des adhésifs (colle, scotch), et dans l'industrie automobile dans la préparation des sprays insecticides (Chaiyasit et *al.*, 2006).

Les huiles essentielles ou certains de leurs constituants sont efficaces contre une grande variété d'organismes tels les acariens (Rim et Jee, 2006), les larves et les insectes (Burfield et Reekie, 2005), les bactéries (Baser et *al.*, 2006), les virus (Duschatzky et *al.*, 2005), les champignons (Pawar et Thaker, 2006).

Le pouvoir antifongique d'un grand nombre de composés terpéniques volatils a été testé contre une large gamme de champignons : *Candida (C. albicans)*, *Aspergillus (A. niger, A. flavus, A. fumigatus)*, *Penicillium chrysogenum* (Kalembe et Kunicka, 2003).

Les scientifiques Pattnaik et *al.*, (1997) ont testé également des constituants des huiles essentielles pour leur activité antifongique contre douze champignons dont trois de type levure et neuf filamenteuses. Enfin, les huiles essentielles contribuent à l'équilibre des écosystèmes, attirent les abeilles et des insectes responsables de la pollinisation, protègent les végétaux contre les herbivores. Elles pourraient avoir un rôle mobilisateur d'énergie lumineuse, de régulateur thermique au profit de la plante et de supports de communication par des transferts de messages biologiques sélectifs (Croteau et Hooper, 1978).

II.2.6. Procédés d'extraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges naturels complexes de métabolites secondaires volatils, obtenues par hydrodistillation, entraînement à la vapeur (ou hydro diffusion), extraction par du CO₂ supercritique, extraction assistée par micro-onde, expression à froid (Santoyo et *al.*, 2005 ; Kimbaris et *al.*, 2006).

L'hydrodistillation est un procédé simple d'extraction fondé sur le principe de l'évaporation puis de la condensation des liquides (Fig.09). Son principe consiste à immerger la matière végétale dans un bain d'eau, ensuite l'ensemble est porté à ébullition sous pression atmosphérique. La chaleur permet l'éclatement et la libération des molécules odorantes contenues dans les cellules végétales (Fasty, 2007).

Durant l'hydrodistillation, l'eau bouillante pénètre dans les cellules végétales et solubilise une partie de l'huile essentielle contenue dans les cellules de la plante. La solution aqueuse chargée de composés volatils, diffuse ensuite à travers le tissu de l'organe végétal vers la surface extérieure où l'huile essentielle sera vaporisée (Fasty, 2007).

Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau un mélange azéotrope. Les huiles essentielles s'évaporent à une température proche de celle de l'eau. Le mélange est ensuite refroidi. La vapeur redevient donc liquide et les huiles s'en désolidarisent. Elles flottent à la surface. L'eau et les huiles essentielles, une fois condensées, se séparent en deux (Fasty, 2007), puis récupérées alors par décantation (Franchomme, 1990).

La durée d'une hydrodistillation peut considérablement varier, pouvant atteindre plusieurs heures selon le matériel utilisé et la matière végétale à traiter. La durée de la distillation influe non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extrait (Fasty, 2007)

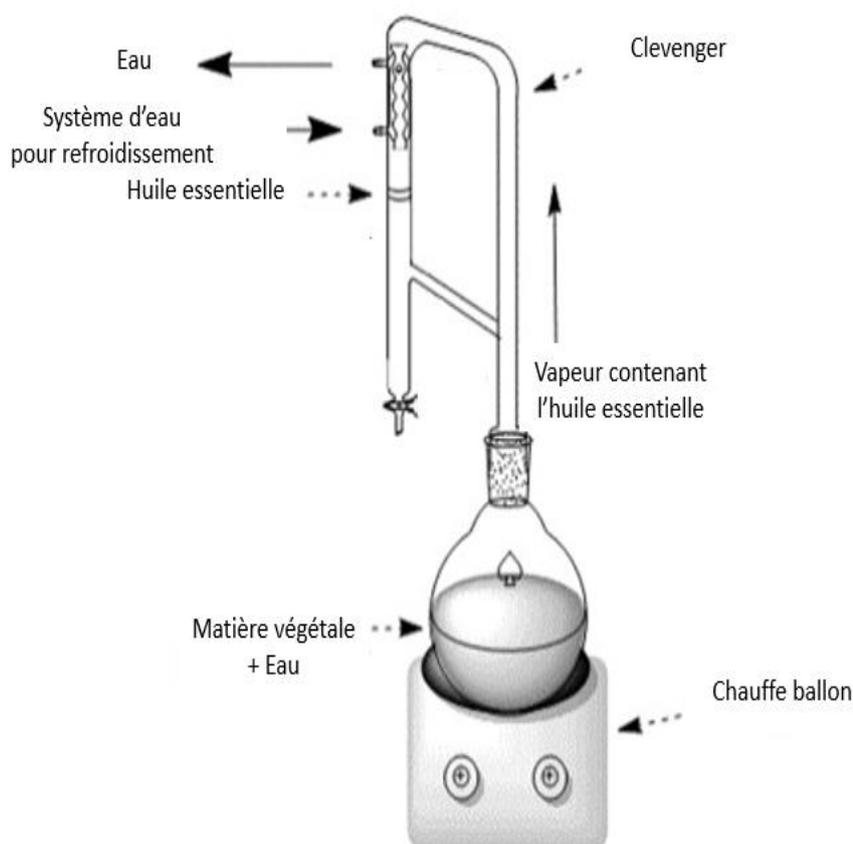


Figure 09: Schéma du principe de l'hydro distillation (Samadi, 2017)

II.2.7. Intérêt de la formulation

L'intérêt porté aux matières actives des produits phytosanitaires fait parfois oublier qu'elles ne sont que rarement administrées seules. Il est nécessaire de les associer à des composés appelés formulants ou adjuvants sans activité biologique propre, mais sans lesquels nombre d'entre elles n'auraient qu'une efficacité nulle ou insuffisante.

Lorsque l'adjonction se fait lors de la préparation industrielle, on parle de formulant, mais lorsque elle se fait lors de l'application du produit, on parle d'adjuvant (Gauvrit et Cabanne, 1993).

Selon Gauvrit et Cabanne (1993), les buts poursuivis d'une formulation sont principalement d'assurer :

- Les stabilités chimique et physique du produit
- L'efficacité biologique et son innocuité à l'égard des cultures
- Les sécurités de l'utilisateur et de l'environnement.

Actuellement, l'utilisation en formulation phytosanitaire de produits végétaux ou de dérivés simples est sortie des études de laboratoire et l'on commence à les trouver comme constituants de préparations commerciales.

Le succès qui se dessine tient à plusieurs raisons :

- Des études approfondies de mise au point ont abouti à donner aux dérivés de produits végétaux des fonctionnalités similaires à celles des produits d'origine chimique, et ce pour un prix qui s'en rapproche.
- Ils permettent des réductions importantes des doses de pesticides appliqués avec un bénéfice économique pour l'utilisateur ainsi qu'un bénéfice environnemental.
- Les produits dérivés du végétal sont dans leur majorité facilement biodégradés, une qualité que n'ont pas beaucoup de produits d'origine chimique.
- Leur impact sur l'environnement est faible et souvent indétectable (Gauvrit et Cabanne, 1993).

II.3. *Dittrichia viscosa* L. : plante à huiles essentielles

II.3.1. Description botanique de *Dittrichia viscosa* L.

C'est une plante herbacée vivace, visqueuse et glanduleuse, d'assez grande taille, sous forme buissonneux, pouvant aller jusqu'à 1,50 mètre (Fig.10), à feuilles sessiles ondulées, dentées, aiguës, recouvertes sur les deux faces de glandes visqueuses qui dégagent pendant la phase végétative une odeur forte de camphre.

Les feuilles sont insérées directement sur la tige. Ses tiges sont ramifiées et pourvues d'un feuillage dense, à la maturité, elles deviennent ligneuses et foncées à la base, la plante est couverte de poils glanduleux qui libèrent une résine odoriférante et collante.

La floraison commence à partir du mois de septembre ; les inflorescences sont de longues grappes fournies de capitules jaunes. Les fleurs périphériques sont liguliformes, celles du centre sont tubulaires (Quezel et Santa, 1963).



Figure 10 : *Dittrichia viscosa* L. (Tinguy, 2012)

II.3.2. Répartition et taxonomie de *Dittrichia viscosa* L.

II.3.2.1 Répartition

C'est une plante spontanée, très répandue dans tout le bassin méditerranéen, au sud de l'Europe (France, Espagne, Grèce, Italie, Bulgarie et Turquie), le Moyen-Orient (Palestine, Jordanie et Syrie), l'Asie (Chine, Japon.) et l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Egypte et Libye) (Fig.11).

Dittrichia viscosa L. se rencontre sur les bords de chemins, sur les bords des cours d'eau, sur les prairies humides et sur les sols salés (Quezel et Santa, 1963). En Algérie elle est présente dans les rocailles ainsi que les terrains argileux et sableux (Benayache et al., 1991).

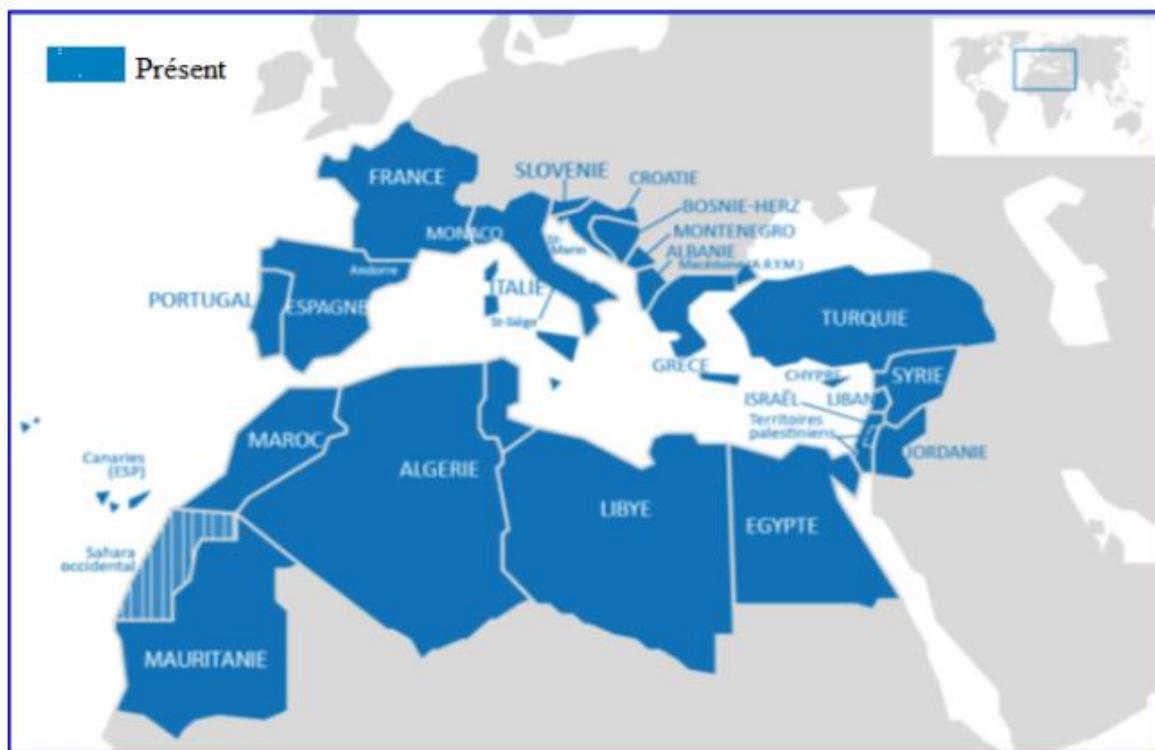


Figure 11 : Carte géographique de *Dittrichia viscosa* L. (Lakerveld et al., 2014).

II.3.2.2 Taxonomie

La taxonomie de *Dittrichia viscosa* L. selon Greuter (1973)

Règne	<i>Plantae</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Asterales</i>
Famille	<i>Asteraceae</i>
Genre	<i>Dittrichia</i>
Espèce	<i>D. viscosa</i>

II.3.3. Composition chimique de *Dittrichia viscosa* L.

La plante *Dittrichia viscosa* L. est constituée de structures moléculaires terpénoïdes, flavonoïdes, phénylpropanoïdes et polycétides (Marongiu et al., 2003).

II.3.3.1. Terpénoïdes

Les terpènes sont des hydrocarbures naturels, de structure soit cyclique soit à chaîne ouverte. La molécule de base est l'isoprène de formule C₅H₈ (Ruzicka et al., 1955).

II.3.3.1.1. Monoterpènes

En 1971, les chercheurs Shtacher et Kashman ont indiqué que les monoterpènes sont constitués de dérivés monoterpéniques du 3-méthoxy-*p*-cymen-7-ol G, et d'un dérivé du thymol à partir de l'extrait de la racine de *Dittrichia viscosa*. Les feuilles fraîches de *Dittrichia viscosa* contiennent l'eucalyptol (Lauro et al., 1990). L'huile essentielle de la partie aérienne de *Dittrichia viscosa* comprend les principales molécules qui sont : le bornéol, l'acétate de bornyle, l'acétate d'isobornyle (Perez-Alonso et al., 1996) et le carvacrol (Karamenderes et al., 2000).

Les équipes de Mueller-Riebau (1995) et Grande (1992) ont montré que l'huile essentielle de *Dittrichia viscosa* contient également les molécules suivantes : la linalool; le β -myrcène; le menthol; le γ -terpinène; le *p*-mentha-1,5-diène-8-ol; le terpinen-4-ol; le α -terpinéol; l'eugénol; le méthyleugénol.

II.3.3.1.2. Sesquiterpènes

L'huile essentielle de la partie aérienne de *Dittrichia viscosa* est très riche en produits sesquiterpéniques (Chamacho et al., 2000). La partie aérienne de *Dittrichia viscosa* contient également des sesquiterpènes de la famille des lactones, la tomentosine, l'inuviscolide, la 2-desacetyl-xantuminol (4H-tomentosine), la carabrone, la 1-épi inuviscolide, (Sanz et al., 1991).

Des dérivés des germacranolides ont été extraits aussi des racines de *Dittrichia viscosa*: les ineupatorolides, l'iso-butyrate, le valérate et l'iso-2-méthyl butyrate ditrichiolide (Cum et al., 2001). En revanche, le tayunine a été isolée à partir des feuilles (Maoz et al., 1999). D'autres lactones sesquiterpéniques ont été également isolées de *Dittrichia viscosa* comme la santonine, l'helenine (Azoulay et al., 1986).

Parmi les sesquiterpène bicycliques, il y a le globulol, extrait par la méthode de CO₂ supercritique dans les conditions de 90 bars de pression et une température de 50 °C (Marongiu et al., 2003), le γ -curcumène, l' α -caryophyllène, le β -caryophyllène, l'oxyde de caryophyllène, le δ -cadinène, le γ -cadinène, l' α -selinène, l' α -cubebène, l' α -copaène, l' α -ylangène, l' α -muurolène, le γ -muurolène, le γ -humulène (Cum et al., 2001).

II.3.3.1.3. Triterpènes et stérols

L'extrait acétonique de la partie aérienne de *Dittrichia viscosa* est constitué de plusieurs composés triterpéniques comme l'acétate de damaradiénile, le friedeline le 3 β -hydroxyfriedelane, le 3 β -monoacétate triterpénoïdes, les esters de faradiols et les esters de calenduladiol (Cum et al., 2001). Des travaux de recherche réalisés sur les feuilles de *Dittrichia viscosa* ont permis d'isoler également une série de stérols le ψ - taraxastérol, l'acétate de γ - taraxastérol, le taraxastérol et son acétate (Oksuz, 1976), le (-)- β -sitostérol et son glucoside (Abu Zarga et al., 1991), le stigmastanol et le stigmastérol (Simoes et al., 1990).

II.3.3.2. Flavonoïdes

En 1977, la quercétine, la 3-méthoxyquercétine, la 3-méthoxyquercetin-7-glucoside, ont été isolées, à partir de l'extrait des fleurs de *Dittrichia viscosa* (Oksuz, 1977). Taillade, (1980) a réussi à extraire le 4-méthoxykaenferol et l'équipe de chercheurs Chiappini (1982), a isolé le 3,3'-diméthoxyquercétine et le 2,3-dihydro-7-méthoxykaenferol.

A partir de la partie aérienne de *Dittrichia viscosa*, Grande et al., (1985) ont extrait six composés flavonoïdiques: le 3-O-acétyl padmatine, le padmatine, l'apigénine, le 7-méthoxylapigénine, la naringénine et le 3-O-acétyl-7-O méthylaromadendrine. Wollenweber et al., (1991) ont réussi à caractériser un grand nombre de dérivés flavonoïdiques: le 3-acétolyhesperitine, le 3,7,4-triméthoxyquercétine, le sakuranétine, le 7-méthoxyaromadendrine, le 3-O-acétyl taxifoline, l'hispiduline, la lutéoline, la népétine, le 7-méthoxyériodictiol, le dihydroflavonol-3-O-acétyl aromadendrine.

Parallèlement, d'autres dérivés flavonoïdiques ont été extraits et caractérisés à partir des extraits d'acétate d'éthyle de la partie aérienne de *Dittrichia viscosa*: le 6,3'-diméthoxylutéoline, le tomentine (3,7-diméthoxyquercetagenine), le 3, 6, 3'-triméthoxyquercetagenine, le 3-O-glucoside de quercétine et le 7-O- β -D-glucoside de quercétine (Benayache et al., 1991).

II.3.3.3. Phénylpropanoïdes

Des dérivés phénylpropanoïdiques ont été isolés à partir de l'extrait des inflorescences de *Dittrichia viscosa*: le cinnamaldéhyde par Grande et al., (1985) et l'acide caféique et l'acide chlorogénique par Alarcon et al., (1988).

II.4. Activités biologiques de la plante *Dittrichia viscosa*

Les résultats des travaux d'études indiquent que les constituants moléculaires de la plante *Dittrichia viscosa* ont des activités biologiques anti-inflammatoire (Hernandez et al., 2007), antiviral (Sassi et al., 2008), antiseptique, antibactérien (Hmamouchi et al., 2001), antifongique (Franco-Mican et al., 2008) et insecticide (Cunat et al., 1990). *Dittrichia viscosa* est couramment utilisée pour la conservation alimentaire (Adam et al., 1998). Elle est indiquée dans l'industrie agro-alimentaire afin d'accroître la durée de vie de certains produits (Boumaza, 2011).

MATERIEL ET METHODES

Chapitre III : Matériel et méthodes

L'objectif de notre travail est d'évaluer respectivement, dans les conditions de laboratoire, les activités insecticide et antifongique des huiles essentielles formulées de *Dittrichia viscosa* L collectée de deux zones géographiques distinctes et à étages bioclimatiques différents, Douéra (Alger) et d'Es-Senia (Oran), sur les larves de *Tuta absoluta* (Meyrick,1917) et sur le champignon *Rhizoctonia solani* (Kühn,1858).

III.1. Situation géographique des régions de récolte

La première région de collecte de la plante *Dittrichia viscosa* L. est Douéra localisée au centre du pays, cette dernière est rattachée à la circonscription administrative de Draria. Elle se situe, à environ 25 km, au sud-ouest du centre-ville d'Alger, très proche de la façade maritime de Zeralda et de Staouéli. Elle est délimitée, au Nord, par la commune d'Ouled Fayet, au Sud par la commune de Tessala El Merdja, à l'Est par la commune de Khraicia et à l'Ouest par la commune de Mahelma. Les coordonnées géographiques de Douéra (Alger) sont : latitude 36°40'12" Nord et longitude 2°56'39" Est. L'altitude par rapport au niveau de la mer est de 178 m (Fig.12).

Es-Senia constitue la deuxième région de récolte de *Dittrichia viscosa* L, localisée à l'ouest du pays (Fig.12). C'est une circonscription administrative de la wilaya d'Oran , située à 7 Km, au sud d'Oran et limitrophe avec la wilaya de Aïn Témouchent. Elle est délimitée, au Nord, par la commune d'Oran, au Sud par la commune de Misserghin (Grande Sebkhha), à l'Est par la commune de Sidi Chami et à l'Ouest par la commune de Misserghin. Ses coordonnées géographiques sont: latitude 35°38'52" Nord et longitude 0°37'26" Ouest. L'altitude par rapport au niveau de la mer est de 88 m. La figure 12 montre la localisation des régions de prélèvement de la plante.

