



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie
Département des sciences de la nature et de la vie

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Biotechnologies
Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

Réf. :

Présenté et soutenu par :
Nour-elhouda ZAZEL

Le : mercredi 30 septembre 2020

Thème

L'activité antimicrobienne de plante médicinale du genre *Varthemia* contre les phytopathogènes de la tomate

Jury:

Mme. Amel CHOUIA	MAA	Université de Biskra	Président
M. Abdelouahab DEHIMAT	MAA	Université de Biskra	Rapporteur
Mme. Nabila FETITI	MAA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2019-2020

Remerciements

A l'issue de ce modeste travail, je tiens à remercier tout d'abord mon bon **DIEU** tout puissant, de m'avoir procuré patience et volonté pour aboutir et pour son aide miséricordieuse durant toutes mes années d'étude.

Je tiens à remercier mon promoteur

Mr Dehimat Abdelouahab

Votre compétence, votre encadrement a toujours suscité mon profond respect

Je vous remercie pour votre accueil et vos conseils

Merci pour votre aide scientifique et moral

Veillez trouver ici, l'expression de mes gratitude et de ma grande estime.

Je remercie ensuite l'ensemble des membres du jury, qui m'ont fait l'honneur de bien vouloir étudier avec attention mon travail.

Je tiens aussi à remercier toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Enfin, je ne peux pas achever ce projet sans exprimer ma gratitude à tous mes enseignants de l'université de Mohamed Khider de Biskra (Département des sciences de la nature et de la vie -El-Hadjeb-) pour leurs aides multiformes et enseignements reçus lors de mes cycles de formation.

Dédicace

A mon grand-père & ma grand-mère qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail.

A mes chers parents & ma deuxième maman Nouara
Qui m'ont encouragé d'être ce que je suis, avec tant d'amour.

A mes chères sœurs surtout ma moitié Amira et mes frères.

A toute ma famille, surtout mes oncles Ammar, Nour-eddine & Oussama sans oublier mes tantes pour leurs encouragements.

J'ai vraiment de la chance d'avoir cette famille.

A mes douces amies Zahra ♥, Linda, Hasna, Asma, Sihem et Fatima et aussi tous mes collègues.

Nour-elhouda

Table des matières

Liste des Tableaux.....	I
Liste des Figures.....	II
Liste des abréviations.....	III
Introduction.....	1

Partie Bibliographique

Chapitre 1 : La phytopathogénicité chez les tomates

I. Généralité.....	3
I.1 Historique.....	3
I.2 Botanique.....	3
I.3 Classification.....	5
I.4 Importance nutritionnel et production mondial.....	6
I.4.1 Dans le monde.....	6
I.4.2 En Algérie.....	7
I.4.2.1 Zones de production en Algérie.....	8
II. Maladies et ces agents pathogènes de la tomate.....	8
II.1 Principales maladies de la tomate.....	10
II.1.1 Pathogènes fongiques.....	10
II.1.1.1 Mildiou.....	10
II.1.1.2 Pourriture grise.....	12
II.1.1.3 Fusariose vasculaire.....	15
II.1.2 Pathogènes bactériennes.....	18
II.1.2.1 Moucheture.....	18
II.1.2.2 Chancre bactérien.....	20
II.1.3 Pathogènes virales.....	22
II.1.3.1 Mosaïque du tabac.....	23
III. Traitements phytosanitaires.....	24
III.1 Pesticides synthétiques chimiques.....	25
III.2 Pesticides synthétiques naturels.....	25
III.3 Lutte biologique.....	26
Chapitre 2 : Agent anti-phytopathogène : Plantes médicinales "Genre Varthemia"	
I. Généralité.....	28
I.1 Plantes médicinales.....	28

I.2	Famille des Astéracées	28
II.	Genre du <i>Varthemia</i>	29
II.1	Description botanique	29
II.2	Taxonomie	32
II.2.1	Sous-famille d'Astéroïdées	32
II.2.2	Tribu Inuleae	32
II.2.3	Classification du genre <i>Varthemia</i>	32
II.2.4	Différentes espèces	33
II.3	Distribution géographique	33
II.4	Compositions phytochimiques	35
II.5	Utilisations traditionnelles et pharmaceutiques	36
II.5.1	Utilisations traditionnelles	36
II.5.2	Utilisations pharmaceutiques	36
II.6	Toxicité	37

Partie Expérimentale

Chapitre 3 : Matériel et méthodes

I.	Matériel biologique	38
I.1	Matériel végétal	38
I.2	Microorganismes	38
II.	Méthodologie de travail	39
II.1	Préparation des extraits	39
II.2	Test d'activité antimicrobienne	40

Chapitre 4 : Résultats et discussion

I.	Evaluation du pouvoir antimicrobien des extraits	41
II.	<i>Varthemia</i> et la phytopathogénicité	46
	Conclusion	48
	Références bibliographiques	49
	Annexes	54
	Résumé	

Liste des Tableaux

Tableau 1. Description botanique de différents organes de la tomate	4
Tableau 2. Répartition de la production mondiale de la tomate par pays	6
Tableau 3. Principales maladies bactériennes, fongique et virales de la tomate.....	9
Tableau 4: la répartition géographique de certaines espèces de <i>Varthemia</i>	34
Tableau 5. L'activité antimicrobienne des composés isolés	41
Tableau 6. Activités antibactériennes des différents extraits de <i>Varthemia iphionoides</i>	43
Tableau 7. Activité antibactérienne de l'extrait méthanolique de <i>Varthemia iphionoides</i>	44
Tableau 8. Activité antifongique de l'extrait méthanolique de <i>Varthemia iphionoides</i>	45