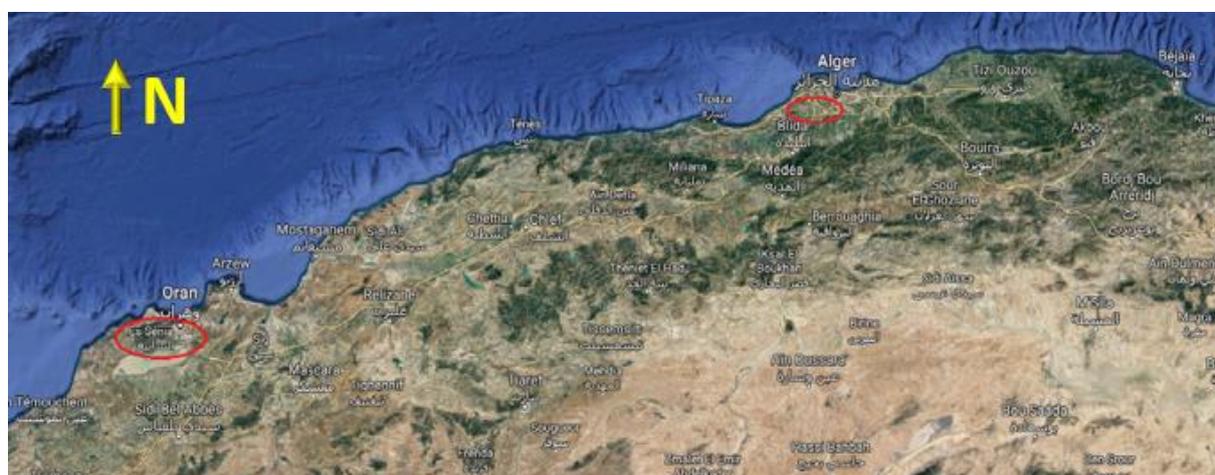


Figure 12 : Régions de récolte de *Dittrichia viscosa* L.
(Google earth, 2018).

III.2. Synthèse climatique

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson ainsi que le climagramme d'Emberger, permettent de dégager les caractéristiques climatiques des deux régions d'études.

III.2.1. Diagramme ombrothermique

Le diagramme de Bagnouls et Gausson (1957) considère qu'un mois sec est celui où le total moyen des précipitations exprimé en mm est inférieur ou égal au double de la température moyenne ($P \geq 2 T$). Cette relation permet d'établir un graphique sur lequel les précipitations sont portées à l'échelle double des températures. La période sèche se situe entre les deux intersections des deux courbes.

Ces paramètres bioclimatiques sont des facteurs distinctifs du climat et qui sont déterminants dans la vie des êtres vivants. Ils conditionnent en effet le cycle de développement et la croissance des espèces ainsi que leur répartition géographique. Les données proviennent de l'Office National de Météorologie (O.N.M) pour la période 2007 à 2017 et l'année d'étude 2017.

Le diagramme ombrothermique de l'année 2017 pour la région de Douéra (Alger), montre l'existence d'une période humide et sèche (Fig.13). La première période humide s'étale de janvier jusqu'au mois de février et la deuxième période humide s'étale du mois d'octobre au mois de décembre. La période sèche dure sept mois, elle s'étend du mois d'avril jusqu'au mois d'octobre.

Quant à la région d'Es-Senia (Oran), le diagramme pluviométrique de l'année 2017 révèle la présence d'une période humide et sèche (Fig.13). La première période humide s'étale du mois de janvier jusqu'à février et la deuxième période humide s'étale de novembre à décembre. La période sèche dure dix mois, elle s'étend de février à novembre.

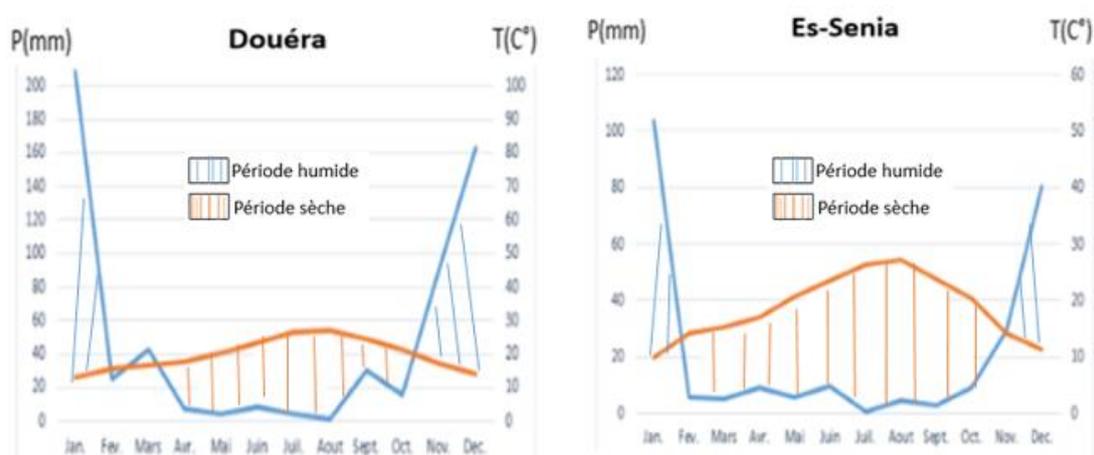


Figure 13 : Diagramme Ombrothermique des deux régions de récolte (Année 2017)

III.2.1. Climagramme d'Emberger

Le quotient pluviométrique permettant de distinguer les différentes nuances du climat méditerranéen a été défini par Emberger en 1952. Il est déterminé à partir de la formule suivante :

$$Q2=2000P/M^2- m^2$$

P : Précipitation annuelle en mm

M : Température maximale du mois le plus chaud °C.

m : Température minimale du mois le plus froid °C.

Quant au scientifique Stewart (1963) il a élaboré une formule pour le climat méditerranéen, soit

$$Q2 = 3,43 (P/M-m)$$

3,43 est une constante,

Q : Le quotient pluviométrique d'Emberger,

P : Pluviométrie annuelle moyenne en mm,

M : Moyenne maximale du mois le plus chaud en °C,

m : Moyenne minimale du mois le plus froid en °C.

En portant les valeurs de $Q2=85.09$ et $m=4.90^{\circ}\text{C}$ sur le climagramme d'Emberger, nous constatons que la région de Douéra (Alger) est classée dans l'étage bioclimatique sub-humide, à hiver doux (Fig. 14). Quant à la région d'Es-Senia (Oran), son quotient pluviométrique $Q2= 40.08$, placé en ordonnées, et la température moyenne minimale du mois le plus froid ($m=3.5^{\circ}\text{C}$) durant les dix années (2007 -2017), placée en abscisses, est localisée dans l'étage bioclimatique semi-aride, à hiver doux (Fig. 14).

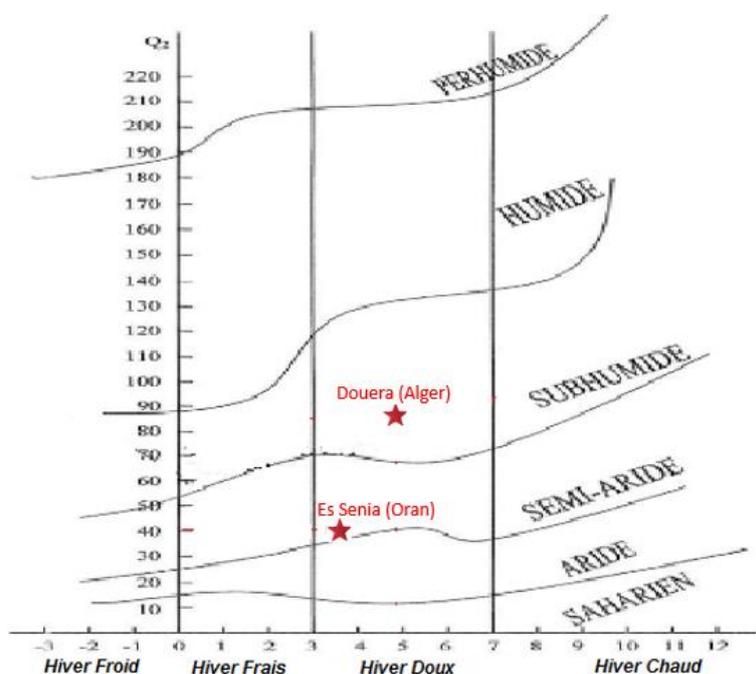


Figure 14. : Climagramme pluviométrique d'Emberger pour les deux régions de Douéra et d'Es-Senia (2007-2017)

III.3. Matériel et activité biologique

III.3.1. Matériel végétal et extraction par hydrodistillation

Les feuilles de *Dittrichia viscosa* L. ont été collectées des régions du centre à Douéra (Alger) et de l'ouest Es-Senia (Oran) au mois de décembre 2017, en début de matinée, afin que le matériel végétal soit le plus frais possible. L'identification botanique de la plante a été effectuée au laboratoire du département de botanique de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, d'El Harrach, Alger. Les feuilles ont été lavées à l'eau de robinet pour éliminer les impuretés ; puis étendues sur du papier journal pour subir l'opération de séchage, à l'abri de la lumière, de l'humidité et à température ambiante. La Figure 15 montre le dispositif de séchage des feuilles de *Dittrichia viscosa* L.



Figure 15 : Dispositif de séchage de *Dittrichia viscosa* L. (Original, 2018)

Cependant, une partie des feuilles séchées de chaque région a été finement broyée à l'aide d'un broyeur électrique type Moulinex 1100W 2L. Les poudres ainsi obtenues ont été tamisées puis conservées dans des flacons en verre ambré en vue de les utiliser pour l'extraction des huiles essentielles (Fig. 15a). L'autre partie des feuilles séchées est gardée telle quelle en vue de l'opération d'extraction et le calcul du rendement (Fig. 15b).



a : feuilles broyées



b : Feuilles entière séchés

Figure 16: Feuilles séchées et broyées de *Dittrichia viscosa* L (Original, 2018)

L'extraction des huiles essentielles de *Dittrichia viscosa L.* des deux régions, effectuée par hydro distillation avec un appareil de type Clevenger a été réalisée au mois de mars 2018 au niveau du laboratoire de phytopharmacie du département des biotechnologies de l'Université de Blida 1 (Fig. 17). Une quantité de 150 g de poudre fine de *D. viscosa L.* est transvasée dans un ballon auquel un volume de 1,5 litre d'eau distillée est ajouté. Le mélange est porté à ébullition durant deux heures. Les cellules du végétal éclatent et libèrent des molécules chimiques odorantes qui sont entraînées par la vapeur d'eau. Celles-ci se condensent dans un réfrigérant et le mélange eau-huile est recueilli dans une burette. La décantation se fait dans une ampoule à décanter dans laquelle le mélange se sépare en deux phases non miscibles par la différence de leur densité (phase aqueuse inférieure, hydrolat et phase huileuse supérieure).

L'huile essentielle est récupérée et conservée au réfrigérateur dans des tubes en verre opaques à une température comprise entre 0° et 6°C. Le même procédé a été utilisé pour l'extraction des huiles essentielles des feuilles séchées entières (non broyées) de *Dittrichia viscosa L.* des deux régions. Les feuilles séchées broyées et non broyées permettront, après hydro distillation, de calculer leurs rendements en huiles essentielles.

Du fait de la non miscibilité de l'huile essentielles à l'eau, une formulation a été préconisée dans ce sens selon le protocole élaboré par Moussaoui et *al.*, (2014). La mise en émulsion a été faite en ajoutant des bio-adjuvants à 10% de matière active (huile essentielle de *Dittrichia viscosa L.*) permettant ainsi sa dilution dans l'eau distillée et l'obtention d'un bioproduit formulé homogène, stable, efficace et facilement utilisable

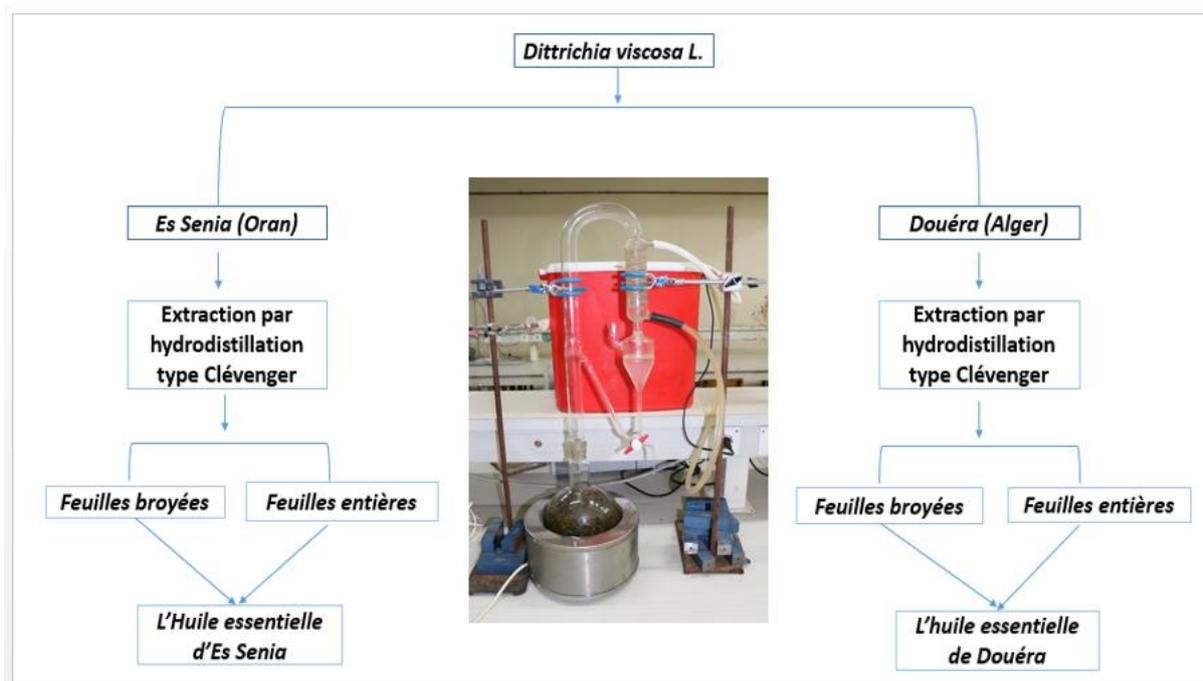


Figure 17 : Schéma récapitulatif de l'extraction des huiles essentielles de *Dittrichia viscosa L.*

III.3.2. Matériel fongique et activité antifongique

III.3.2.1. Préparation du milieu de culture microbiologique Potato dextrose agar (PDA)

L'évaluation de l'activité antifongique a nécessité la préparation du milieu PDA (Potato Dextrose Agar) (Singh et *al.*, 2006). Pour cela, 200 g de pomme de terre ont été épluchés, découpés en quatre morceaux et mis dans une fiole dans laquelle 600 ml d'eau distillée y ont été ajoutés, puis mises sur une plaque chauffante jusqu'à ébullition afin d'obtenir du jus de pomme de terre.

À l'aide d'une balance, 20 gr d'agar et 20 gr de glucose sous forme de poudre ont été pesés. Ce mélange « glucose-agar » a été versé dans une autre fiole dans laquelle 600 ml du jus de pomme de terre et 400 ml d'eau distillée y ont été aussi ajoutés. La fiole contenant le mélange « glucose-agar-jus de PDT-eau distillée » a été mise dans un agitateur pendant quinze minutes.

La solution obtenue a été versée dans des bouteilles en verre stériles et fermées hermétiquement. Ces dernières ont été mises dans un autoclave à 180° C pendant 20 mn. Le milieu de PDA ainsi obtenu, a été coulé dans des boîtes de Pétri vierges en vue de leur utilisation pour les tests.

III.3.2.2. Matériel fongique

Les boîtes de Pétri contenant les souches fongiques de *Rhizoctonia Solani* du groupe d'anastomose AG3 dans le milieu solide PDA ont été gracieusement fournies par le laboratoire de mycologie de la station régionale de l'Institut National de Protection des Végétaux, située dans la commune de Boufarik, Wilaya de Blida.

Les souches fongiques ont été prélevées des sclérotés sur tubercules de pomme de terre, au mois d'avril 2018, dans le laboratoire de mycologie.

L'inoculation des boîtes de Pétri, contenant le milieu PDA solide et sous hotte, à proximité d'un bec Benzène a été faite par le dépôt d'un disque de 8mm de diamètre de la souche fongique de *Rhizoctonia Solani* au centre de chaque boîte. Ces dernières ont été placées dans un incubateur à 27°C pendant 7 jours jusqu'à ce que la croissance mycélienne atteigne les bords des boîtes de Pétri.

III.3.2.3. Préparation des dilutions pour les tests de l'activité antifongique

Le choix de la dose D2 = 20 μ l/20ml d'huile essentielles de *D.viscosa* formulée a été retenue par rapport au produit phytosanitaire à usage agricole à base de Fludioxonil homologué en Algérie contre *Rhizoctonia solani*.

Il a été retenu également une (1/2 dose) D1=10 μ l/20ml d'huile essentielle formulée de *D.viscosa* pour les tests antifongiques

Des dilutions de 10 μ l et 20 μ l des huiles essentielles formulées, ont été préparées avec un ajout de 20ml d'eau distillée dans chaque tube (Fig. 18). Des dilutions ont été effectuées pour le témoin positif.

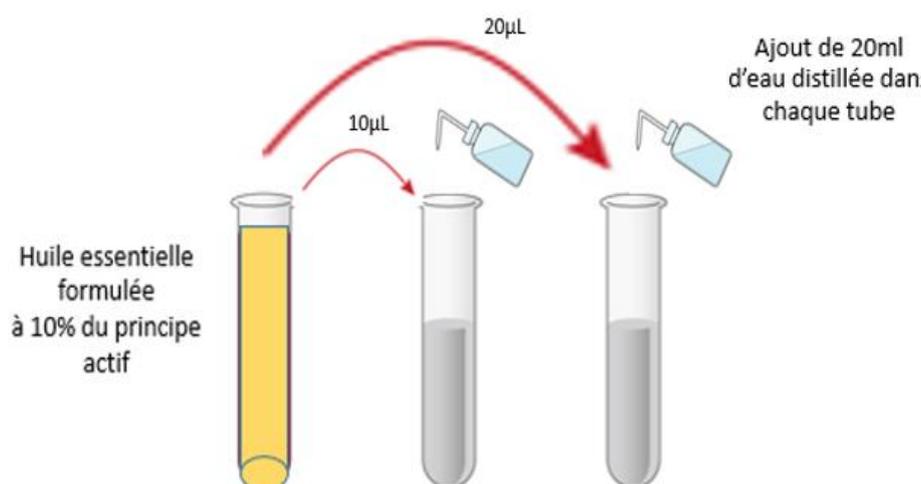


Figure 18: Préparation des dilutions pour l'activité antifongique

III.3.2.4. Activité antifongique

L'activité antifongique vis-à-vis des souches de *Rhizoctonia solani* a été évaluée par la réalisation des tests d'activité volatils (Sharma et al., 2006).

La méthode des tests d'activité volatils consiste à déposer au centre des boîtes de pétri B (fig. 19) contenant le milieu de culture PDA, un disque mycélien de la boîte de Pétri (A), prélevé à l'aide d'un emporte-pièce de 5mm de diamètre.



Figure 19: dépôt du disque mycélien au centre de la boîte de pétri contenant le milieu de culture PDA (Original, 2018)

Quatre disques de papier Wattman N°40 de 6mm de diamètre, stérilisés dans un four pasteur pendant 30 min à 180°, imbibés jusqu'à saturation d'huile essentielle de *D.viscosa* L (Fig. 20), sont déposés dans chaque boîte de pétri (B) (Fig. 21). Toutes les boîtes de Pétri sont ensuite fermées avec du para film. Des boîtes de Pétri (B) contenant respectivement de l'eau distillée formulée (témoins positifs) et de l'eau distillée (témoins négatifs) ont été retenues pour les tests de contrôles antifongiques.



Figure 20 : Disques imbibés d'huile essentielle formulée jusqu'à saturation (Original, 2018)

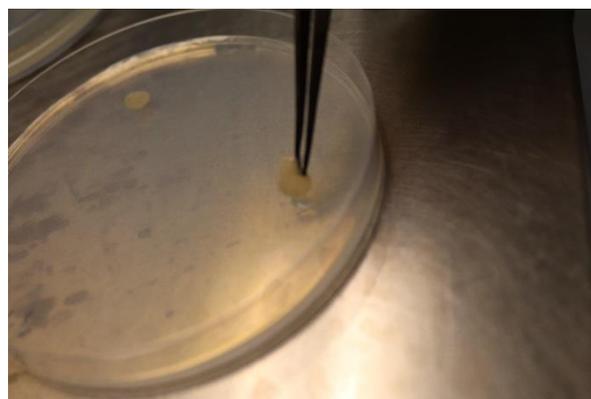
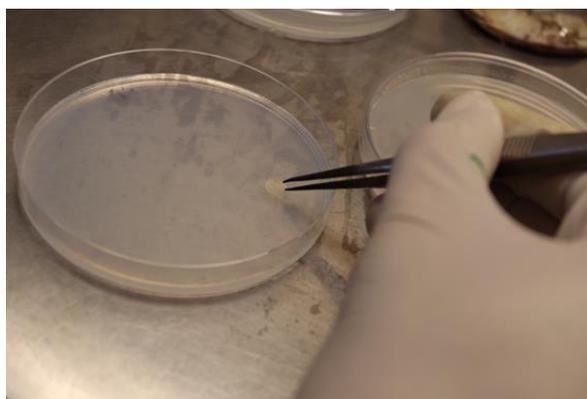


Figure 21 : dépôt des disques imbibés d'huile essentielle formulée dans la boîte de pétri contenant le milieu de culture PDA (Original, 2018)

Tous les tests biologiques ont été répétés cinq fois pour les doses D1 (10 μ l) et D2 (20 μ l) des huiles essentielles de *D.viscosa* formulées des régions d'Es Senia et de Douéra ainsi que pour les témoins positifs et négatifs (Fig. 22).

Ensuite, toutes les boîtes de Pétri (B) ont été incubées à 27°C, condition favorable au développement mycélien. Après incubation, la croissance mycélienne a été évaluée deux jours, quatre jours et huit jours après traitements avec prise des mesures des deux diamètres perpendiculaires de la zone de croissance.

A l'aide du logiciel Digimizer, nous avons procédé à la lecture de la croissance mycélienne de *R.solani* aux différentes doses d'huiles essentielles formulées de *D.viscosa* L. des deux régions (Douera et Es Senia) et des témoins positifs et négatifs.

Les résultats des tests antifongiques aux doses D1 et D2 d'huiles essentielles formulées de *D. viscosa* L. des deux régions ont été confrontés avec ceux des doses D1 et D2 appliquées sur boîtes de pétri (B) des témoins positifs et négatifs.

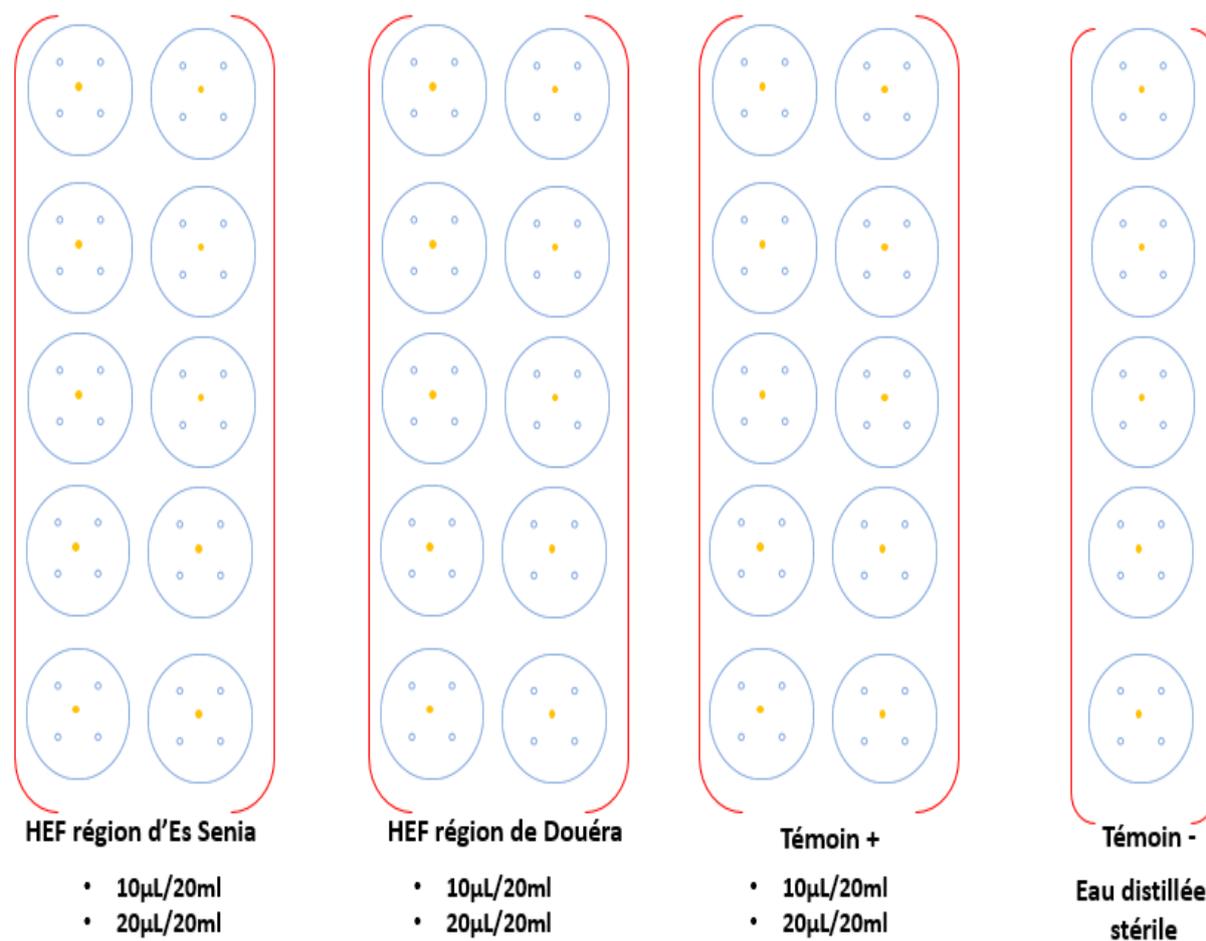


Figure 22 : Tests antifongiques des doses d'huiles essentielles de *Dittrichia viscosa* L. sur *Rhizoctonia solani*

III.3.3 Matériel et activité insecticide

III. 3.3.1 Larves de la mineuse ou *Tuta absoluta*

Les feuilles infestées de larves de *Tuta absoluta* ont été récoltées (Fig. 23a), à l'aide d'un sécateur, au début du mois de mai 2018, sur la variété de tomate *Pakinta* sous multi chapelle, à l'Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles de Staoueli (Alger). Les feuilles ont été mises dans des sacs en papier étiquetés (Fig. 23b).



a : feuilles de tomate infestées par *Tuta absoluta*



b: sac rempli de feuilles de tomate infestées de *Tuta absoluta*

Figure 23 : feuilles de tomates infestées par *Tuta absoluta* (Original, 2018)

Au laboratoire de la station régionale de la protection des végétaux (SRPV) de Boufarik, à l'aide d'une aiguille, nous avons procédé à une incision sur des feuilles minées pour retirer des larves. Le prélèvement des larves de *Tuta absoluta* a été effectué, à l'aide d'un pinceau (Fig. 24a), pour éviter toutes blessures des larves qui ont été déposées dans des boîtes de Petri (Fig. 24b).



a : Prélèvement des larves a l'aide d'un pinceau (GR X400)



b : Dépôt des larves de *Tuta absoluta* dans les boîtes de Petri

Figure 24 : Prélèvement et dépôt des larves de *Tuta absoluta* dans les boîtes de Pétri (Original, 2018)

III.3.3.2. Préparation des dilutions pour les tests de l'activité insecticide

Le choix dose D1 (10 μ l/16ml) a été retenue par rapport à la dose homologuée du produit phytosanitaire Spinosad

Il a été retenu également deux autre doses (D2=20 μ l/16ml) et (D3=40 μ l/16ml) d'huile essentielle formulée de *D.viscosa* pour les tests de l'activité insecticides

Des dilutions de 10 μ l, 20 μ l et 40 μ l des huiles essentielles formulées, ont été préparées avec un ajout de 16ml d'eau distillée dans chaque tube (Fig. 25). Des dilutions ont été effectuées pour le témoin positif.

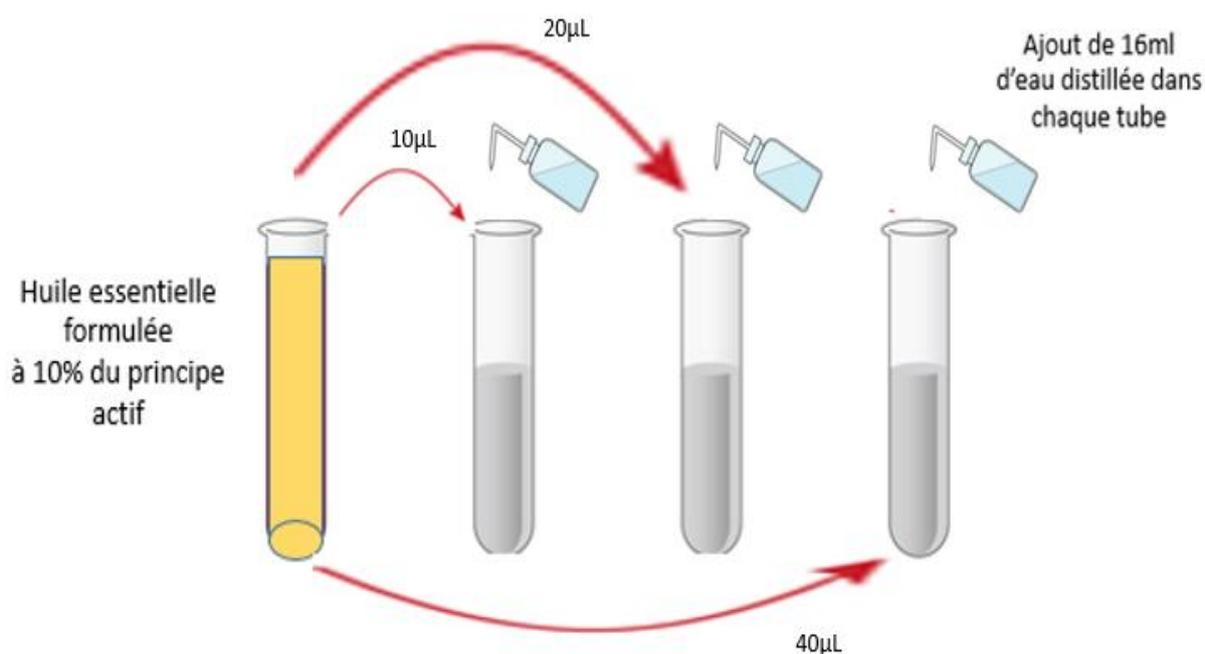


Figure 25 : Préparation des dilutions pour l'activité insecticide

III.3.3.3. Tests de l'activité insecticide

Les tests biologiques par contact direct ont été réalisés selon le protocole de Stefanazzi et *al.*, (2011) sur les larves de la mineuse de la tomate dans le laboratoire de la station régionale de protection des végétaux (SRPV) de Boufarik.

Nous avons déposé dans chaque boîte de pétri de 11cm de diamètre du papier wattman N1 imbibé de différentes doses (D1= 10 μ l/16ml, D2=20 μ l/16ml, 40 μ l/16ml) d'huiles essentielles formulées de *D.viscosa* L des deux régions (Douera et Es-Senia). Dans chaque boîte de Pétri a été déposé, à l'aide d'un pinceau, 20 individus larvaires de *Tuta absoluta*.

Des boîtes de Pétri contenant respectivement de l'eau distillée formulée (témoins positifs) et de l'eau distillée (témoins négatifs) ont été retenues pour les tests de contrôle de l'activité insecticide. Puis, les boîtes de Pétri ont été recouvertes d'un tissu transparent à mailles très fines pour empêcher la fuite des individus larvaires et pour permettre l'aération des boîtes de Pétri. Les traitements ont été répétés cinq fois sur l'ensemble des boîtes de Pétri (Fig. 26).

Le dénombrement des larves mortes a été effectué à l'aide d'une loupe binoculaire, à différents temps d'exposition aux traitements, à savoir, 30 minutes, 1 heure, 2 heures, 4 heures, 8 heures, 16 heures et 32 heures. Les larves immobiles au contact d'une aiguille ont été considérées comme mortes.



Figure 26 : Tests de l'activité insecticide sur *Tuta absoluta* (Original, 2018)

III.3.3.4. Produit phytosanitaire Insecticide

Nous avons réalisé le même protocole ci-dessus appliqué à la mineuse de la tomate avec le produit phytosanitaire à usage agricole homologué en Algérie, le produit dont la matière active est le Spinosad (Fig. 27). C'est un insecticide de la famille des Naturalytes, issu de la fermentation bactérienne de *Saccharopolyspora spinosa*, une bactérie du sol existante dans la nature.

Cet insecticide agit principalement par ingestion ou par contact avec une durée d'action de 1 à 2 semaines. Il n'est pas systémique ; les nouvelles pousses ne sont pas protégées. Il est effectif sur la mineuse de la tomate, les noctuelles, les thrips ainsi que sur les larves de la teigne.

Il est non toxique pour les abeilles, sauf en cas de pulvérisation directe et très peu toxique pour l'homme et toxique pour la faune aquatique. Ce produit phytosanitaire est utilisé sur les individus larvaires de *Tuta absoluta* selon le protocole mentionné ci-dessus.

Les résultats obtenus ont été confrontés à ceux obtenus avec les traitements effectués avec les doses d'huiles essentielles formulées de *Dittrichia viscosa* L sur les larves de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Fig. 28)



Figure 27 : Produit phytosanitaire à base de Spinosad homologué utilisé contre les larves de *Tuta absoluta* (Original, 2018)

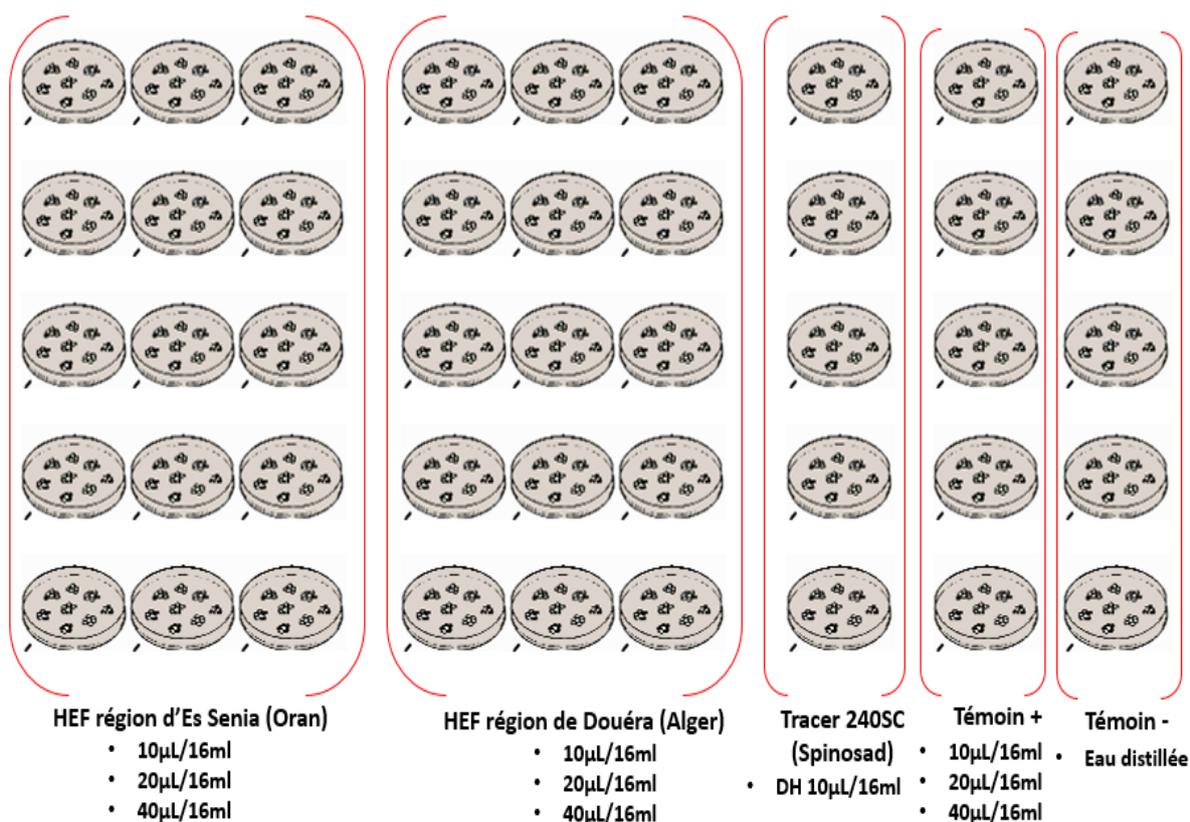


Figure 28 : Méthode d'application des traitements insecticides

Pour récapituler l'ensemble de l'étude, Un schéma directeur représenté par la figure 29 a été utilisé.

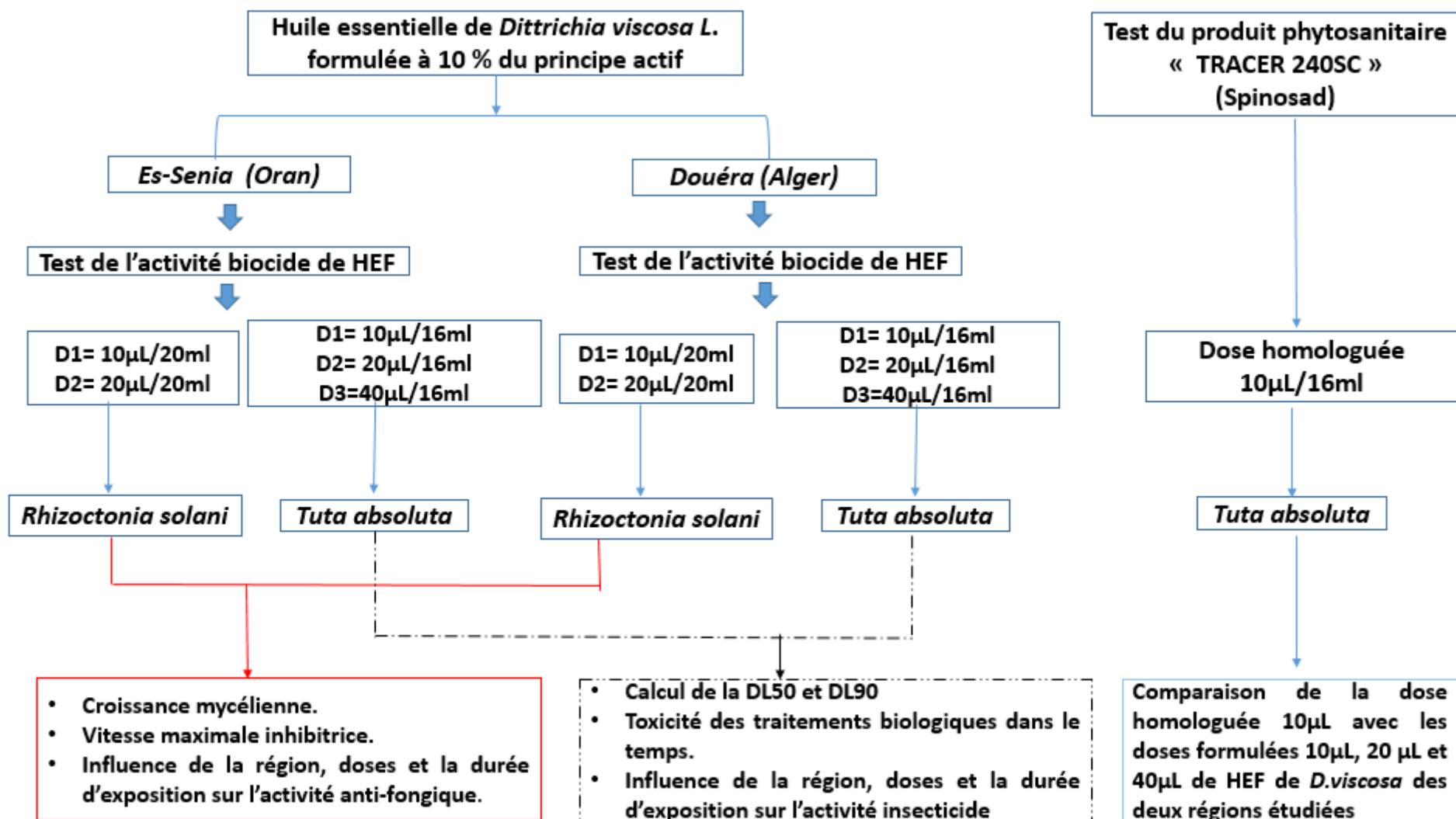


Figure 29: Schéma directeur de l'étude

III.4. Exploitation des données

III.4.1. Les méthodes d'estimation de certains paramètres sont les suivantes :

III.4.1.1. Calcul de rendement

Le rendement en huile essentielle (R) est le rapport entre le poids de l'huile essentielle (P') et le poids de la plante traitée (P) (Carré, 1953) il est exprimé en pourcentage et calculé par la formule suivante

$$R\% = (P'/P) \times 100$$

R% : Rendement de l'huile

P' : Poids de l'huile en (g)

P : Poids de la plante en (g)

III.4.1.2. Calcul de la DL₅₀ et DL₉₀

Les doses létales 50 et 90 ont été déterminées selon la méthode de Finney (1952). Les doses létales correspondent à la mortalité de 50 et 90% des insectes testés et elles sont évalués à partir de l'équation de la droite de régression obtenue en transformant le pourcentage des mortalités corrigées en probits en fonction du logarithme des doses.