Liste des Figures

Figure 1. La tomate	4
Figure 2. Symptômes du Mildiou.....	12
Figure 3. Symptômes du Pourriture grise.....	14
Figure 4. Symptômes du Fusariose vasculaire	17
Figure 5. Symptômes de Moucheture	20
Figure 6. Symptômes du chancre bactérien	22
Figure 7. Symptômes du Mosaique du tabac	24
Figure 8. L'espèce de <i>Varthemia iphionoides</i>	30
Figure 9. Les différents organes de l'espèce de <i>Chiliadenus bocconeii</i>	31
Figure 10. Structure de l'acide 3-oxocostusique.....	43

Liste des abréviations

- CPG/SM : Chromatographie en Phase Gazeuse/ Spectrométrie de masse
- qx/ha : quintaux/hectare
- TMV : Virus de la mosaïque du tabac
- CMV : Virus de la mosaïque du concombre
- TYLCV : Virus des feuilles jaunes en cuillère de la tomate
- AMV : Virus de la Mosaïque de la Luzerne
- *P*: *Phytophthora*
- *B*: *Botrytis*
- FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations
- FOL: *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*
- *V* : *Varthemia*
- *C* : *Chiliadenus*
- P/P : Poids sur Poids
- IFO : l'Institute For Fermentation
- CMI : Concentration Minimale Inhibitrice
- CMF : Concentration Minimale Fongicide

Introduction

Introduction

La tomate est cultivée aujourd'hui dans presque tous les pays du monde. L'importance alimentaire et les nombreuses vertus thérapeutiques de la tomate font d'elle, le premier légume-fruit au niveau mondial (Chapuis et Mille, 2001). La production mondiale de tomate s'élève à plus de 120 millions de tonnes par ans (Fumey, 1997).

Malheureusement, la production et la commercialisation de cette culture maraîchère sont menacées par une multitude d'insectes et de microorganismes dont les principales sont d'origine bactérienne, fongique et virale. Pour minimiser les pertes des récoltes et réduire les maladies épidémiques résultantes des intoxications alimentaires, les produits périssables sont traités avec des pesticides chimiques de synthèse dont l'utilisation a été restreinte en raison des effets secondaires identifiés.

La recherche et le développement de nouvelles molécules bioactives pouvant agir plus efficacement sur les nouvelles générations de microorganismes résistants et préservant l'environnement et l'homme deviennent.

Alors, des priorités l'utilisation de composés naturels bioactifs offre une alternative de premier choix pour les plantes à activité antimicrobienne dans le contrôle des pathogènes de plusieurs produits. Les propriétés thérapeutiques et antimicrobiennes de plusieurs plantes ont été mises en évidence pour traiter plusieurs affections de l'homme.

Selon différentes études, parmi ces études d'Al-Dabbas *et al.* (2005) ont montrés que le genre du *Varthemia* (*V. iphinoides*) a une puissante antimicrobienne contre six espèces bactériennes (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Micrococcus luteus*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus* et *Salmonella enteritides*). Cependant, aucune étude sur les pathogènes responsables de la pourriture des fruits n'a encore été réalisée. Cette plantes herbacées vivaces qui appartenant à la famille des Compositae (Astéracées) et principalement réparti dans les endroits rocheux et les terres semi-arides (Afifi *et al.*, 1991), reste une question pour de nombreux chercheurs.

La présente étude a consisté à évaluer une synthèse sur l'activité antimicrobienne *in vitro* de la plante médicinale du genre *Varthemia* sur la croissance des phytopathogènes responsables de la pourriture des fruits tropicaux (tomate) puis rechercher les composés chimiques actifs qu'elles contiennent et qui font d'elles de plante de valeur.

Le travail est subdivisé en deux grandes parties : Une partie bibliographique qui englobe et rassemble des données théoriques sur les différents agents pathogènes qui touchent la tomate et ces symptômes et aussi diverses études antérieures sur la lutte biologique contre ces phytopathogènes dans le premier chapitre. Et dans le deuxième chapitre, nous présenterons une étude bibliographique sur les connaissances botaniques et phytochimiques du genre de *Varthemia* qui appartenant à la famille des Astéracée comme un agent anti-phytopathogène. Après avoir présenté les objectifs et la démarche retenue pour l'étude, nous passons à la deuxième partie (pratique) dans laquelle seront analysés ces articles liés à cette étude. Alors le matériel et les méthodes utilisés seront décrits. Les résultats obtenus seront ensuite détaillés et discutés. Pour finir, une conclusion générale pour l'étude sera présentée.

Partie Bibliographique

Chapitre 1 : La
phytopathogénicité chez les
tomates

I. Généralité

Les cultures légumières ont de tout temps revêtu une importance particulière dans l'alimentation et l'économie de tous les peuples. Les plus répandues, les Solanées, se cultivent dans différents régions du monde et sont exposées à plusieurs types de climats. L'une des cultures importantes est la culture de tomate.

La tomate (*Solanum lycopersicum* L.) est cultivée dans de nombreux pays du monde et sous divers climats, y compris dans des régions relativement froides, grâce au développement des cultures sous abri.