III.4.1.3. Calcul de la mortalité corrigée

La mortalité des populations larvaire de *Tuta absoluta* a été calculée et corrigée selon la formule d'Abbott (1925) en tenant compte de la mortalité naturelle observée dans le test de contrôle (témoin positif)

$$Mc = (Mo - Mt/100 - Mt) \times 100$$

Mc : Mortalité corrigée (%)

Mo : Mortalité enregistrée dans les lots traités avec les huiles essentielles formulées étudiées (%)

Mt : Mortalité enregistrée dans le test de contrôle (%)

III.4.1.4. Détermination de l'indice antifongique

Après incubation et tenant compte du test de contrôle (témoin positif), le calcul de l'indice antifongique a été déterminé selon la formule de Chang et al., (1999).

$$IA = (1 - Da/Db) \times 100$$

Da: diamètre de la zone de croissance de l'essai.

Db: diamètre de la zone de croissance du test de contrôle (témoin positif).

III.4.1.5. Détermination de la vitesse de croissance mycélienne

La vitesse de la croissance mycélienne de chaque concentration est déterminée par la formule :

$$VC = [D_1/Te_1] + [(D_2 - D_1)/Te_2] + [(D_3 - D_2)/Te_3] + \dots + [D_n - D_{n-1}]/Te_n]$$

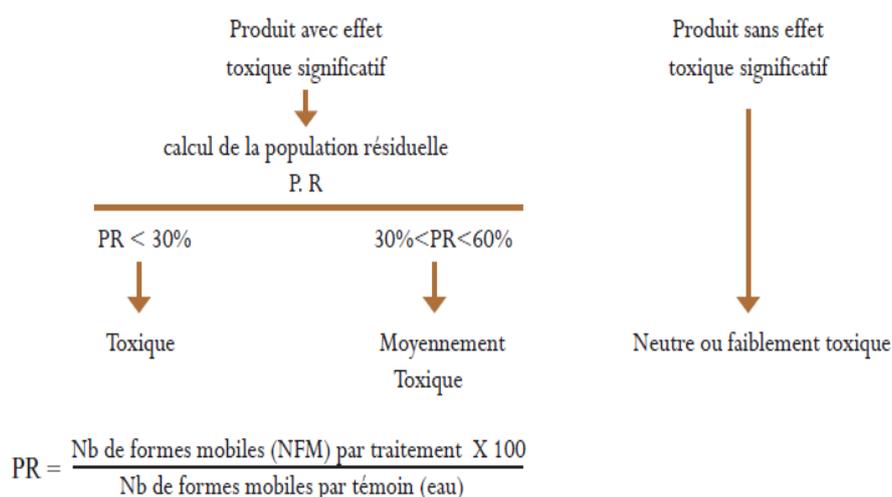
VC : vitesse de la croissance mycélienne

D: diamètre de la zone de croissance de chaque jour.

Te: temps d'incubation

III.4.1.6. Populations résiduelles

L'évaluation de l'effet toxique des traitements biologiques a été estimée par la comparaison des populations résiduelles (P.R.) selon le Test de DUNNETT (Magali, 2009).



III.4.2 Analyses statistiques des données

Le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions suivantes : régions géographiques, composition en chémotype du bioproduit, effet direct du bioproduit, forme biologique, doses et populations résiduelles. Il est préconisé ainsi de réaliser une analyse de variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour ANalysis Of VAriance), la distribution de la variable quantitative doit être normale. Dans la mesure où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.). Par exemple, si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces 4 catégories. La croissance mycélienne a été calculée à l'aide du logiciel Digimizer version 4.1 (Copyright @ 2005-2012 MedCalc Software bvba). Les tests statistiques ont été déroulés par le logiciel PAST version 3.1 (Hammer *et al.*, 2001). Le seuil de 5% a été retenu pour tous les tests.

RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre IV : Résultats

Les résultats de nos travaux d'évaluation des activités insecticide et antifongique des huiles essentielles formulées de *Dittrichia viscosa* L. de deux zones géographiques distinctes, Douéra (Alger) et d'Es-Senia (Oran), extraites par hydrodistillation, sur les larves de *Tuta absoluta* et sur champignon *Rhizoctonia solani*, menés en conditions de laboratoire sont présentés dans cette partie.

IV.1. Rendements d'extraction

Les rendements moyens en huiles essentielles ont été calculés en fonction de la matière végétale entière et broyée des feuilles de *Dittrichia viscosa* L des deux régions géographiques différentes. Les pourcentages obtenus en rendements, pour la même quantité et la même durée d'extraction, sont faibles et ne sont pas très différents (Tab. 02).

Tableau 02: Rendements d'extraction en huiles essentielles des régions de Douéra et d'Es-Senia

Origine	Dates de récolte	Organe	Méthode d'extraction	Durée d'extraction	Matière végétale	Rendement
Douéra	Décembre 2017	Feuilles broyées	Hydrodistillation type Clevenger	3 heures	150g	0,13 %
		Feuilles entières		3 heures	150g	0,10 %
Es Senia	Décembre 2017	Feuilles broyées	Hydrodistillation type Clevenger	3 heures	150g	0,10 %
		Feuilles entières		3 heures	150g	0,12%

IV.2. Evaluation de l'activité insecticide

IV.2.1. Effets comparés des moyennes de mortalité sous l'effet des différentes concentrations d'huiles essentielles formulées des deux régions de récolte avec la dose homologuée du produit phytosanitaire Spinosad dans le temps.

L'effet des traitements appliqués est confirmé par le biais des résultats graphiques de la figure 30. L'effet des bioproduits formulés montre une efficacité, après exposition aux doses (D1, D2, D3), sur les larves de *Tuta absoluta*, traduite par une augmentation de la mortalité des larves de la mineuse de la tomate.

Le bioproduit formulé issu de la région d'Es-Senia montre des taux de mortalité élevés avec 46.5% pour la dose D1, 77.75% pour la dose D2 et 87.5% pour la dose D3. En revanche, le bioproduit formulé issu de la région de Douéra montre des taux légèrement inférieurs de l'ordre de 35.87% pour la dose D1, 73% pour la dose D2 et 84.85% pour la dose D3.

Les résultats révèlent également que durant toute la période de suivi, les taux de mortalité des larves de *Tuta absoluta*, traitées par le témoin positif (formulation sans matière active) aux mêmes doses (D1, D2, D3), restent très faibles et représentent respectivement 0.5%, 1 et 2.5%. Les taux de mortalité des larves de la mineuse de la tomate, traitées par le témoin négatif (eau distillée), présente un taux de mortalité nul (0%). L'effet du produit phytosanitaire Spinosad reste plus efficace que pour les doses D1 et D2 des deux régions de récolte. Cependant, la dose D3 de l'huile essentielle formulée de la région d'Es-Senia présente un taux de mortalité de l'ordre de 87.5% légèrement supérieur à celui du produit phytosanitaire à usage agricole 85.75%.

De ce fait, les taux de mortalité des larves de *T. absoluta* sous l'effet des différents régimes d'applications des bioproduits formulés indiquent une sensibilité très marquée par rapport aux témoins positifs et négatifs ce qui met en évidence la toxicité de la matière active (huile essentielle de *Dittrichia viscosa*) sur les larves de *Tuta absoluta* et non de l'adjuvant utilisé dans la formulation.

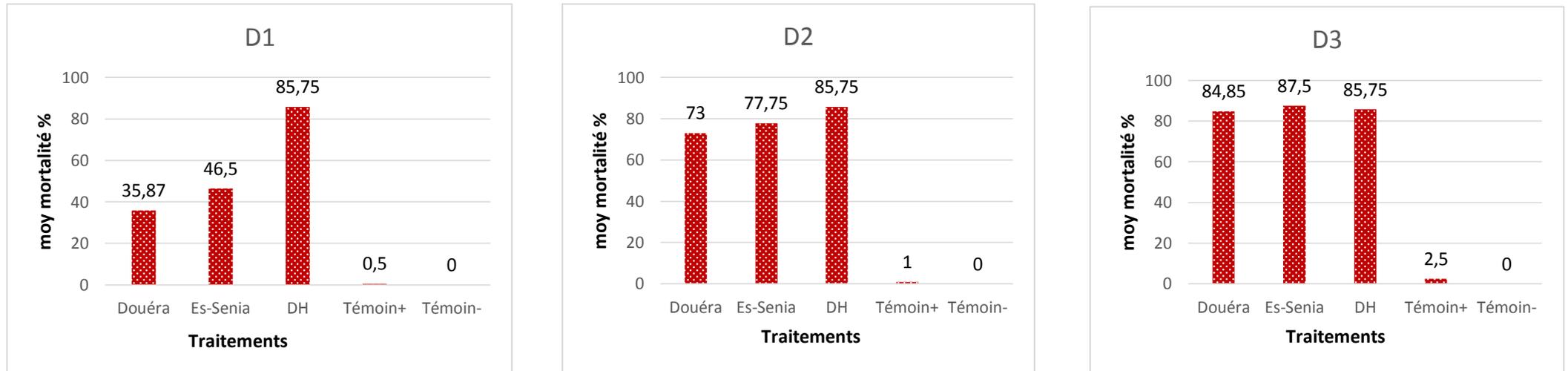


Figure 30: Effets comparés des moyennes de mortalités sous l'effet des différentes doses d'huile essentielle formulée issue des deux régions de récolte avec la dose homologuée du produit phytosanitaire Spinosad dans le temps.

IV.2.2. Effets comparés des doses de l'huile essentielle formulée des deux régions et du produit phytosanitaire homologué sur les populations larvaires de *Tuta absoluta*

L'efficacité de chaque dose D1, D2 et D3, appliquée sur les populations larvaires de *T. absoluta*, est traduite par les graphes de la (Fig. 31). Les résultats obtenus montrent, dans les conditions de notre expérimentation, une toxicité dans le temps sur les larves de *T. absoluta* pour les doses appliquées durant toute la période des traitements. L'effet du produit phytosanitaire Spinosad est efficace dès la première demi-heure après traitement affichant des taux fortement réduits de populations résiduelles de *Tuta absoluta*.

Les populations larvaires traitées par les bioproduits des deux régions distinctes, à la même dose (soit 10µl), réagissent différemment aux traitements pour lesquels nous observons une diminution des populations résiduelles après 4 heures d'exposition aux traitements. Les bioproduits indiquent une très forte toxicité après 8 heures d'exposition aux traitements avec un taux de population résiduelle de 27% pour la région de Douéra et un taux nul (zéro population résiduelle) pour la région d'Es-Senia. Dans ce cas, le bioproduit de la région d'Es-Senia est plus toxique par rapport à celui de la région de Douéra.

L'application de la dose D2 de l'huile essentielle de la région de Douéra est toxique à la deuxième heure, alors que la dose D2 de l'huile essentielle de *D. viscosa* de la région d'Es-Senia est toxique dès la première heure avec un taux de populations résiduelles de 27%.

L'effet du bioproduit à la dose D3 (40µl) de la région d'Es-Senia indique une diminution totale des populations résiduelles de *T. absoluta*, 30 minutes après traitement, alors que celles de la région de Douéra, à la même durée et à la même dose est à 21%. Parallèlement à la même durée, le produit phytosanitaire à usage agricole Spinosad a fait baisser les taux des populations résiduelles à 14%. Donc, après trente minutes de traitements à la dose D3, l'efficacité du bioproduit de la région d'Es-Senia a dépassé celle du produit phytosanitaire à usage agricole Spinosad à la dose homologuée (10µl/16ml)..

En conclusion, les résultats obtenus avec les doses D1, D2, et D3 permettent d'affirmer qu'il y a une toxicité progressive temporelle sur les populations larvaires des deux régions de prélèvement. La dose D1 identique à celle du produit phytosanitaire montre une toxicité après 8 heures d'exposition aux bioproduits pour les deux régions. Cependant, la dose D3 du bioproduit de la région d'Es-Senia, après 30 minutes, s'est révélée plus toxique que celle de la dose homologuée du produit phytosanitaire avec un taux de réduction des populations résiduelles équivalent à 14%. Cela s'est traduit par une faible réduction des populations résiduelles.

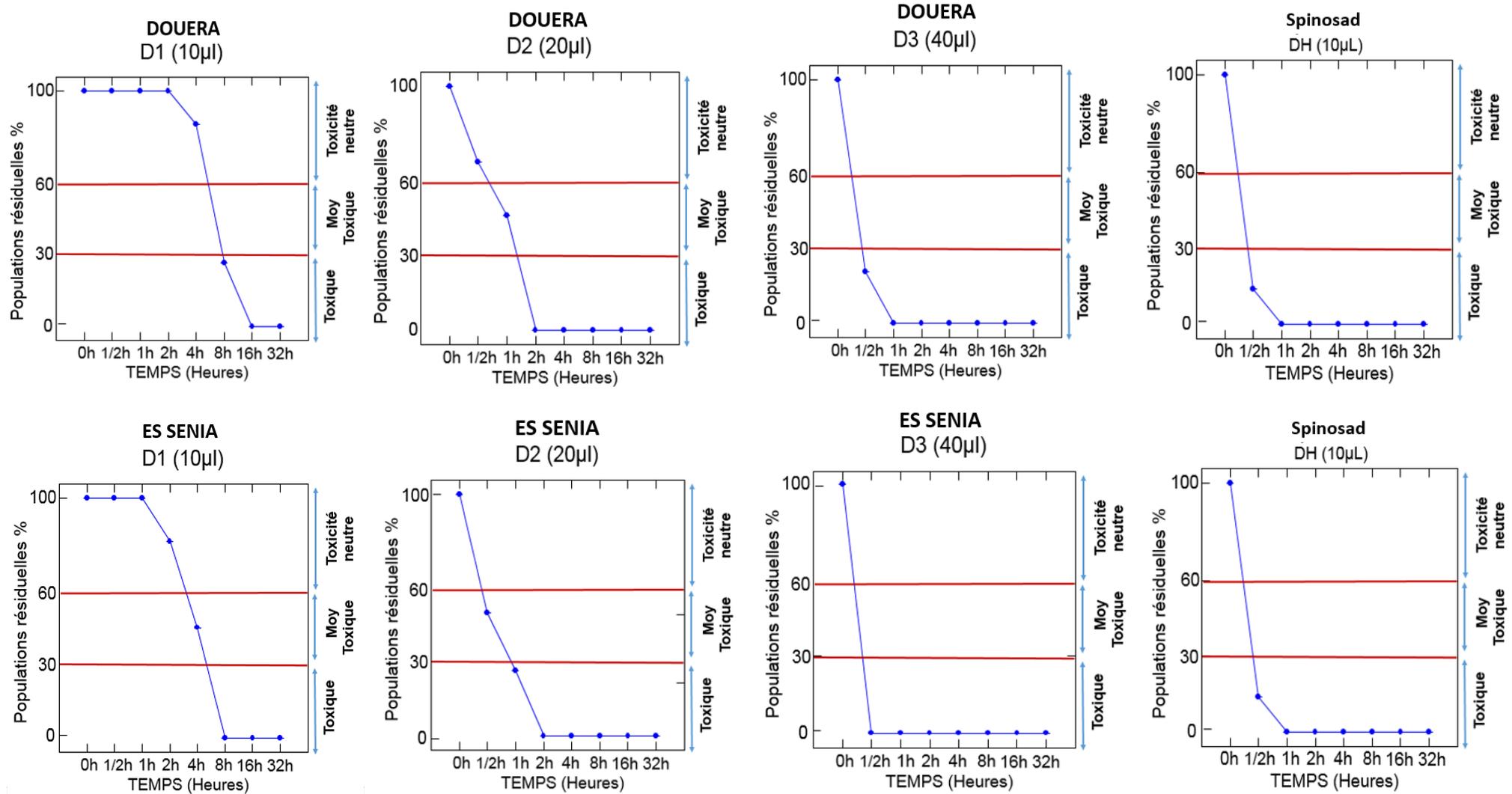


Figure 31 : Effets comparés de l'efficacité des différents traitements appliqués sur les larves de *Tuta absoluta* dans le temps

IV.2.3. Effets comparés des trois doses de l'huile essentielle formulée des deux régions de récolte avec le produit phytosanitaire homologué sur les populations larvaires de *Tuta absoluta* dans le temps.

Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M) pour étudier la variation temporelle de l'application des différentes doses de l'huile essentielle formulée des deux régions avec le produit phytosanitaire homologué Spinosad sur les populations larvaires de *Tuta absoluta*. Les résultats consignés dans le tableau 3 et la figure 32 montrent que le facteur temps et la dose D1 (10 μ l) des deux régions influencent très significativement les populations larvaires de *T. absoluta*. Cette différence est confortée par les valeurs des probabilités associées (F.ratio=5.623, p=0,003, p<0,01), (F.ratio=7.413, p=0.006, p<0,01) (Tableau3). Le facteur temps présente également une différence hautement significative pour les deux doses comparées D2 (20 μ l) et D3 (40 μ l) (F.ratio=24.315, p=0,000, p<0,01), (F.ratio=257.216, p=0,000, p<0,01). Cependant, l'analyse de la variance type GLM présente une différence non significative pour les facteurs doses (D2 et D3) des deux régions comparées (p=0.149 ; p>0,05) et (p=0.393 ; p>0,05).

De même, les résultats graphiques de la double dose (D2) précisent que les populations résiduelles des larves de *T. absoluta* diminuent beaucoup plus sous l'effet de l'huile essentielle de la région d'Es-Senia et le produit phytosanitaire homologué. Les résultats graphiques de la figure 32 montrent que la triple dose (D3) de la région d'Es-Senia exerce un effet marginal par rapport à celle (D3) de la région de Douéra et celle du produit homologué sur la diminution du pourcentage des populations résiduelles de *T. absoluta*

Tableau 03: Modèle G.L.M. appliqué aux effets comparés des trois doses de l'huile essentielle formulée des deux régions de récolte avec le produit phytosanitaire homologué

		Analyse de la Variance				
	Source	Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Dose D1 (10 μ l)	Temps	29314.958	7	4187.851	5.623	0.003
	Dose	11042.583	2	5521.292	7.413	0.006
Dose D2 (20 μ l)	Temps	24862.248	7	3551.750	24.315	0.000
	Dose	640.335	2	320.168	2.192	0.149
Dose D3 (40 μ l)	Temps	25732.292	7	3676.042	257.216	0.000
	Dose	28.583	2	14.292	1.000	0.393

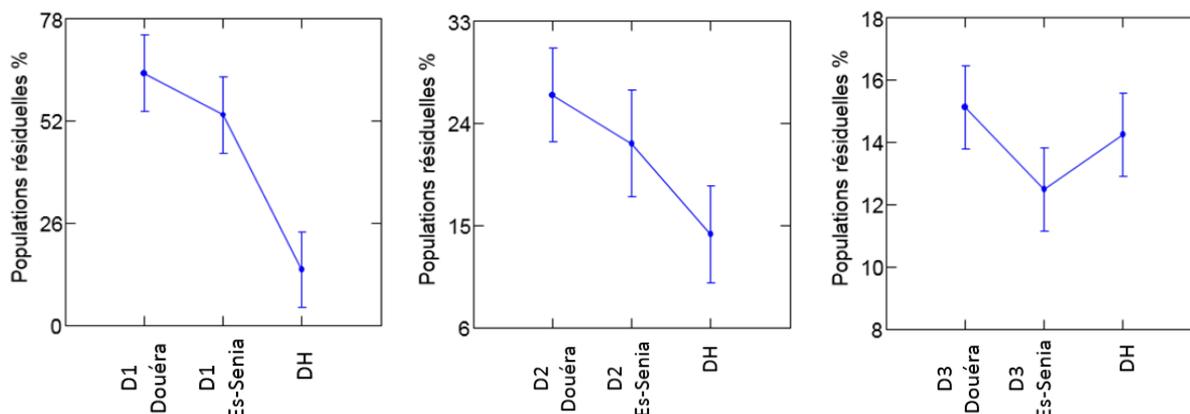


Figure 32 : Evaluation de la toxicité des différentes doses d'huile essentielle formulée des deux régions de récolte avec la dose homologuée du produit phytosanitaire

IV.2.4. Effets comparés des trois doses de l'huile essentielle formulée des deux régions de récolte sur les populations larvaires de *Tuta absoluta* dans le temps

L'analyse de la variance type GLM présente une différence très significative pour les facteurs temps et doses de chaque région étudiée, avec une probabilité associée de la région de Douéra ($p=0,005$; $p<0,01$), ($p=0,006$; $p<0,01$) et d'Es-Senia ($p=0,004$; $p<0,01$), ($p=0,017$; $p<0,01$) (Tab. 04).

Les résultats graphiques de la figure 33 montrent une diminution très importante du pourcentage des populations résiduelles de *T. absoluta* (Es-Senia:14% et Douéra :12%) sous l'effet de la dose (D3) des deux régions étudiées par rapport aux deux autres doses (Es-Senia : D1= 53% et D2= 22% ; Douéra : D1=62% et D2= 26%). La dose D3 du bioproduit est plus toxique que les doses D1 et D2 du bioproduit des deux régions d'études.

Tableau 04: Modèle G.L.M. appliqué aux effets des trois doses de l'huile essentielle formulée des deux régions de récolte

		Analyse de la Variance				
Source		Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Douéra	Dose	10454.083	2	5227.042	7.464	0.006
	Temps	25173.833	7	3596.262	5.135	0.005
Es-Senia	Dose	7159.421	2	3579.710	5.515	0.017
	Temps	24547.357	7	3506.765	5.403	0.004

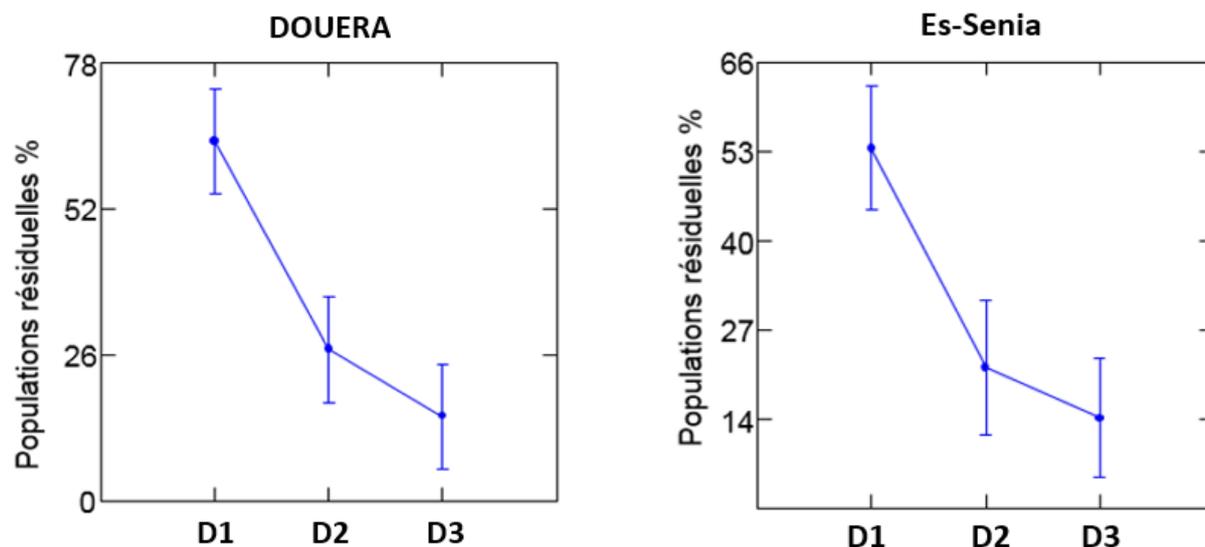


Figure 33 : Effets comparés des trois doses d'huile essentielle formulée des deux régions de récolte

IV.2.5. Effets comparés de l'huile essentielle formulée des deux régions de récolte sur les populations larvaires de *Tuta absoluta* dans le temps.

Les résultats obtenus dans le tableau 05 par analyse de la variance type GLM montrent une différence non significative pour le facteur région avec une probabilité associée pour la dose D1 ($p=0,099$; $p>0,05$), D2 ($p=0,171$; $p>0,05$) et D3 ($p=0,351$; $p>0,05$) sur l'effet du pourcentage des populations résiduelles de *T. absoluta*. En revanche, les résultats graphiques de la figure 34 montrent que chaque dose étudiée de la région d'Es-Senia a un effet toxique sur la diminution du taux des populations résiduelles de *Tuta absoluta* par rapport aux doses de la région de Douéra.

Tableau 05: Modèle G.L.M. appliqué à l'effet de l'huile essentielle formulée des deux régions de récolte

		Analyse de la Variance				
	Source	Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Dose D1 (10 μ l)	Temps	30295.563	7	4327.991	34.626	0.000
	Région	451.563	1	451.563	3.613	0.099
Dose D2 (20 μ l)	Temps	20235.750	7	2890.821	74.465	0.000
	Région	90.250	1	90.250	2.325	0.171
Dose D3 (40 μ l)	Temps	17167.937	7	2452.562	88.982	0.000
	Région	27.562	1	27.562	1.000	0.351

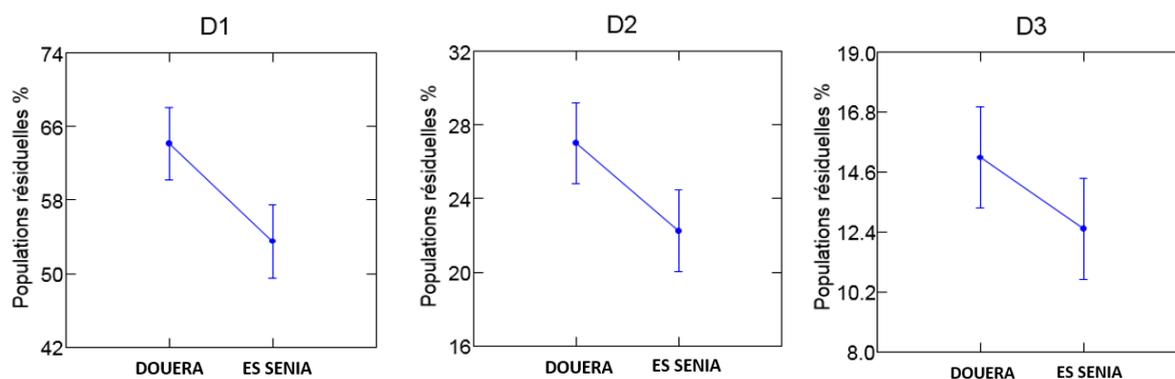


Figure 34: Effets comparés de l'huile essentielle formulée des deux régions de récolte

IV.2.6. La DL₅₀ et DL₉₀

Les valeurs des doses létales DL₅₀ et DL₉₀ consignées dans le tableau 06 ont été déterminées à partir de l'équation de la droite de régression [mortalité en Probit = f (log (dose))], présentée dans les figures (35 et 36). L'huile essentielle formulée d'Es-Senia a donné une (DL₅₀ : 21,37 µl/16 ml) soit 0.5µl plus basse par rapport à la DL₅₀ de la région de Douéra (DL₅₀ : 21,87µl/16ml). La DL₉₀ : 26,82 µl/16ml de la région d'Es-Senia est moindre de 0.75µL par rapport à l'huile essentielle formulée de Douéra qui est de (DL₉₀ : 27,54µl/16ml).

Tableau 06: Variation des doses létales DL₅₀ et DL₉₀ de l'huile essentielle de *Dittrichia viscosa* L. par rapport aux régions de récolte

Une heure après traitement									
HEF-Douéra					HEF-Es Senia				
Dose µl/16ml	Log (dose)	Probit	DL ₅₀	DL ₉₀	Dose µl/16ml	Log (dose)	Probit	DL ₅₀	DL ₉₀
10µl	1	0	21.87	27.54	10µl	1	0	21.37	26.82
20µl	1,30	5,08			20µl	1,30	5,61		
40µl	1,60	8,09			40µl	1,60	8,09		

HEF-Douéra : Huile essentielle formulée de *Dittrichia viscosa* de la région de Douéra

HEF-Es Senia: Huile essentielle formulée de *Dittrichia viscosa* de la région Es-Senia

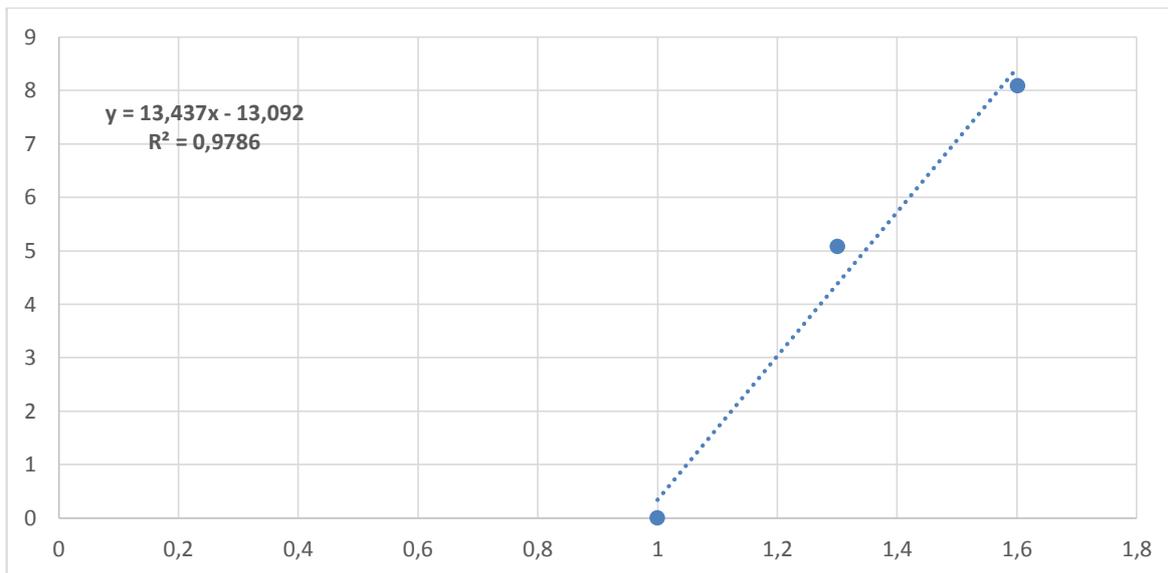


Figure 35: Droite de régression représentant la mortalité par contact transformée en probit en fonction du logarithme décimal de la concentration de l'huile essentielle formulée de *Dittrichia viscosa L* de Douéra.

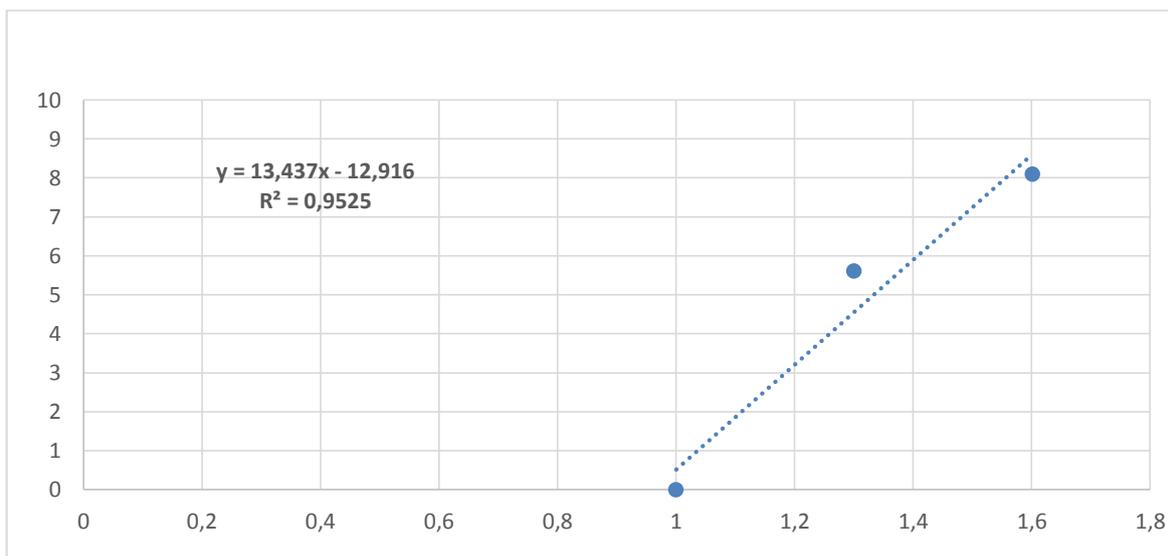


Figure 36 : Droite de régression représentant la mortalité par contact transformée en probit en fonction du logarithme décimal de la concentration de l'huile essentielle formulée de *Dittrichia viscosa* d'Es-Senia

Boites de pétri (fongique) figure 37

Boites de pétri (fongique) figure 38

IV.3. Evaluation de l'activité antifongique

L'activité antifongique sur la croissance mycélienne de l'huile essentielle formulée de *D.viscosa L* a été évaluée in vitro sur la souche fongique *Rhizoctonia solani* en fonction du temps (2 jours, 4 jours et 8 jours) après traitements à différentes doses.

IV.3.1. Effets comparés des doses des deux régions sur la croissance mycélienne de *Rhizoctonia solani*

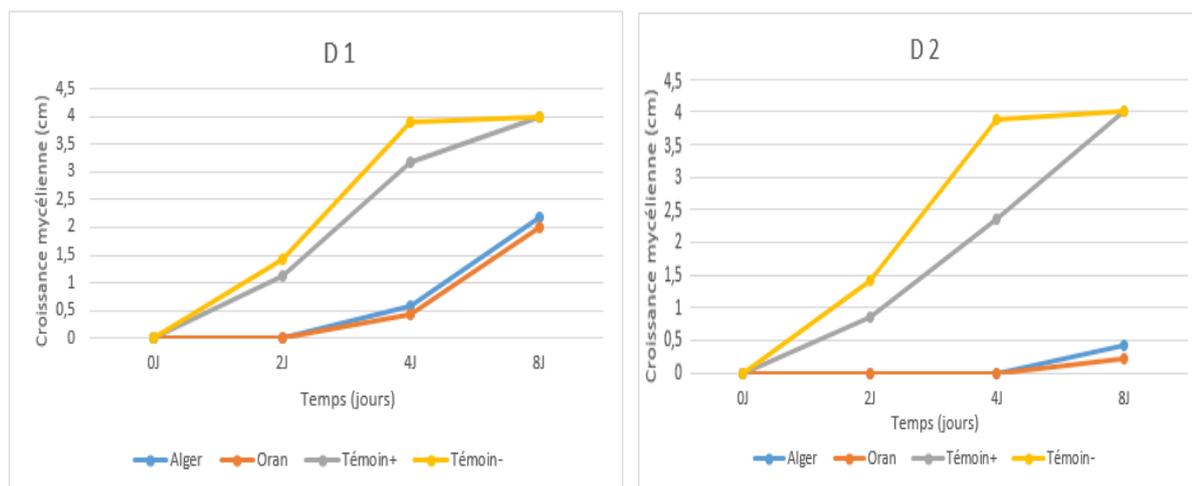


Figure 39 : Effets comparés des doses des deux régions de récolte sur la croissance mycélienne de *Rhizoctonia solani* dans le temps

Le champignon *Rhizoctonia solani* traité par la dose D2 d'huile essentielle formulée de *D.viscosa* durant 4 jours n'affiche pas de progression en terme de croissance mycélienne. La dose D1 affiche une progression continue dès le deuxième jour après traitement avec une croissance égale à 0.5940 cm pour la région de Douéra et 0.4284 cm pour la région d'Es-Senia. Le témoin négatif (eau distillée) affiche, 4 jours après traitement, une croissance mycélienne très élevée avec 3.8894 cm pour la dose D2 par rapport au témoin positif avec une croissance mycélienne de 3.1890cm pour la dose D1 et pour la même durée (Fig. 39).

Après 8 jours de traitement à la dose D2 d'huile essentielle de *D.viscosa L*. nous observons une croissance de l'ordre de 0.2314 cm pour la région d'Es Senia et une croissance de l'ordre de 0.4204cm pour la région de Douéra. En revanche, la dose D1 montre une nette progression en terme de croissance mycélienne de l'ordre de 2.182cm pour la région de Douéra et 1.9946cm pour la région d'Es-Senia. La croissance mycélienne la plus élevée est indiquée par le témoin négatif (eau distillée) avec 4 cm. Quant au témoin positif, la croissance mycélienne est estimée à 4 cm pour les deux doses utilisées. La croissance mycélienne s'étend jusqu'aux bords des boites de pétri (Fig. 39). Le pouvoir antifongique de d'huile essentielle formulée de *D.viscosa* issue de la région d'Es-Senia est plus efficace en terme d'inhibition de la croissance mycélienne par rapport à celui de d'huile

essentielle formulée de *D.viscosa* issue de la région de Douéra pour les deux doses testées.

IV.3.2. Effets comparés des taux d'inhibition des deux doses de l'huile essentielle formulée des régions de Douéra et d'Es-Senia dans le temps

Les résultats indiqués dans le tableau 07 avec l'analyse de la variance type GLM (figure 40) affichent une différence non significative pour le facteur région avec une probabilité associée pour la dose D1 ($p=0.182$; $p>0,05$), et D2 ($p=0.391$; $p>0,05$) sur le taux d'inhibition de croissance de *Rhizoctonia solani*. En revanche Il y a une différence hautement significative pour les facteurs temps de chaque région étudiée avec une probabilité associée de la région de Douéra ($p=0,000$; $p<0,01$), et Es-Senia ($p=0,036$; $p<0,05$).

Les résultats graphiques indiquent que chaque dose étudiée pour la région d'Es-Senia a un effet répressif sur le taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Rhizoctonia solani* par rapport aux mêmes doses de la région de Douéra. Les résultats graphiques de la figure 40 indiquent que les doses de l'huile essentielle formulée de la région d'Es-Senia se révèlent plus efficaces en terme d'inhibition de la croissance mycélienne.