I.1 Historique

La tomate est originaire des régions côtières andines du Nord-Ouest de l'Amérique du Sud (Colombie, Équateur, Pérou, nord du Chili). C'est seulement dans ces régions que les chercheurs ont trouvé des plantes spontanées de diverses espèces de l'ancien genre *Lycopersicon*, notamment *Solanum lycopersicum cerasiforme*, la tomate cerise. Elle était initialement considérée comme une plante ornementale, et n'a été cultivée pour son fruit qu'à partir du milieu du XVIIIe siècle (Bousiala et Khadidja, 2014).

I.2 Botanique

La tomate est une plante herbacée annuelle à port rampant, aux tiges ramifiées. De la famille des Solanacées, la tomate est désignée sous le nom scientifique de *Solanum lycopersicum* Linné. Elle a aussi été appelée *Lycopersicon esculentum* (**Figure 1**).

La tomate cultivée *Lycopersicon esculentum* est une espèce diploïde avec $2n=24$ chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants mono-géniques, dont certains sont très importants pour la sélection. C'est une plante autogame mais on peut avoir une proportion de fécondation croisée, par laquelle la plante peut se comporter comme plante allogame (Gallais et Bannerot, 1992).

C'est une plante à croissance soit indéterminée avec trois nœuds entre chaque inflorescence, ou déterminées avec deux nœuds entre chaque inflorescence et se termine par une grappe de fruits (J. Benton et Tomato, 2007) (**Tableau 1**).



Attaché le long de la tige

Différentes formes du fruit :

A : cultivar hâtif aux fruits aplatis et côtelés

B : cultivar tardif aux grands fruits

C : cultivar anglo-néerlandais

D : cultivar aux fruits allongés

E : différents cultivars de la tomate cerise

Figure 1. La tomate (Shankara *et al.*, 2005)**Tableau 1.** Description botanique de différents organes de la tomate (Shankara *et al.*, 2005)

Organe	Description botanique
Racine	Forte racine pivotante qui pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventices.
Tige	Le port de croissance varie entre érigé et prostré. La tige pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 cm. La tige est pleine, fortement poilue et glandulaire (Figure 1).
Feuillage	Feuilles disposées en spirale, 15 à 50 cm de long et 10 à 30 cm de large. Les folioles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires. L'inflorescence est une cyme formée de 6 à 12 fleurs. Le pétiole mesure entre 3 et 6 cm.
Fleur	Bisexuées, régulières et entre 1,5 et 2 cm de diamètre. Elles poussent opposées aux ou entre les feuilles. Le tube du calice est court et velu, les sépales sont persistants. Il y a 6 pétales (atteindre une longueur de 1 cm), qui sont jaunes et courbées lorsqu'elles sont mûres. Il y a 6 étamines et les anthères ont une couleur jaune vif

et entourent le style qui a une extrémité stérile allongée. L'ovaire est supère avec entre 2 et 9 carpelles.

Fruit Baie charnue, de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre de 2 à 15 cm. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu. La couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. En général les fruits sont ronds et réguliers ou côtelés (**Figure 1**).

Graines Nombreuses, en forme de rein ou de poire. Elles sont poilues, beiges, 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. 1000 graines pèsent approximativement 2,5 à 3,5 g.

I.3 Classification

Le nom de genre « *Lycopersicon* » est gréco-latin, il signifie « pêche de loup et la partie « esculentum » complétant le nom de l'espèce vient du latin et qui signifie « comestible ». Cette comestibilité ne concerne ni le feuillage, ni les jeunes fruits verts car ils contiennent des alcaloïdes toxiques (tomatine, solanine). Ces derniers disparaissent des fruits au cours du mûrissement (Blancard *et al.*, 2009).

D'après Gaussen *et al.* (1982), la classification de la tomate qui est largement suivie :

- Règne : Plantae.
- Sous règne : Trachenobionta.
- Division : Magnoliophyta.
- Classe : Magnoliopsida.
- Sous classe : Asteridae.
- Ordre : Solonales.
- Famille : Solonaceae.
- Genre : *Solanum* ou *lycopersicon*.
- Espèce : *Lycopersicon esculentum* Mill.

I.4 Importance nutritionnel et production mondial

I.4.1 Dans le monde

La tomate est cultivée dans presque tous les pays du monde. C'est par son volume de production, qu'elle est classée troisième "légume" au plan mondial, après la pomme de terre et la patate douce (Bousiala et Khadidja, 2014).

La consommation des fruits de la tomate contribue à un régime sain et équilibré. Les fruits sont riches en minéraux (fer et de phosphore), en vitamines (B et C), en acides aminés essentiels, en sucres ainsi qu'en fibres alimentaires.

Les tomates se consomment fraîches en salade ou cuites dans des sauces, des soupes ou des plats de viande ou de poisson. Il est possible de les transformer en purée, en jus et en ketchup. Les fruits séchés et les fruits mis en conserve sont des produits transformés qui ont également une importance économique (Shankara *et al.*, 2005). De nos jours, elle connaît un succès prononcé à cause de sa forte teneur en lycopène, un antioxydant responsable de sa couleur rouge. Le lycopène réduit le risque de développer des maladies chroniques telles que différents types de cancers ou des maladies cardiovasculaires (Kamelé *et al.*, 2019).

Cette importante légume est cultivée selon deux modes de production : la tomate pour la consommation fraîche (tomate maraichère) d'une part et la tomate destinée à la transformation et la conserve (tomate industrielle) d'autre part (Bousiala et Khadidja, 2014).