Tableau 07: Modèle GLM appliqué à l'effet de la dose D1 et D2 des deux régions de récolte

		Analyse de la Variance				
Source		Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Douéra	Région	11.996	1	11.996	2.989	0.182
	Temps	3637.160	3	1212.387	302.054	0.000
Es-Senia	Région	2.791	1	2.791	1.000	0.391
	Temps	99.573	3	33.191	11.893	0.036

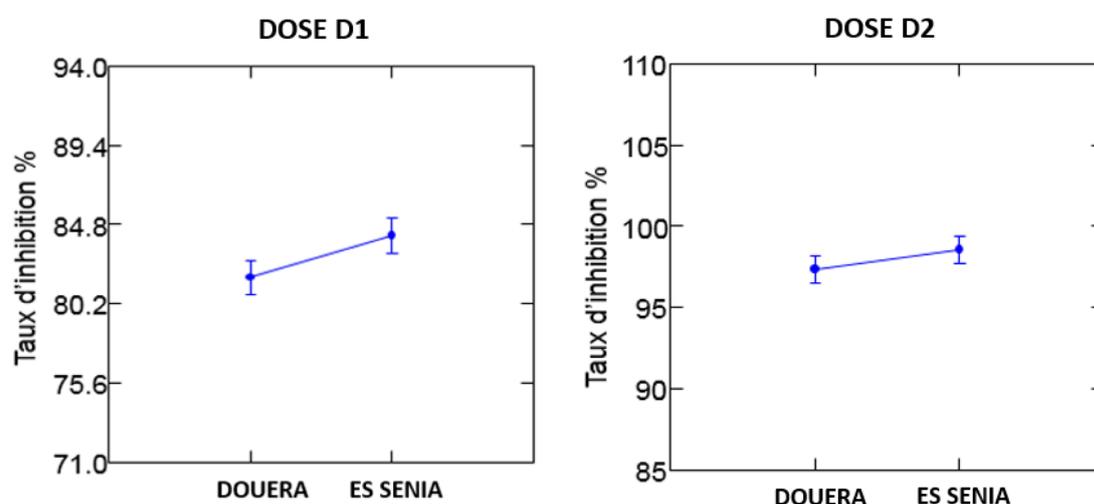


Figure 40: Effets comparés du taux d'inhibition des doses D1 et D2 des deux régions sur *Rhizoctonia solani* dans le temps

IV.3.3. Effets comparés des taux d'inhibition des deux doses de l'huile essentielle formulée d'une même région dans le temps

L'analyse de la variance type GLM ne présente pas une différence significative pour les facteurs temps et dose de chaque région étudiée, avec une probabilité associée de la région de Douéra ($p=0.230$; $p>0,01$), ($p=0.271$; $p>0,01$) et Es-Senia ($p=0.261$; $p>0,01$), ($p=0,353$; $p>0,01$) (Tableau 08). Les résultats graphiques de la (figure 41) montrent néanmoins un taux d'inhibition très important de la croissance mycélienne de *R.solani* sous l'effet de la dose (D2) des deux régions étudiées par rapport à la dose (D1). En définitive, ses résultats obtenus révèlent une inhibition significative pour l'huile essentielle formulée des deux régions d'études.

Tableau 08: Modèle GLM appliqué à l'effet des doses d'une même région

		Analyse de la Variance				
Source		Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Douéra	Dose	489.610	1	489.610	2.252	0.230
	Temps	1414.636	3	471.545	2.169	0.271
Es Senia	Dose	413.478	1	413.478	1.913	0.261
	Temps	1042.124	3	347.375	1.608	0.353

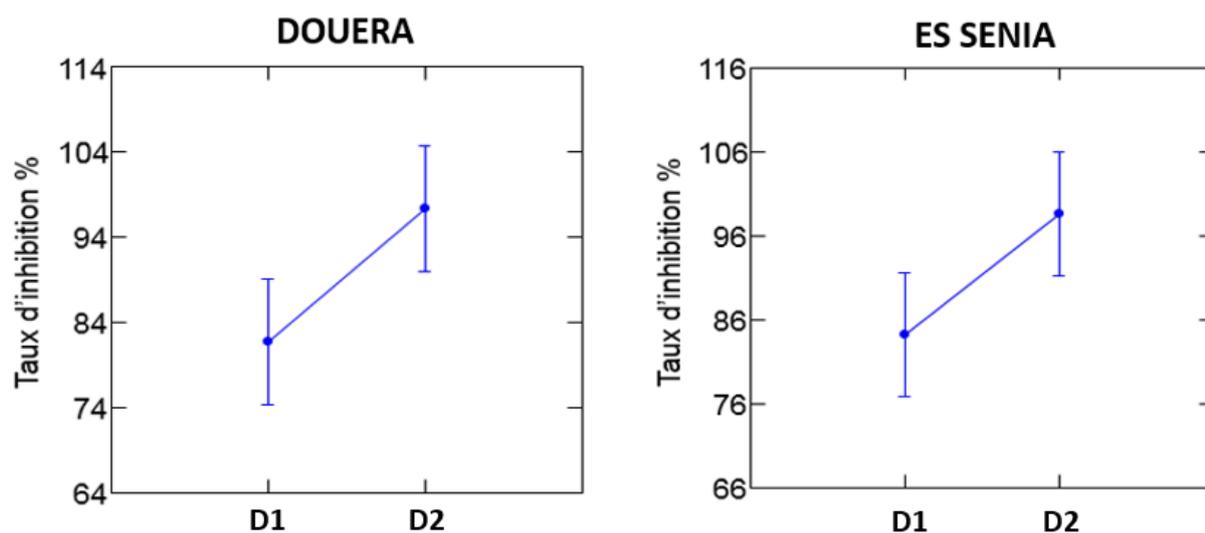


Figure 41: Effets comparés du taux d'inhibition des doses D1 et D2 de la même région sur *Rhizoctonia solani*

IV.3.4. Comparaison de la vitesse de croissance mycélienne des deux doses de la région de Douéra et d'Es Senia dans le temps

L'histogramme de la (figure 42) indique que la vitesse de croissance mycélienne de la dose D1 de la région de Douéra est estimée à 0.346675cm/jour et celle de la région d'Es-Senia est moins rapide et est évaluée à 0.302875cm/jour. En ce qui concerne la dose D2, la vitesse de croissance mycélienne est estimée à 0.05255 cm/jour; cependant la vitesse de croissance mycélienne de la région d'Es-Senia est de 0.028325 cm/jour, ce qui signifie, que la vitesse de croissance mycélienne de *R.solani* pour la dose D1 et pour la dose D2 de la région d'Es-Senia est légèrement moins rapide que celle de la région de Douéra pour des doses identiques. Néanmoins le test de WILCOXON représenté dans le tableau n° 09 ne présente pas une signification entre la vitesse de croissance mycélienne des deux régions étudiées.

Tableau 09 : Test de WILCOXON des deux doses étudiées sur la vitesse de croissance mycélienne

	Douéra	Es Senia
N:	2	
Mean:	0,19961	0,16608
Median:	0,19961	0,16608
WILCOXON TEST	0,17971NS	
Monte Carlo	0,49949	

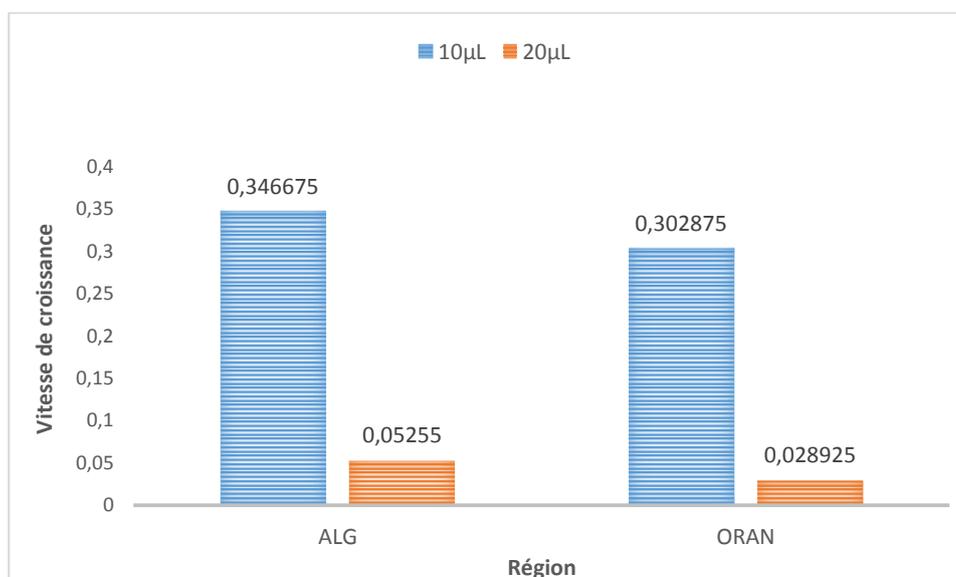


Figure 42 : Histogramme relatif à la vitesse de croissance mycélienne pour les deux doses appliquées de l'huile essentielle formulée de *Dittrichia viscosa L* issue des deux régions de récolte

Chapitre V. Discussion

La problématique dans la présente étude est le recours à une bioformulation à base d'huile essentielle d'une plante aromatique de la famille des Astéracées en tant que méthode de lutte biologique en substitution aux produits de synthèse.

Les résultats de l'estimation des activités insecticide et antifongique des huiles essentielles formulées de *Dittrichia viscosa* L. issue de deux régions différentes, (Douéra) et Es-Senia), sur les larves de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* et la souche fongique *Rhizoctonia solani*, semblent être intéressants et confirment leur pouvoir protecteur vis-à-vis des bioagresseurs ciblés. Toutefois, ils dénotent les aspects suivants qui méritent d'être soulevés.

V.1. Rendement d'extraction

Les rendements en pourcentage des huiles essentielles sont faibles et proches, obtenus à partir de la matière végétale sèche broyée et non broyée des feuilles de *Dittrichia viscosa* L. issue des deux régions, et cela, pour la même quantité et la même durée d'extraction. L'hypothèse à retenir serait que le fait de broyer de la matière végétale n'a pas d'impact sur le rendement des huiles essentielles. Cette hypothèse est confirmée par les travaux de Farah et al., (2015) et Hernandez et al., (1998) qui indiquent que la technique de broyage des feuilles sèches et broyées d'*Eucalyptus grandis* X *E. Camaldulens*, après 60 minutes d'extraction, par hydrodistillation, a permis d'obtenir un rendement similaire.

V.2. Estimation de l'activité insecticide de l'huile essentielle formulée de *Dittrichia viscosa* L. sur les populations larvaires de *Tuta absoluta*.

Les résultats des tests d'activité insecticide temporelle des huiles essentielles formulées de *Dittrichia viscosa* L. et du produit phytosanitaire Spinosad sur les populations larvaires de *Tuta absoluta* montrent que les larves mineuses sont très sensibles aux différents traitements appliqués qu'ils soient de nature biologique ou chimique. Le bioproduit formulé possède un pouvoir répressif sur les larves de *Tuta absoluta* en raison de la présence de molécules à caractère insecticide. L'activité antimicrobienne des huiles essentielles est associée à des composants phytochimiques tels que les monoterpènes (Matasyoh et al.,2007).

En 1994, Regnault-Roger et Hamraoui démontrent que les monoterpènes des huiles essentielles exercent des effets insecticides et réduisent ou perturbent la croissance de l'insecte.

Par ailleurs, les résultats des tests montrent qu'il existe une variation des populations résiduelles de *Tuta absoluta* qui est relativement dépendante non seulement de la dose, à savoir, D1, D2 et D3, mais aussi de la durée d'exposition aux traitements.

L'application des trois doses d'huile essentielle formulée issue des deux étages bioclimatiques montre une différence de toxicité. Cependant, l'effet de choc observé de la plus forte dose D3 de l'huile essentielle formulée de *D.viscosa* de la région semi-aride d'Es-Senia, après seulement 30 minutes d'exposition, est plus efficace en terme de réduction des populations résiduelles des larves mineuses que l'huile essentielle formulée de *D.viscosa L* de la région subhumide de Douéra.

Ces conclusions rejoignent celles d'Aiboud (2012) qui a montré que les huiles essentielles exercent une activité larvicide proportionnelle à l'augmentation de la dose. Bouzouita et al (2008) indiquent que l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*, à une concentration de 0.2%, possède des propriétés insecticides plus élevées vis-à-vis du *Tribolium confusum*, qu'avec une concentration de 0.1%. Tchoumboungang et al., (2009) rapportent également que l'huile essentielle de citronnelle possède des propriétés larvicides sur *Anopheles gambiae* au stade 4, avec un taux de mortalité de 100% et à une concentration de 100 ppm.

Cette efficacité serait probablement due à une différence de composition chimique de *D.viscosa L* influencée par des facteurs extrinsèques tels que le climat des deux régions bioclimatiques. Ces hypothèses sont confirmées par les travaux de Dunford et al., (2005) ; Lozeine et al., (2005) ; Fellah et al., (2006) et Bakkali et al., (2008) qui indiquent que pour la même espèce, le même génotype et le même stade de développement, les conditions environnementales (la température, le taux d'humidité, la durée d'ensoleillement, la pluviométrie et les conditions édaphiques) représentent autant de causes de variations de la composition chimique. Baaliouamer et Meklati, (1988) et Benini et al., (2014) ajoutent que la composition chimique des huiles essentielles peut être affectée également par les conditions de la plante elle-même, tels que l'âge des feuilles ou le développement des fruits.

Les résultats comparatifs des tests d'efficacité du bioproduit formulé des deux régions de collecte et du produit phytosanitaire, à base de Spinosad et à usage agricole, homologué en Algérie, à dose similaire, montrent une différence dans le temps d'expression de la toxicité. Le produit phytosanitaire est toxique dès la première heure sur les individus larvaires de *Tuta absoluta* alors que le bioproduit formulé des deux régions de collecte n'est toxique qu'après huit heures d'exposition. Les huiles essentielles agissent selon le rythme de séparation et de libération des molécules (Lahlou, 2004).

Cette différence de toxicité temporelle entre le produit biologique et le produit phytosanitaire à usage agricole pourrait s'expliquer par la vitesse de métabolisation. Les travaux antérieurs indiquent que les arthropodes métabolisent en quelques heures la plupart des matières actives des pesticides de synthèse (Pilling et al., 1995).

V.3. Estimation de l'activité antifongique de l'huile essentielle formulée *Dittrichia viscosa* L sur *Rhizoctonia solani*.

Les résultats de l'activité antifongique de l'huile essentielle formulée de *Dittrichia viscosa* L, issue des deux régions de collecte sur *Rhizoctonia solani*, démontrent une précocité de reprise de croissance mycélienne de 4 jours pour la dose D1 par rapport à celle de la dose D2 qui ne s'est révélée qu'après huit jours d'exposition de la souche fongique au bioproduit formulé. Ces résultats nous amènent à suggérer que l'huile essentielle formulée de *Dittrichia viscosa* L. présente une nature fongistatique vis-à-vis de la souche *Rhizoctonia solani*. Cette hypothèse est confirmée par les travaux de Cafarchia et al., (2001) qui relèvent qu'une lactone sesquiterpénique (la tomentosine), isolée à partir de *Dittrichia viscosa*, possède une action fongistatique vis-à-vis d'une large gamme de souches fongiques notamment *Microsporum canis*, *Microsporum gypseum* et *Trichophyton mentagrophytes*. Singh et al., (1980) rapportent que les huiles essentielles sont souvent reconnues comme de bons composés fongitoxiques.

L'activité antifongique des huiles essentielles a fait aussi l'objet des travaux de Berrera-Necha et al., (2009) qui indiquent que le taux de croissance de *Fusarium proliferatum* et *fusarium oxysporum* en contact avec l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* et de *Mentha peperita*, diminue de 5.4 à 0.6 mm/ jour lorsqu'on augmente la concentration de 100 ppm à 300 ppm. Camara et al., (2010) ont comparé l'activité antifongique de deux huiles essentielles issues de *Melaleuca quinquenervia* L. et *Eucalyptus platyphylla* F. Muell sur *Deightonella torulosa* et ont constaté que des huiles à différentes concentrations se sont montrées toxiques sur le champignon en réduisant considérablement sa croissance mycélienne et en inhibant la production de spores respectivement aux doses de 7µl/ml et 10µl/ml. Mamoci et al.,(2011) confirment également que *D. viscosa* possède une activité inhibitrice élevée et pourrait être une alternative potentielle pour le contrôle de la pourriture fongique des fruits. (Perez-Sanchez et al.,2007) rapportent aussi que des huiles essentielles appartenant à six populations de *thymus zygis* ont des propriétés antifongiques contre *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* et *Colletotrichum acutatum*.

L'effet de l'huile essentielle formulée de *Dittrichia viscosa* L, issue des deux régions de collecte, est confirmé par les résultats obtenus par rapport aux témoins positifs (sans matière active) et négatifs (eau distillée) dans la présente étude. Le témoin positif a montré un taux élevé des deux modèles biologiques étudiés par rapport au témoin négatif. Selon Bouhache et al., (2015), les effets secondaires négatifs des adjuvants peuvent être négligeables ou éphémères par contre d'autres, selon la dose utilisée, peuvent avoir des effets stimulateurs ou inhibiteurs de la croissance et du processus des systèmes biologiques.

Les huiles essentielles sont connues comme des neurotoxiques à effets aigus interférant avec les transmetteurs octopaminergiques des Arthropodes (Fanny, 2008). Ainsi, des composants lipophiles des huiles essentielles exécutent leur action au niveau de la membrane et sur les enzymes incorporés à la membrane (Sikkema et al., 1994). De même, des composants des huiles essentielles se diffusent dans les structures membranaires fongiques et les endommagent en augmentant leur perméabilité. Ils inhibent les enzymes intercellulaires et extracellulaires et affecte la croissance mycélienne des champignons (Adams et al., 1996 ; Matasyoh et al, 2007 ; Grbic et al., 2011) tout en provoquant la perte de la rigidité, l'intégrité de la paroi cellulaire des hyphes mycéliens et la mort du mycélium (Sharma et Tripathi, 2008).

En conclusion, il ressort que l'huile essentielle formulée de *D.viscosa* issue des deux régions de collecte (Es-Senia) et (Douéra) possède une double action, l'une insecticide sur les larves de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*, et l'autre, antifongique sur la souche fongique *Rhizoctonia.solani*. Les deux biopesticides ont une efficacité contrastée par rapport aux deux modèles biologiques étudiés. La formulation de l'huile essentielle à base de *Dittrichia viscisa* L présente un effet répressif sur les larves de la mineuse de la tomate et une forte sensibilité vis-à-vis de la souche fongique *Rizoctonia solani*.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Au terme de ce travail consacré essentiellement à l'étude des effets des huiles essentielles formulées de *Dittrichia viscosa* L. collectée de deux régions différentes, à savoir Douéra, à étage bioclimatique subhumide et Es-Senia, à étage bioclimatique semi-aride, sur les larves de *Tuta absoluta* et sur la souche fongique *Rhizoctonia solani*, nous avons confirmé les hypothèses de départ fixés dans la problématique de notre étude.

Les résultats de cette étude, semblent être intéressants et confirment que les huiles essentielles formulées de *Dittrichia viscosa* L. ont un pouvoir insecticide et antifongique important.

Les données relatives aux rendements des huiles essentielles des feuilles séchées broyées et non broyées (entières) de *Dittrichia viscosa* L. des deux régions de collecte ont montré que pour la même quantité et la même durée d'extraction, le broyage de la matière végétale n'a eu aucun impact sur le rendement des huiles essentielles.

Cependant, Il en ressort un certain contraste par rapport aux résultats obtenus. En effet, la variation temporelle des concentrations des bioproduits appliquées influence très significativement les populations résiduelles de *Tuta absoluta*, représenté par des taux très réduits et la croissance mycélienne de *Rhizoctonia solani* traduite par un taux d'inhibition très important. Ceci confirme l'efficacité des bioproduits formulés testés. Cependant, l'effet régional ne semble pas être significatif sur les deux modèles biologiques étudiés.

Les résultats ont également montré que durant toute la période d'exposition, l'huile essentielle formulée de la région d'Es-Senia reste la plus toxique et donc la plus efficace par rapport à celle de la région de Douéra, sur les larves de *Tuta absoluta* et sur la souche fongique *Rhizoctonia solani*.

Par ailleurs, l'application de la dose homologuée du produit phytosanitaire, à base de Spinosad et à usage agricole, sur les populations larvaires de *Tuta absoluta*, présente des taux de toxicité très élevés comparée à celle du produit biologique à la même dose. En revanche, la dose homologuée se révèle moins efficace par rapport à la dose D3 de la région d'Es-Senia.