La répartition de la production mondiale par pays est représentée dans le **Tableau 2** Selon les données de la FAO (2006).

Tableau 2. Répartition de la production mondiale de la tomate par pays (Aissat, 2018)

Pays	Production (t) 2004	%	Production (t) 2005	%
Chine	30 143 929,00	24 %	31 644 040,00	26 %
Etats-Unis	12 867 180,00	10 %	11 043 300,00	9 %
Turquie	9 440 000,00	8 %	9 700 000,00	8 %
Egypte	7 640 818,00	6 %	7 600 000,00	6 %
Inde	7 600 000,00	6 %	7 600 000,00	6 %
Italie	7 682 504,00	6 %	7 187 016,00	6 %
Espagne	4 441 800,00	4 %	4 473 573,00	4 %

Brésil	3 515 567,00	3 %	3 303 530,00	3 %
Mexique	2 148 130,00	2 %	2 148 130,00	2 %
Russie	2 017 860,00	2 %	2 100 000,00	2 %
Grèce	1 932 000,00	2 %	1 713 580,00	1 %
Chili	1 200 000,00	1 %	1 230 000,00	1 %
Maroc	1 201 230,00	1 %	1 201 230,00	1 %
Ukraine	1 145 700,00	1 %	1 200 000,00	1 %
Portugal	1 200 930,00	1 %	1 175 000,00	1 %
Irak	988 000,00	1 %	1 000 000,00	1 %
Algérie	1092273,00	1 %	1023445,00	1 %
Syrie	920 000,00	1 %	920 000,00	1 %
Tunisie	1 118 000,00	1 %	920 000,00	1 %
Autres pays	21 780 606,00	18 %	20 752 357,00	17 %
Total	124 429 724,00	100 %	122 311 756,00	100 %

Comprendre à partir de cela la consommation par individu, que ce soit en tomates fraîches ou transformées, ne cesse d'augmenter à l'échelle mondiale. Les pays méditerranéens sont de gros consommateurs, et cela en toutes saisons. Il est vraisemblable que la demande en tomates continuera à augmenter, du fait de l'accroissement des populations humaines et de la durée de conservation qui permet un transport à longue distance, de la diversification des types variétaux et des changements alimentaires qui orientent le consommateur vers des produits tels que ce légume (Blancard *et al.*, 2009)

I.4.2 En Algérie

En Algérie, La culture de la tomate est un des légumes les plus importants. C'est une culture à cycle assez court avec un rendement élevé (Bousiala et Khadidja, 2014). La production algérienne représente 1% de la production mondiale, dont 30% de la production mondiale est réalisée en méditerranée. Des industries de transformation de la tomate sont implantées dans toutes les régions du monde et sont approvisionnées par des milliers d'hectares de culture mécanisée (Aissat, 2018).

En matière de production, la tomate industrielle a connu une forte augmentation soit 136%, résultant de l'amélioration des rendements qui ont passée de presque 200 qx/ha durant la période 2000-2009 à plus de 500 qx /ha en 2010-2017 (MADR, 2018).

I.4.2.1 Zones de production en Algérie

La répartition géographique des cultures légumières est tributaire des conditions climatiques d'une part, et de la vocation des terres d'autre part. Les zones réservées aux cultures légumières sont concentrées au niveau :

- Des plaines du littoral à climat tempéré : Algérois, Bejaia, Oran, Annaba, Skikda. Ces plaines concentrent plus de 70% de la production nationale et les surfaces qui leur sont destinées ne cessent d'augmenter, particulièrement sous abris plastique.
- Des plaines de l'intérieur à climat semi-aride : Chélif ; les surfaces pour les cultures légumières sous abris ont diminué ces dernières années à cause du coût du chauffage qui est indispensable.
- Le Sud à climat aride (Biskra...) : c'est dans ces régions que les investissements ont été les plus importants, du fait du climat qui permet d'avoir des récoltes en Janvier.

Au niveau de la wilaya de Béjaïa, 2265 ha sont affectés pour la culture de 14 espèces légumières. Les plus importantes sont la pomme de terre suivie par la culture de tomate, qui occupe à elle seule plus de 15% des surfaces réservées aux cultures légumières. Les cultures protégées (sous serre) sont en continuelle progression. Les surfaces couvertes pour la culture de la tomate sont passées de 10% en 2000 à plus de 17% en 2006 des surfaces destinées à cette espèce. Plus de 40% des surfaces couvertes sont occupées par la tomate (Aissat, 2018).

II. Maladies et ces agents pathogènes de la tomate

Les maladies de la tomate sont nombreuses. Tous les organes peuvent être touchés, des racines jusqu'aux fruits. Alors cette culture peut être la cible de nombreux ravageurs, insectes, nématodes, et maladies causées par différents agents pathogènes : oomycètes, champignons, bactéries, virus ou phytoplasmes et qui peuvent concerner tant les cultures que la récolte en conservation.

Les principales maladies bactériennes, fongiques et virales ainsi que les organes affectés sont présentés dans le **Tableau 3**.

Tableau 3. Principales maladies bactériennes, fongique et virales de la tomate (Blancard, 1997)

MALADIES	AGENTS PATHOGENES	SYMPTOMES			
		Racine	Tige	Feuille	Fruit
Les maladies causées par les oomycètes et les champignons					
Mildiou « Late Blight »	<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary.		+	+	+
Alternariose « Early Blight »	<i>Alternaria solani</i> Sorauer <i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl		+	+	+
Pourriture grise	<i>Botrytis cinerea</i> Pers.		+	+	+
Verticilliose «Verticillium wilt»	<i>Verticillium</i> spp.		+		
Oïdium	<i>Leveillula taurica</i> (Lev.) G. Arnaud		+	+	
Chancres au collet et sur tige = Sclerotiniose	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary		+		
Fusariose vasculaire	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Lycopersici</i> (Sacc.) Sn. et H.		+	+	
Altérations des racines et du Collet = Rhizoctone brun	<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn.	+	+		
Nécroses racinaires et Anthracnose.	<i>Colletotrichum coccodes</i> (Wallr.) S. Huges	+	+	+	+
Les maladies bactériennes					
Chancre bactérien	<i>Clavibacte michiganensis</i> subsp. <i>Michiganensis</i> (Smith) Davis et al.		+	+	+
Moëlle noire	<i>Pseudomonas corrugata</i> Roberts et Scarlett		+		
Moucheture	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>Tomato</i> (Okabe) Young et al		+	+	+

Gale bactérienne	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>Vesicatoria</i> (Doidge) Dowson	+	+
------------------	--	---	---

Les maladies virales

Mosaïque du tabac	Virus de la mosaïque du tabac (TMV)	+	+
Filiformisme, mosaïque de Nécrose de la tomate	Virus de la mosaïque du concombre (CMV)	+	+
Maladie des feuilles jaunes en Cuillère	Virus des feuilles jaunes en cuillère de la tomate (TYLCV)	+	
Mosaïque nécrotique de la tomate	Virus de la Mosaïque de la Luzerne (AMV)	+	+

II.1 Principales maladies de la tomate

II.1.1 Pathogènes fongiques

Certains sont microscopiques et invisibles à l'œil nu, d'autres sont plus imposants. Ils envahissent les plantes, infectent les tissus vivants, se nourrissent du contenu cellulaire et s'attaquent aussi bien aux branches, troncs, feuilles, fleurs, fruits et racines des végétaux. Ils sont constitués d'un ensemble de tubes filamenteux appelés « mycélium » à partir desquels se développent des structures spécifiques au sein desquelles seront produites des spores qui, une fois disséminées, initieront de nouvelles infections (CPAR, 2017).

II.1.1.1 Mildiou

Le mildiou, causé par *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary est une contrainte importante de la culture de tomate en zone tropicale d'altitude. Le développement de la méthode de lutte durable contre *P. infestans* fait face à plusieurs difficultés à cause de la rareté du matériel végétal résistant et des inconvénients associés à l'emploi des fongicides de synthèse (Fontem *et al.*, 2006).

❖ Agent pathogène

En plus de la tomate, il y a plusieurs solanacées constituent des hôtes préférés de l'espèce *P. infestans* Source spécifiée non valide.. La pathogénicité de ce champignon ne se limite pas seulement aux grandes cultures naturelles, puisqu'environ 89 espèces ont été révélées des hôtes pour ce pathogène (Erwin et Ribeiro, 1996).

Les cultures de tomate de serre sont habituellement infectées par le *P. infestans* à la fin du mois d'aout ou en septembre. Les spores (spores asexuées) infectant les cultures en serre proviennent de jardins ou de tomate affectés par le mildiou. Les spores de ce champignon peuvent vraisemblablement être dispersées sur des dizaines de kilomètres. Lorsque les spores sont parvenues sur les feuilles de tomate en serre, la présence d'eau demeure un prérequis essentiel pour leur germination (Michel et Agronome, 2003).

Une fois l'infection initiée, le développement de la maladie est favorisé par les nuits froides (10 à 15%) et des journées modérément chaudes (21 à 26 %) jumelées à l'humidité relative élevée (90% et plus). Si les conditions optimales sont réunies pour une expansion rapide du mildiou, une culture de tomate en serre peut être entièrement détruite en 3 ou 4 jours (Michel et Agronome, 2003).

❖ Symptômes et dégâts

Le mildiou continue à causer des dégâts dans toutes les régions ; elle peut attaquer tous les organes aériens de la plante (tiges, feuilles, fleurs et fruits) en moins d'une semaine.

Sur les feuilles, des taches se développent à partir de l'extrémité ou de la marge des folioles. Ces tâches ont une couleur vert pâle ou brune (**Figure 2. A,B**). Sous des conditions humides, les tâches progressent pour former de larges plages irrégulières brunes (**Figure 2. C,D**). Toutes les folioles d'une feuille viennent à flétrir et brûler entièrement. La maladie peut être très fulgurante en causant le dépérissement complet de la plante.

Lorsque les conditions sont favorables, le champignon apparait, à la face inférieure des folioles affectées, sous la forme d'un anneau blanchâtre au pourtour des tâches et des brûlures. Il s'agit en fait des fructifications (spores asexuées) du *P. infestans*.

Sur la tige et les pétioles, des chancre brun foncé peuvent apparaitre (**Figure 2. E,F**).

Les dommages sur les fruits se caractérisent par des plages irrégulières brunes ayant un aspect bronzé et luisant (**Figure 2. G**). Ces symptômes se développent régulièrement à partir de la zone pédonculaire (point d'attache). Les fruits ont souvent une apparence bosselée. Un duvet blanc peut apparaitre sur les parties affectées du fruit (**Figure 2. H**). L'intérieur du fruit a une texture liégeuse et une couleur brune. La pourriture causée par le mildiou et ferme. Cependant, des organismes secondaires (bactéries et champignons) peuvent envahir le fruit et causer une pourriture molle (Michel et Agronome, 2003).