Dans cette perspective, Il serait intéressant dans les études futures de faire la caractérisation des molécules de l'huile essentielle de *Dittrichia viscosa* L, d'évaluer l'activité insecticide de cette huile essentielle dans les conditions naturelles, d'étudier son activité sur les sclérotes de *Rhizoctonia solani* pour éviter cette forme de conservation de ce champignon et de rechercher des moyens d'optimisation du rendement de l'huile essentielle de cette plante liés à des paramètres bioclimatiques influençant la qualité phytochimique de la plante.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abbott W. S., (1925) - A method for computing effectiveness of an insecticide. Journal. Ecological Entomology, 18, pp: 265-267.

Abu Zarga MH., EM Hamed., SS Sabri., W Voelter., KP Zeller., (1991) - Journal of natural products 61 (6), pp 798-800.

Adam K., (1998) - Antifungal activities of *Origanum vulgare* subsp. *Hirtus*, *Mentha spicata*, *Lavandula angustifolia*, and *Salvia fruticosa* essential oils against human pathogenic fungi. *J. Agric. Food Chem.*, 46, pp 1739-1745.

Adams W., McDowell N., William T., Pockman C., Allen D., David D., Breshears N., Cobb T., Kolb J., Plaut J.S., David G., Williams E. et Yopez A., (1996) - Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought. Volume 178. pp 719-739.

Aiboud K., (2012) - Etude de l'efficacité de quelques huiles essentielles à l'égard de bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) et impacts des traitements sur la germination des graines de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Thèse de Magister en Biologie, Option : interaction «plantes-environnements», Université de Tizi-Ouzou. 58p.

Alarcón L., López C. et Motilva A., (1998) - antimicrobial activity of the essential oils of *dittrichia viscosa* subsp. *Viscosa* on helicobacter pylori. *Acta Hort.* 680, pp 147-151.

Allal-Benfekih L., Bellatreche M., Bounaceur F., Tail G. et Mostefaoui H., (2011). Première approche de l'utilisation d'extraits aqueux d'*inula viscosa*. *Salvia officinalis* et *Urtica urens* contre les stades endophytes de *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae) ravageur invasif de la tomate en Algérie. Neuvième conférence internationale sur la sur les ravageurs en agriculture Montpellier pp 681-783.

Amrar S., (2013) - La culture de pomme de terre : production et possibilité pour la transformation. Journée de la pomme de terre. CCI. Dahra, Mostaganem. 18 p.

Anderson A., (1982) - The genetics and pathology of *Rhizoctonia solani*. *Ann. Rev. Phytopathology* 20 pp 329-47.

Anonyme, (2012) - Les variétés de tomate utilisées en Algérie., Institut des cultures maraichères et industrielles (ITCMI). 10 p.

Anonyme, (2013) - Contribution à l'élevage et à la production d'auxiliaires pour la lutte biologique contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* M., Institut national de la protection des végétaux (INPV), journées techniques pp 06-09.

Anonyme, (2015) – Index des produits phytosanitaires à usage agricole autorisés à l'emploi en Algérie. Direction de la protection des végétaux et des contrôles techniques (DPVCT), Ministère de l'agriculture et du développement rural, 217p.

Anonyme, (2016 a) - Statistiques agricoles, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), statistiques.

Anonyme, (2016 b) - Evolution de la production des filières agricoles: statistiques agricoles, ministère de l'agriculture, du développement rural et de la pêche (MADRP), 20 p.

Anonyme (2016 c) – Inscription de variétés végétales dans les listes A et B du catalogue officiel des espèces et variétés autorisées à la production et à la commercialisation, Arrêté ministériel du 24 janvier 2016., Journal officiel de la république algérienne n°16. pp 17-18.

Auger J., Cadoux F. et Thibout E., (1999) - *Allium spp thiosulfinales* as substitute fumigants for methylbromide., Pestic. Sci., pp 200-202.

Azoulay P., Reynier J. P., Balansard G., Gasquet M., Timon-David P. (1986) - Helenine and santonine, the 12-carboxy-eudesma-3,11(13) diene. *Pharm. Acta Helv.* 61,pp 345–352.

Baaliouamer A. and Meklati B.Y., (1986) - Analysis of bitter orange petitgrain essential oil by combined gas Chromatography-mass spectrometry. *Agric. Biol. Chem.* 50(8): 2111–2114.

Bagnouls F. et Gaussen H., (1957) - Les climats biologiques et leur classification .*Annales de géographie* N° 335, pp 193-220.

Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D. et Idaomar M., (2008) - Biological effects of essential oils – A Review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2),pp 446-475.

Baser H. C., Demirci K., Iscan B., Hashimoto G., Demirci T., Noma F. et Asakawa Y., (2006) - The essential oil constituents and antimicrobial activity of *Anthemis aciphylla* BOISS. var. *discoidea* BOISS. *Chem. Pharm. Bull.*, 54, pp 222-225.

Baser. K.H.C. et Buchbauer G., (2010) - Handbook of essential oils: Science, Technology, and Applications, Ed. Taylor and francis Group, LLC. United States of America, pp 994-995.

Bayala B., Bassole I.H., Scifo R., Gnoula C., Morel L., Lobaccaro J.M. Simopore J., (2014) - Rev. Anticancer activity of essential oils and their chemical components University de Ouagadougou, Burkinafaso pp 591-607.

Benayache S., Benayach F., Dendougui H. et Jay M., (1991) - Les flavonoides d'*Inula viscosa* L., Plantes médicinales et phytothérapie., Tome xxv, n°4, pp:170-176.

Benhamou N., (2009) - Stimulateurs des défenses naturelles des plantes: une nouvelle stratégie phytosanitaire dans un contexte d'écoproduction durable.I. Principes de la résistance induite, 267p.

Benini S., Cianci M., Mazzei L. et Ciurli S., (2014) - Fluoride inhibition of *Sporosarcina pasteurii* urease: structure and thermodynamics, J. Biol. Inorg. Chem. 19 1243–1261.

Benton T.G. et Grant A., (1999) - Elasticity analysis as an important tool in evolutionary and population ecology Trends in Ecology & Evolution, Elsevier pp 44-98.

Benton T.G., John M., Randall L., Morse E., Hiebert R., Stephanie L. et Killeffer T., (2008) - The Invasive Species Assessment Protocol: A Tool for Creating Regional and National Lists of Invasive Nonnative Plants That Negatively Impact Biodiversity. Invasive Plant Science and Management 1(1): pp 36-49.

Bouhache M., Hajjaj B., Mrabet R. et Taleb A. (2015) - Enquête sur le désherbage des céréales en semis direct dans la région de la Chaouia, Maroc. Séminaire national sur l'agriculture de conservation: semis direct pour le système blé et alley-cropping pour le système orge parcours. INRA-CRRA de Settat.

Berkani A., Badaoui N. et Mahdjouba I., (2008) - Morphologie et comparaison des appareils génitaux de deux espèces invasives *Tuta absoluta* Meyrick et *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae)», Entomologie faunistique - Faunistic Entomology, Vol 63, Numéro 3 - 3e trimestre, pp 191-194.

Berrera-Necha L L., Garduno-Pizana C., Gracia-Berrera L.J., (2009) - Antifungal activity of essential oils and their compounds on mycelial Growth *Fusarium oxysporum* f.sp. gladioli (Massey) Snyder and Hansen. Plant Pathology Journal 8 (1) pp 17-21.

Berthier A., (1980) - Epices-aromates leurs huiles essentielles et oléorésines. parfums, cosmétiques, arômes n°34- août/septembre pp 39-44.

Boumaza D., (2011) - Séparation et caractérisation chimique de quelques biomolécules actives de deux plantes médicinales: *Inula viscosa*, *Rosmarinus officinalis* de la région d'Oran p 62.

Bouzouita N., Kachouri F., Ben Halima M. et Chaabouni M.M., (2008) - composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*. Journal de la Société Chimique de Tunisie, 10 , pp119-125.

Brogue K., Chet I., Holliday M., Cressman R., Biddle P., Jeffry C. et Broglie R. (1991)- Transegenic plants with enhanced resistance to the fungal pathogen *Rhizoctonia solani*, pp 1194-1197.

Bruneton J., (1993) - Pharmacognosie, Phytochimie, plantes médicinales, 2^{ème} Edition. Ed. Lavoisier, pp 406-435.

Bruneton J., (1999) - Pharmacognosie, Phytochimie, plantes médicinales, 3^{ème} Edition, Ed. Tec et Doc, pp 484-535.

Bruneton J., (2008) - Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (ed:04). Lavoisier. pp 1292.

Budavari S., O'Neil M.J., Smith A., Heckelman P.E. et Kinneary J.F. (1996) - Index Twelfth edition, Whitehouse Station : Merk and Co, INC, pp23-50.

Burfield T., Reekie S.L., (2005) - Mosquitoes, malaria and essential oils. Int. J. Aromatherapy. pp 30–41.

Cabasson C., Alvard D., Dambier P., Ollitrault C. et Teisson R., (2008) - Improvement of Citrus somatic embryo development by temporary immersion. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 50: pp 33–37.

Caccioni D.R.L., Guizzardi M., Biondi D.M., Renda A. et Ruberto G., (1998). Relationship between volatile components of citrus fruit essential oils and antimicrobial action on *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*. Int. J. Food Microbiol. Vol 43, Issues 1–2, pp 73-79.

Cafarchia C., De Laurentis N., Milillo M.A., Losacco V. et Puccini. V., (2001) - Fungistatic activity of a sesquiterpene lactone (tomentosin) isolated from fresh *Inula viscosa* (*Asteraceae*) flowers from the Puglia region. Parassitologia 43, pp 117- 121.

Camara B., Dick E., Sako A., Kone D., Kanko C., Boye M., Ake S. et Anno A., (2010)- Lutte biologique contre *Deightoniella torulosa* (Syd.) Ellis, par l'application des huiles essentielles d'*Eucalyptus platyphylla* F. Muell. et de *Melaleuca quinquenervia* L., Vol 8, Issue 4, pp 240–244

Carré P., (1953) - Précis de technologie et de chimie industrielle. Ed. Ballière JB. et fils, 238p.

Ceresini P., (2011) - *Rhizoctonia* espèces: taxonomie, biologie moléculaire, l'écologie, la pathologie et le contrôle, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Pays-Bas. 578 p.

Chaiyasit D., Choochote W., Rattanachanpichai E., Parasitol R., (2006) - Essential oils as potential adulticides against two populations of *Aedes aegypti*, the laboratory and natural field strains, in Chiang Mai province, northern Thailand pp 99-715.

Chamacho A., Fernández A., Fernández C., Altarejos J. et Laurent R., (2000) - Composition of the essential oil of *Dittrichia viscosa* (L.) W., Greuter. *Riv. Ital. EPPOS.*, n°29. pp 3–8.

Chang C.W., Chang S.T. et Cheng S., (1999) - Antibacterial activities of plant essential oils against *Legionella pneumophila*. *Water Research*, 42(1-2), pp 278-286.

Chatot H., (2010) - *Thanatephorus cucumeris* (*Rhizoctonia solani*) une espèce de large gamme d'hôtes. Dans *Advances in Plant Pathology.*, Vol. 6. Génétique des champignons pathogènes des plantes. (GS Sidhu, éd.), Academic Press, New York. pp. 535-552.

Chehat F., (2008) - La filière pomme de terre algérienne, une situation précaire, Journée d'étude sur la filière pomme de terre, situation actuelle et respectives, E.N.S.A. El-Harrach, 11 p.

Chiappini I., Fardella G., Menghini A. et Rossi C., (1982) - *Planta Med*, pp 44-159.

Collins D.P. and Jacobsen B.J., (2003) - Optimizing a *Bacillus subtilis* isolate for biological control of sugar beet *Cercospora* leaf spot. *Biol. Control*, Vol 26 (2): pp 153-161.

Croteau R., Hooper CL., (1978) - Metabolism of monoterpenes: acetylation of -menthol by a soluble enzyme preparation from peppermint (*Mentha piperita*) leaves. *Plant Physiol*, Vol 61 pp 737–742.

Csizinsky A., Schuster D.J. et Kring J.B., (2005) - Evaluation of colour mulches and oil spray for yield and for the control of silver leaf whitefly, *Bemisia argentifolii* (Bellows and Perring) on tomatoes. *Crop Protection* pp 475-481.

Cum A., Schwarzott D. et WALKER C., (2001) - A new fungal phylum, the Glomeromycota: Phylogeny and evolution. *Mycological Research*, 105(12), pp 1413-1421.

Cunat P., Primo E., Sanz I., Garcera M.D., March M.C., Bowers W.S. et Martinez-Pardo R., (1990) - *J. Agric Food Chem*. Vol 38.N°2, pp 479-500.

Damus M., (2009) - Plant Health and HBD Request No. 19, Plant Health Risk Assessment, *Tuta absoluta*, South American tomato moth. Plant Health Risk Assessment Univ, Canadian Food Inspection Agency, pp 13-16.

De Kouassi M., (2001) - La lutte biologique : une alternative viable à l'utilisation des pesticides, *Journal Vertigo*. Vol 2 n°2, pp 7-12.

Delorme D., (2004) - Historique de la tomate. Ed 4. pp 80.

Dominique R., Cabasson C., Ben Akal Y. et Hédiji H., (2009) - L'étude du métabolisme de la tomate par RMN du proton, Ed. INRA, p 7.

Dunford N.T. et Silva-Vazquez R., (2005) - Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacrol concentrations in Mexican oregano grown under controlled conditions *Journal of Applied Horticulture*, 7(1) pp 20-22.

Duschatzky C.B., Possetto M.L., Talarico L.B., Garcia C.C., Michis F., Almeida N.V., Lampasona M.P., Schuff C. et Damonte E.B., (2005) - Evaluation of chemical and antiviral properties of essential oils from South American plants. *Antivir. Chem. Chemother.* 16, pp 247–251.

Emberger L., (1952) - Sur le quotient pluviométrique. *C.R. Academie Science: Paris*; pp 2508–2510.

Fanny B., (2008) - Effet larvicide des huiles essentielles sur *Stomoxys calcitrans* à la Réunion. Thèse d'exercice, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2008,77p.

Farah A., Fechtal M., Chaouch A. et Zrira S., (2015) - Influence du broyage et le temps de distillation sur la qualité et la quantité des huiles essentielles s'eucalyptus hybride naturel : *E.grandis X E.camaldulensis*. *Ann. Rech. For. Maroc.* T(32) ,pp 125-131.

Fasty L., (2007) - Generation and analysis of expressed sequence tags from the medicinal plant *Salvia miltiorrhiza*. *Germany Life* pp 53-273.

Fellah S., Romdhane M., Abderraba M., (2006) - « Extraction et étude des huiles essentielles de la *Salvia officinalis*.l cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie » *J.soc.alger.chim, journal de la société algérienne de chimie* 16(2), pp 193-202.

Finney D.J., (1952) - *Statistical method in biological assay*, first edition. London: Griffin, pp 333.

Franchomme P. et Pénéol L., (1990) - *L'aromathérapie exactement*, Limoges, France Roger Jallois. pp 458-112.

Franco-Micán S., Castro J. et Campos M., (2008) - Observation du complexe parasitaire de l'Inule visqueuse en Espagne et ses methodes de propagation. *Le Nouvell Olivier* 66, pp. 4-7.

Fravel D., (2005) - Commercialization and implementation of biocontrol. *Annu. Rev. Phytopathol.*, Vol 43, pp 337-359.

- Gahbiche H., Sghaier T, et Aoun F., (2003)** - Étude de quelques facteurs agissant sur les populations des "*Liriomyza*" (*Diptera, Agromyzidae*) dans la région de Kébili (Tunisie). Cah. Agric., Vol. 12, No 2, pp 78-25.
- Gauvrit C. et Cabanne., (1993)** - Oils for weed control: Uses and mode of action. Volume37. Pesticide Science. pp 147-153.
- Grande M., (1992)** - Hydroxynerolidol and bicyclic sesquiterpenoids from *Dittrichia viscosa*. J. Nat. Prod, 55, pp 1074–1079.
- Grande M., Piera F., Cuenca A., Torres P. et Bellido I.S., (1985)** - Flavonoids from *Inula viscosa*. *Planta Med.*, n° 39, pp 414–419.
- Grbić M., Van Leeuwen T et Van de Peer. Y. 2011.** The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. *Nature* vol 479, pp 487–492.
- Greuter W., (1973)** - Additions to the flora of Crete, *Ann.Mus.Goulandris* pp 15–83.
- Guenauoui Y. et Ghelamallah A., (2008)** - *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) nouveau ravageur de la tomate en Algérie premières données sur sa biologie en fonction de la température Conference Proceeding pp75-88.
- Guenauoui Y., (2008)** - Nouveau ravageur de la tomate en Algérie, *Phytoma*, N° 617, pp 18-19.
- Hammer O., Harper P., D Ryan., (2001)** - PAST version 1.37 Paleontological statistical software package for education and data analysis. *Paleontol. Electronica*, 4: pp 9-9
- Hernandez R., Scott D., Williamson H., Lan Z. et Carlos D., (2007)** - Bustamante. Context-Dependent Mutation Rates May Cause Spurious Signatures of a Fixation Bias Favoring Higher GC-Content in Humans. *Molecular Biology and Evolution*, Vol 24, Issue 10, Pages pp 2196–2202
- Hernández S., Roberto F., Collado N., Baptista C., Lucio R. et Pilar S., (1998)** - Metodología de la investigación. Mc Graw Hill Interamericana México, pp 533.
- Hmamouchi M., Hamamouchi J, Zouhdi M. et Bessiere J.M., (2011)** - Chemical and Antimicrobial Properties of Essential Oils of Five Moroccan *Pinaceae*, *Journal of Essential Oil Research*, 13:4, pp 298-302.
- Inderjit K. et Keating K.L., (2002)** - Allelopathy: principales, procedures and promises for biological control., *Adv Agron* 67, pp 141-231.
- Jones J.B., Jones J.P., Stall R.E. et Zitter T.A., (1991)** - Compendium of tomato diseases. isbn 0-89054-120-5. APS PRESS. 100 p.

Kalemba D. et Kunicka A., (2003) - Antibacterial and Antifungal Properties of Essential Oils. *Current Medicinal Chemistry*, Vol 10, pp 813-829.

Karamenderes C., Shabana K., Babu L., Tekwani M., Ikhlas J. et Khan A. (2000)- Antiprotozoal and Antimicrobial Activities of Centaurea. Species Growing in Turkey, *Pharmaceutical Biology*, pp 534-539.

Khandaker L., Masum A., Oba A., (2011) - Foliar Application of Salicylic Acid Improved the Growth, Yield and Leaf's Bioactive Compounds in Red Amaranth (*Amaranthus tricolor L.*). *Vegetable Crops Research Bulletin*, 74, pp 77-86.

Klarzynski O. et Fritig B., (2001) - Stimulation des défenses naturelles des plantes. *AcardSci C.R. Paris, Ser.III.324* : pp 953-963.

Kühn J., (1858) - Die Krankheiten der Kulturgewächse, ihre Ursachen und ihre Verhütung. Berlin. 1-312. pp. 1-7.

Lahlou M., (2004) - Methods to Study the Phytochemistry and Bioactivity of Essential Oils. *Phytotherapy Research*, 18, pp 435–448.

Lakerveld R., Benyahia B., Patrick L.H., Zhang H., Wolfe A, Testa C.J., Ogden S., Hersey D.R., Mascia S., Evans J.M.B, Richard D. Braatz. and Barton P.I., (2014).-The application of an automated control strategy for an integrated continuous pharmaceutical pilot plant. *Org. Process Res. and Dev*, Vol 19 issue 9, pp 1088–1100.

Larkin R.P. and Fravel D.R., (2002) - Effects farying environmental conditions on biological control of Fusarium wilt of tomato by nonpathogenic Fusarium spp. *Phytopathology* .92 (11):1160–1166.

Lauro T., Hernandez S., Marrazza G., Mascini M. (1990) - Effects of *Inula viscosa* leaf extracts on abortion and implantation in rats. *Journal of Ethnopharmacology* Volume 77, Issue 1, pp 117-121.

Lopez-Ráez J. A., Charnikhova T., Fernández I., Bouwmeester H. et Pozo M. J. (2012) - Arbuscular mycorrhizal symbiosis decreases strigolactone production in tomato, *J. Plant Physiol.*, 168 : pp 294–297.