Figure 2. Symptômes du Mildiou : A, B, C, et D : sur les feuilles de tomate, les premiers symptômes sont plusieurs des taches huileuses et noirâtres sont bien visibles par transparence sur ces folioles de tomate. E et F : sur la tige de tomate, Une partie de la tige est également altérée, des lésions brunâtres à noire la ceinture sur plusieurs centimètres. G et H : sur la production (les fruits de tomate), des taches brunes, plus avancée, bien marbrée et irrégulièrement bosselées en surface (G), *P. infestans* fructifie sur ce fruit tournant, l'humidité importante de l'abri l'a permis (H). (Blancard, 2013)

II.1.1.2 Pourriture grise

Les maladies dues au genre *Botrytis* sont certainement les plus communes et les plus largement répandues sur cultures maraîchères, ornementales et sur fruits. Ce sont les maladies les plus courantes au niveau des cultures sous abris (George, 1988).

❖ Agent pathogène

Parmi les espèces du genre *Botrytis*, *B.cinerea* est l'espèce qui possède le plus large spectre d'hôtes, puisqu'elle peut infecter plus de 200 espèces végétales différentes (Jarvis,

1992). Ce champignon est responsable de lourdes pertes économiques sur de nombreuses cultures (Gullino, 1992).

Botrytis cinerea est un champignon de la classe des Deutéromycètes (Ordre des Moniliales, Famille des Sclérotiniacées). Il possède une forme sexuée ou télémorphe, *Botryotinia fuckeliana* (de Bary), est rarement observée dans la nature, mais qui peut être obtenue en laboratoire (formation d'ascospores). C'est la forme asexuée, ou anamorphe, *B.cinerea*, qui est prédominante et associée à la pourriture grise sur tomate.

Le développement de *B.cinerea* est dépendant des conditions environnementales. De façon générale, les fortes humidités relatives, la présence d'eau à la surface des plantes et les températures modérées sont reconnues comme étant les principaux facteurs favorisant le développement de la pourriture grise (Blakeman, 1980). L'étude de l'influence des différents paramètres climatiques sur les phases du développement de l'agent pathogène et sur l'évolution de la maladie a fait l'objet de nombreux travaux.

❖ Symptômes et dégâts

Sur la culture de tomate, *B.cinerea* est capable d'attaquer l'ensemble des parties aériennes de la plante.

Sur fleurs, toutes les parties non permanentes telles que le stigmate, le style et la corolle peuvent être infectées par l'agent pathogène. Le mycélium peut ensuite progresser vers les parties permanentes (ovaire et pédicelle) et provoquer l'avortement des fleurs et la chute prématurée des jeunes fruits (Eden *et al.*, 2003).

Sur feuilles, des lésions nécrotiques peuvent se développer soit sous forme d'anneaux concentriques autour du point d'infection soit en forme de flamme le long de la nervure central (**Figure 3. A,B**). En cas d'attaque sévère, des lésions sur feuilles se développent aussi par contact direct avec des tissus infectés (résidus floraux, autres feuilles, fruits, ...).

- Les attaques sur tiges peuvent être liées à une infection indirecte via la progression d'une lésion sur les pétioles ou les rafles de bouquets, mais elles peuvent aussi être directes via les plaies d'effeuillage et d'ébourgeonnage. Source spécifiée non valide.. Le développement des chancres le long des tiges peut entraîner la mort des plantes (**Figure 3. C,D**).

- Sur fruits sont de deux types :

- On peut observer des halos jaunâtres appelés taches fantômes sont observés lorsque l'infection a été initiée mais stoppée par les mécanismes de défense de l'hôte (**Figure 3. E**).

- ou encore une pourriture molle. Celle-ci peut avoir différentes origines : parfois, elle est causée par la progression d'une infection via les sépales ; à l'infection au niveau d'une blessure, ou encore au contact du fruit avec des feuilles ou d'autres fruits infectés (**Figure 3. F**) (Blancard, 2013).

L'importance relative et la gravité de ces symptômes sur les différents organes de la plante sont fortement influencées par les conditions environnementales et culturales (Shtienberg *et al.*, 1998).

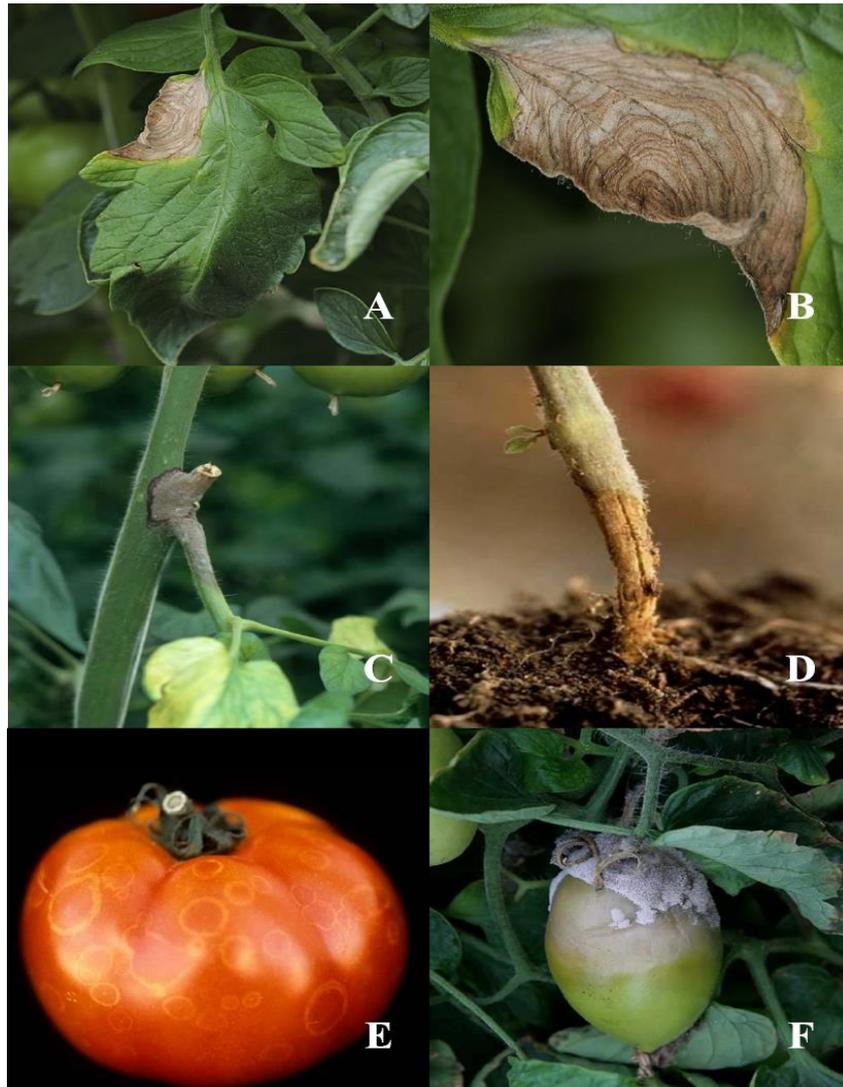


Figure 3. Symptômes du Pourriture grise A et B : Sur les feuilles de tomate, Lésion nécrotique se développant à la périphérie du limbe d'une foliole de tomate (A), Détail des motifs concentriques brun foncé sont bien visible sur les tissus lésés, ainsi que quelques discrets conidiophores (B). C et D : Sur la tige, Altération débutante sur tige, marron foncé recouverte d'une moisissure gris foncé (C), Chance beige à marron clair, sec, au collet d'une jeune plante (D). E et F : Sur fruit, Anneaux jaunâtres à blanc diffus sur fruits murs (E), Pourriture molle, gris beige, très rapidement recouverte d'une moisissure grise sur un fruit vert (F). (Blancard, 2013)

II.1.1.3 Fusariose vasculaire

Cette fusariose vasculaire (*Fusarium wilt*) peut affecter les très jeunes plantes comme les plantes adultes. Sur les premières, elle occasionne un ralentissement de croissance, le flétrissement et le jaunissement des feuilles basses ; les tissus vasculaires sont fortement brunis. Bien souvent, les plantules finissent par se dessécher et mourir (Blancard, 2013).

❖ Agent pathogène

Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici* (FOL) est un agent pathogène tellurique mondialement répandu, causant un flétrissement parfois accompagné d'une importante perte de rendement de la tomate (Akkopru et Demir, 2005).

Cet agent Décrit pour la première fois en Europe à la fin du XIXe siècle, il est maintenant présent dans plusieurs dizaines de pays répartis sur tous les continents, où ses dégâts fluctuent en fonction de la race et de la variété cultivée (Blancard, 2013).

F. oxysporum f. sp. *lycopersici* préférant les températures plutôt élevées, il sévit durant les périodes chaudes de l'année, son optimum thermique se situe aux environs de 28°C. Il affectionne particulièrement les sols sableux et acides. La maladie est favorisée par la faible hygrométrie du sol, les jours courts, les faibles intensités lumineuses, des tissus végétaux carencés en azote, en phosphore et en calcium. Les fumures azotées excessives, surtout à base d'ammoniaque auraient les mêmes effets (Blancard, 2013).

❖ Symptômes et dégâts

Les symptômes de fusariose peuvent s'exprimer aussi bien sur plantules que sur plantes adultes.

En pépinière, les plantules affectées voient leur croissance réduite ; leurs vieilles feuilles peuvent jaunir, flétrir et plus ou moins s'incurver. Les jeunes plants peuvent flétrir totalement et mourir. Une coupe dans la tige révèle une teinte brune des vaisseaux assez marquée.

Les plantes adultes subissent des symptômes assez comparables à ceux décrits précédemment sur plantules. Ainsi, certaines vieilles feuilles présentent des jaunissements unilatéraux, c'est-à-dire affectant les folioles situées sur un côté des feuilles et un secteur du limbe, c'est une des caractéristiques des maladies vasculaires (**Figure 4. A,B**). Ces jaunissements des tissus foliaires sont souvent associés à des flétrissements plus ou moins importants ayant tendance à s'accroître aux moments les plus chauds de la journée. Des feuilles finissent par se dessécher totalement, mais ne tombent pas. Par la suite, ces symptômes

secondaires gagnent les autres folioles et se généralisent à terme à la plante, qui peut se dessécher totalement et mourir (**Figure 4. C**).

Des lésions longitudinales d'abord chlorotiques puis se nécrosant progressivement sont également visibles sur un côté de la tige (**Figure 4. D,E**). Elles peuvent s'étendre sur plusieurs dizaines de centimètres. Des racines adventives peuvent se former sur la tige.