Lozeine J., Amarti F., Satrani B., Ghanmi M., Aafi A., (2005)- Antimicrobial Activity of Essential Oil of *Thymus kotschyanus* sub sp. *glabrescens* *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement; Gembloux* Vol. 14, pp 1141-148.

Maheshwari O.K., Shivani B., et Dubey R.C., (2005) - Enhancement of plant growth and suppression of collarrot of sunflower caused by *Sclerotium rolfsii* through fluorescent *Pseudomonas* *Indian Phytopath.*58 (1) pp17-24.

- Mamoci E., Cavoski I., Vito S., Mondelli D., Al-Bitar L. et Caboni P., (2011)** - Chemical Composition and In Vitro Activity of Plant Extracts from *Ferula communis* and *Dittrichia viscosa* against Postharvest Fungi. *Molecules*. 16, pp 2609-2625.
- Maoz M., Kashma Y. et Neeman I. (1999)** - Isolation and identification of a new antifungal sesquiterpene lactone from *Inula viscosa* . *Planta Med.* 65, pp 281 – 282.
- Marongiu B., Piras A., Pani F., Porcedda S. et Ballero M., (2003)** - Extraction, separation and isolation of essential oils from natural matrices by supercritical CO₂ *Flavour Fragr.* 18 pp. 505-509.
- Matasyoh J.C., Kiplimo J.J., Karubiu N.M. et Hailstorks T.P (2007)** - Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Tarhachonanthus camphorates*. *Food Chemistry*, 101, 1183–1187.
- Meijer C.J., Borgne O., Mulner J., Chong J., Blow J., Inagaki N., Masaki I., Guy J., Delcros J.P. et Moulinoux L., (1997)** - Biochemical and Cellular Effects of Roscovitine, a Potent and Selective Inhibitor of the Cyclin-Dependent Kinases cdc2, cdk2 and cdk5. *Volume243, Issue1-2* pp 527-536.
- Meziane D., (1991)** - Histoire de la pomme de terre. *Diététique* n°25 pp 29.
- Magali R. and Jean-Gabriel Ganascia., (2009)** - In *Information Retrieval in Biomedicine: Natural Language Processing for Knowledge Integration*, pp 344-355, IGI Global.
- Möller K., (2008)** - La distillation à l'alambic, un art à la portée de tous. *Editorial UNICO*. 152 p.
- Moussaoui K., Ahmed Hedjala O., Zitouni G et Djazouli Z., (2014)** - Estimation de la toxicité des huiles essentielles formulés de thym et d'eucalyptus et d'un produit de synthèse sur le parasite de l'abeille tellienne *Varroa destructor*. Université de Blida 1, faculté des sciences de la nature et de la vie, Département de biotechnologie. Institut technique des élevages, Route de Chebli Baba Ali.
- Muller-Riebau F., Berger B. et Yegen O. (1995)** - Chemical composition and fungitoxic properties to phytopathogenic fungi of essential oils of selected aromatic plants growing wild in Turkey. *J. Agric. Food Chem.* 43, pp 2262 -2266.
- Naika S., Van Lidt De Jeude J., De Goffau M., Hilmi M. and Van Dam, B. (2005)** - Cultivation of tomato. Production, processing and marketing. In: B. Van Dam The Netherlands Ed : Digigrafi, Wageningen, pp 58-96.
- Nechadi S., Benddine F., Moumen A. et Kheddami M., (2002)** - Tomato yellow leaf curl begomovirus (TYLCV). Ed. Direction de la Protection des Végétaux et des Contrôles Techniques, Ministère de l'Agriculture, 7p.

- O.N.M (2017)** - Office national de la météorologie, données climatiques, 04 p.
- Oksuz, S. (1976)** - *Planta Med.*, vol 29 n°4: p 343.
- Oksuz, S. (1977)** - *Planta Med.*, vol 31 n°3 p 270.
- Oussalah M., Caillet S., Saucier L. et Lacroix M., (2006)** - Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. *Food Control* 18 (5), pp 414 –420.
- Pattnaik S., Subramanyan V.R., Bapaji M., Microbios C.R (1997)** – Antibacterial and antifungal activity of aromatic constituents of essential oils vol 89: pp 39-46.
- Pawar V.C. et Thaker V.S., (2006)** - In vitro efficacy of 75 essential oils against *Aspergillus niger* . *Mycoses* 49, pp 316–323.
- Pérez-Alonso M.J., Velasco-Negueruela A., Duru M.E., Harmandar M. et García Vallejo M.C., (1996).**- Composition of the volatile oil from the aerial parts of *Inula viscosa* (L.). *Flavour Fragr. J.*, 11, pp 349–351.
- Pérez-sánchez. J., De francesco M., Parisi G., Gómez-réqueni P. (2007)** - Biological properties of extracellular vesicles and their physiological functions. *Journal of Extracellular*. Vol 4. Issue 1.pp 4 -1.
- Picanço M., Miranda M., Zanuncio J.C. et Guedes R., (1998)** - Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (*Lepidoptera: Gelechiidae*). *Biocontrol Science and Technology* 8, pp 597–606.
- Pilling E.D., Bromleychallenor K.A.C., Walker C.H. et Jepson P.C., (1995)**- Mechanism of synergism between the pyrethroid insecticide lambda cyhalothrin and the imidazol fungicid prochloraz, in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Pestic. Biochem. Physiol.* pp 01- 11.
- Quezel P. et Santa S., (1963)** - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales .Ed .C.N.R.S, Paris, 12 p.
- Ramel JM, Oudard E., (2008)** - Un nouveau ravageur de la tomate en France: *Tuta absoluta*. *PHM-Revue Horticole* 512 pp 37–41.
- Regnault-Roger C. et Hamraoui A., (1994)** - Reproductive inhibition of *Acanthoscelides obtectus* Say (*Coleoptera*), bruhiid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by some aromatic essential oils. *Crop Protection*. 13, pp 624-628.
- Regnault-Roger C., Philogène B. J. R. et Vincent C., (2008)** - Biopesticides d'origine végétale, Ed. 2, 546 pp.

- Riba G. et Silvy C., (1989)** - Biopesticides contre les maladies, insectes mauvaise herbes, Centre de biologie et de gestion des populations (CBGP), INRA France. Direction scientifique plante et produits du végétal, dossier de l'environnement N°19.
- Rim I.S. et Jee C.H., (2006)** - Acaricidal effects of herb essential oils against *Dermatophagoides farina* and *D. pteronyssinus* (Acari: *Pyroglyphidae*) and qualitative analysis of a herb *Mentha pulegium* (pennyroyal). *Korean J. Parasitol.* 44, pp 133–138.
- Rousselle P., Robert Y. et Crosnier J.C., (1996)** - La pomme de terre: production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation, INRA, Paris, pp. 108–124.
- Ruzicka O.A., Eschenmoser L., Jeger D. et Arigoni Zur., (1955)** - Kenntnis der Triterpene. Mitteilung. Eine stereochemische Interpretation der biogenetischen Isoprenregel bei den Triterpenen. *Rev. Helvetica.* p 101.
- Samadi M., Abidin R., Yunus D., Biak R., Yoshida H. et Lok E.H., (2017).**- Assessing the kinetic model of hydro-distillation and chemical composition of *Aquilaria malaccensis* leaves essential oil" *Chinese Journal of Chemical Engineering.* Volume 25, Issue 2. Pages 216-222 p.
- Sangwan N., Farooqi A. et Shabih F., (2001)** - *Plant Growth Regulation* pp 34-35.
- Santoyo S., Cavero S., Jaime L., Ibanez E., Senorans F.J. et Reglero G. (2005)** - Chemical composition and antimicrobial activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil obtained via supercritical fluid extraction. *Journal of Food Protection,* Vol 68 pp 790–795.
- Sanz L., Calvete J.J., Karlheinz M., Gabius H.J., et Töpfer-Petersen E. (1991)** - Isolation and biochemical characterization of heparin-binding proteins from boar seminal plasma: A dual role for spermadhesins in fertilization. *Molecular reproduction and development,*.Vol 35, pp 37-43.
- Sassi A., Harzallah-Skhiri F., Bourgougnon N. et Aouni M., (2008)** - Antiviral activity of some Tunisian medicinal plants against Herpes simplex virus type 1, *Natural Product Research,* pp 53-65
- Shankara T., Dale B., Hales J., Allen P., Janus N., Steve B., Thorsten D., Karen A., Hales H., (2005)** - Mitochondrial Function in Leydig Cell Steroidogenesis. *The New York academy of science.* Vol 1061, pp 120-134.
- Sharma N. et Tripathi A. (2008)** - Effects of *Citrus sinensis* (L.) Osbeck epicarp essential oil on growth and morphogenesis of *Aspergillus niger* (L.) Van Tieghem. *Microbiological Research.* Vol 163. Issue 3. pp 337-344.
- Sharma S., Roesti D., Gaur R., Johri B.N., Imfeld G., Kawaljeet K., et Aragno M., (2006)** - Plant growth stage, fertiliser management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial

community structure in rain-fed wheat fields. *Soil Biology and Biochemistry*. Vol 38, Issue 5, , pp 1111-1120.

Shishkoff N. and McGrath M.T., (2002) - AQ10 biofungicide combined with chemical fungicides or AddQ spray adjuvant for control of cucurbit powdery mildew in detached leaf culture. *Plant Dis.* 86:915-918.

Shtacher G. et Kashman Y., (1971) - Chemical investigation of volatile constituents of *Inula viscosa Ait.* *Tetrahedron*. Vol 27, Issue 6, pp 1343-1349.

Sidhu O. P., Chandra H. et BEHL H.M., (2009) - Occurrence of aflatoxins in mahua (*Madhuca indica*) seeds: synergistic effect of plant extracts on inhibition of *Aspergillus flavus* growth and aflatoxin production. *Food. Chem. Toxicol.*, 47, pp 774-777.

Silva M., Evaldo J., Souza N.S., Loira A., Rees J.F., Yvan H.R. et Larondelle. R., (2008) - Antioxidant capacity of four polyphenol-rich Amazonian plant extracts: A correlation study using chemical and biological in vitro assays. *Food Chemistry*. Vol 106, pp 331-339.

Simões C., Amoros M. et Girre L., (1990) - Mechanism of antiviral activity of triterpenoid saponins. *Phytotherapy research* Vol 13, pp 323-328.

Singh B., Bhupinder S. et Annette C., (2006) - Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research* 8p.

Snoussi S.A., (2010) - Etude de base sur la tomate en Algérie. Programme régional de gestion intégrée des ravageurs pour le Proche-Orient Projet GTFS/REM/070/ITA., Rapport de mission, 52 p.

Stefanazzi N., Stadler T. et Ferrero A., (2011) - Composition and toxic, repellent and feeding deterrent activity of essential oils against the stored-grain pests *Tribolium castaneum* (*Coleoptera: Tenebrionidae*) and *Sitophilus oryzae* (*Coleoptera: Curculionidae*). *Sci. Volume* 67. pp 639-646.

Stewart G.T et Holt R.J., (1963) - Evolution of Natural Resistance to the Newer Penicillins. *British Medical Journal* pp 308-311.

Taillade C., Susplugas P. and Balansard G., (1980) - *Plantes Med. Phytoterapie* vol 01 p09.

Tchoumboungang F., Jazet P.M., Dongmo F., Thompson M., Graham L., Philip G. et Withers C., (2009) - Effect of species richness and relative abundance on the shape of the species accumulation curve. *Austral ecology*. Volume 28, Issue 4., pp 355-360.

Thakore Y., (2006) - The biopesticide market for global agricultural use. *Industrial Biotechnology*. Vol. 2 (3) : pp 294-208.

Urbaneja A., Vercher R., Navarro V., García M., Porcuna J.L., (2007) - La polilla del tomate, *Tuta absoluta*. *Phytoma España* 194 pp 16–23.

Van Lenteren J. C., (2000) - Measures of success in biological control of arthropods by augmentation of natural enemies, In S. Ratten and G. Gurr Eds. *Measures of Success in Biological Control*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. pp. 77-103.

Vilgalys R. et Cubeta M.A., (1994) - Systématique moléculaire et biologie des populations de *Rhizoctonia*, *Annu. Rev Phytopathol.* 32, pp 135-155.

Wollenweber E., Mayer K. et Roitman J.N., (1991) - Exudate flavonoids of *Inula viscosa*. *Phytochemistry*. Vol 30, Issue 7, pp 2445-2446.

Zitter T. A., (2001) - Vegetable Crops: A checklist of major weeds and crops as natural hosts for plant viruses in the Northeast, p 71.

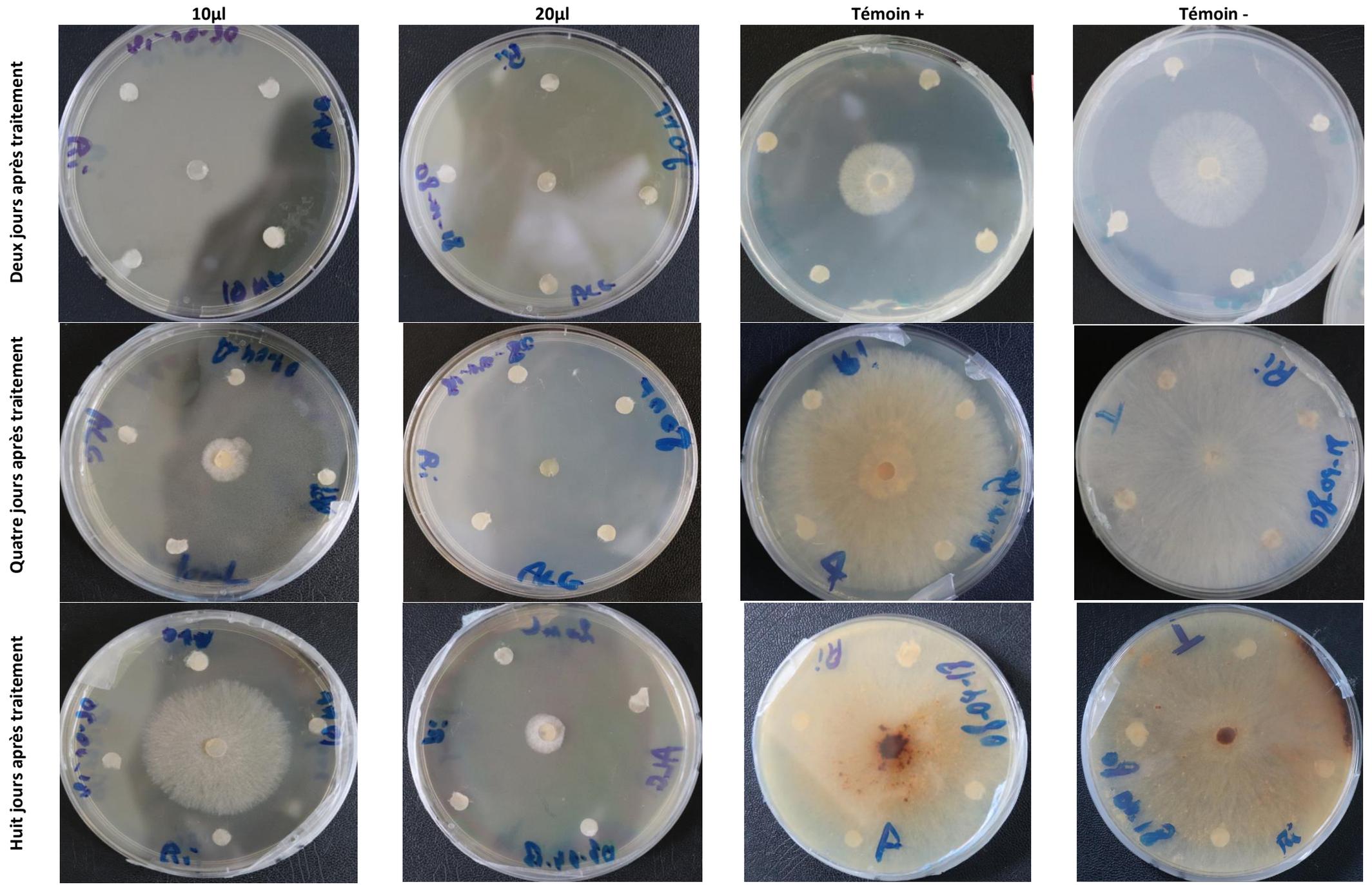


Figure 37 : tests de l'activité antifongique de la région de Douéra (alger)

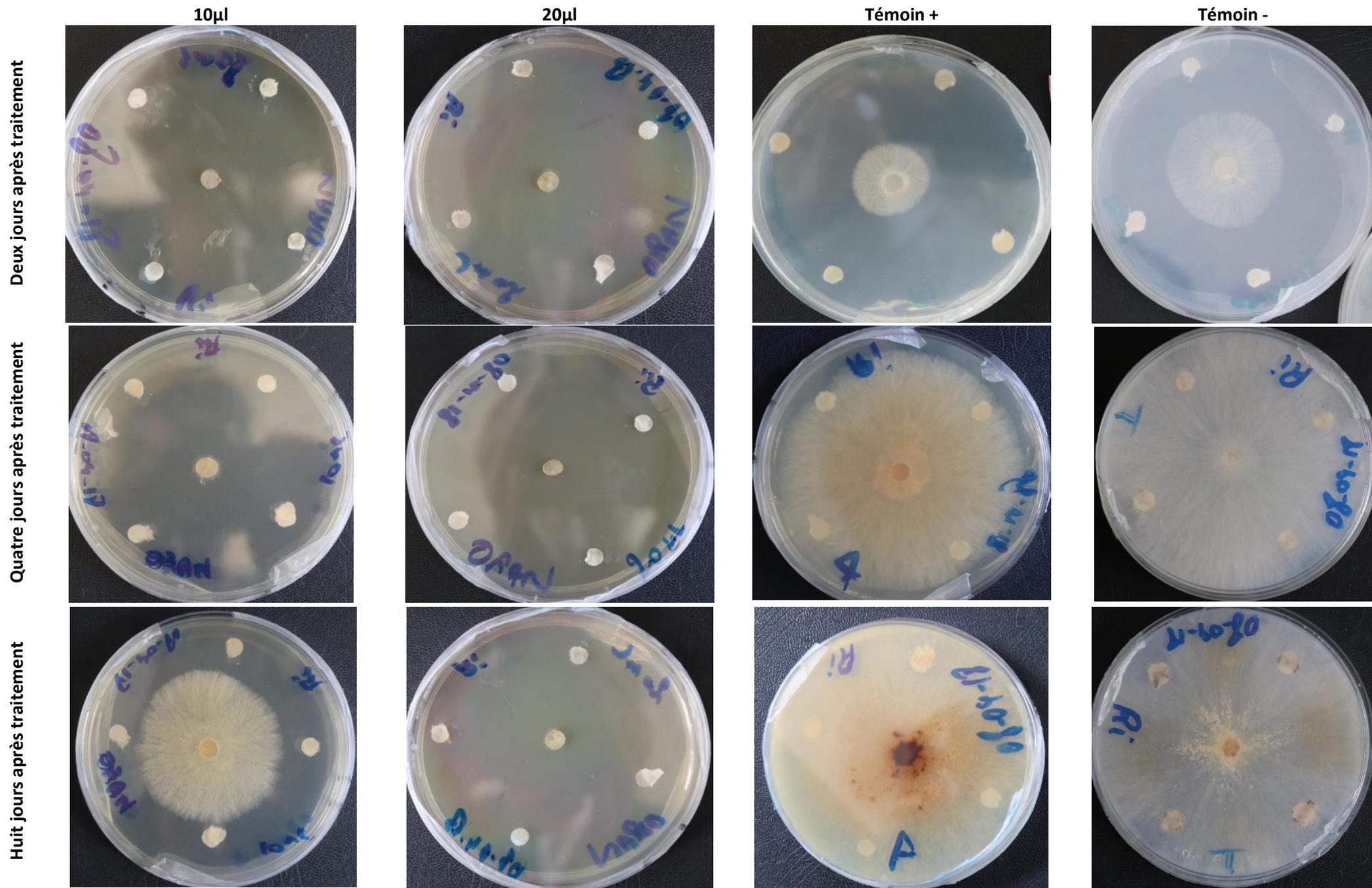


Figure 38 : tests de l'activité antifongique de la région d'Es-Senia (Oran)