Le système vasculaire est particulièrement affecté. Il prend une teinte brun sombre dans la **Figure 4. F**, ce qui différencie la fusariose de la verticilliose. La moelle n'est pas affectée, contrairement à la « moelle noire » ou, à un moindre degré, au « chancre bactérien », occasionnés respectivement par *Pseudomonas corrugata* et *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*.

Signalons que *F. oxysporum f. sp. lycopersici* serait également responsable de pourritures sur fruits (Blancard, 2013).

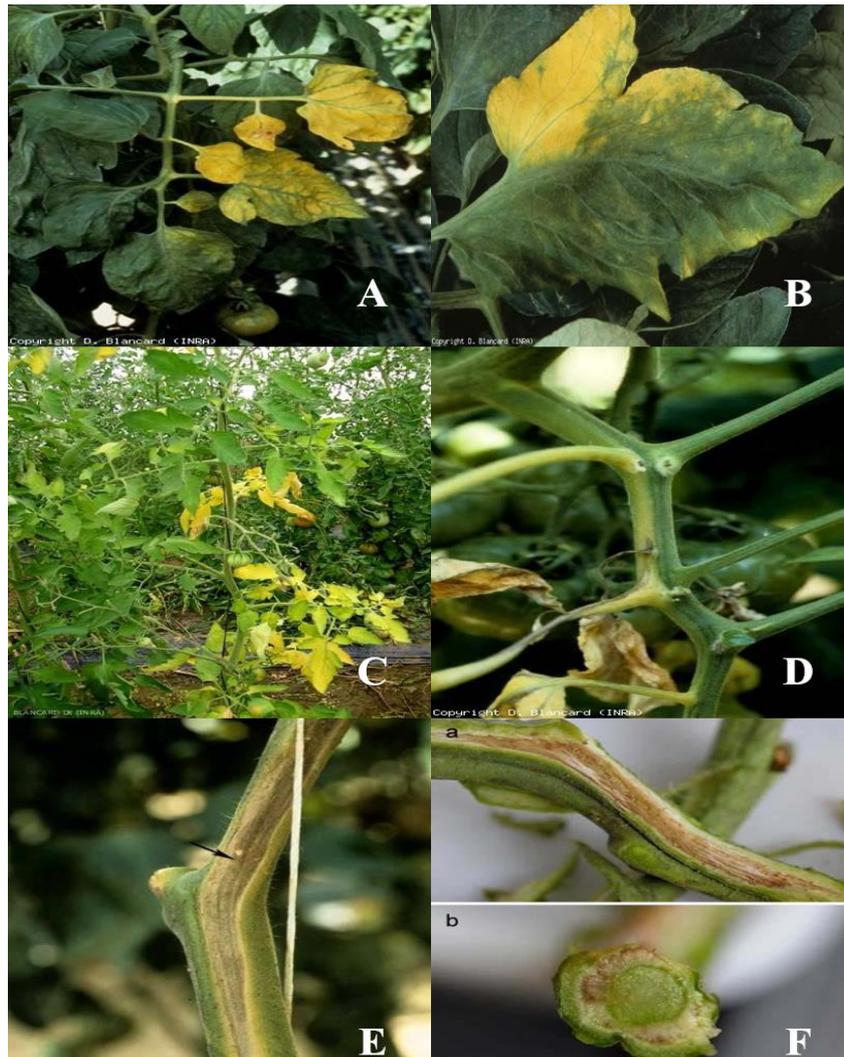


Figure 4. Symptômes du Fusariose vasculaire : A, B et C : Sur les feuilles, Le jaunissement gagne plusieurs folioles situées sur un même côté de la feuille. Notons que plusieurs nervures sont encore vertes (A), La chlorose est maintenant manifeste, et son caractère unilatéral est typique d'une maladie vasculaire (B), Les plantes atteintes par la fusariose vasculaire ont leurs feuilles basses qui jaunissent et flétrissent (C). D, E et F : Sur la tige, Le jaunissement gagne progressivement plusieurs pétioles situés sur un côté du rachis foliaire. (D), Les tissus corticaux sont bien nécrosés et ont pris une teinte brunâtre. Ils sont légèrement déprimés et confèrent à la lésion longitudinale de la tige une apparence plutôt chancreuse (E), Après avoir mis à nu les vaisseaux, nous constatons qu'ils ont pris une coloration brun sombre (a), également visible en coupe transversale (b). (F) (Blancard, 2013)

II.1.2 Pathogènes bactériennes

Les bactéries sont des microbes composés d'une cellule unique, qui ne possèdent pas de chlorophylle, et se multiplient par division cellulaire simple. Ces micro-organismes, transmis très facilement, sont dotés d'un très grand pouvoir de multiplication et sont souvent capables d'infecter de nombreuses espèces différentes de plantes. On dit qu'ils ont une « large gamme d'hôtes ». Les maladies de plantes causées par des bactéries sont malheureusement incurables (CPAR, 2017).

II.1.2.1 Moucheture

La moucheture bactérienne causée par la bactérie *Pseudomonas syringae* sur la tomate Les lésions dues à la moucheture bactérienne peuvent apparaître partout sur le feuillage, les tiges ou le fruit seuls, les fruits verts, et non les fruits rouges, sont vulnérables aux infections.

❖ Agent pathogène

Pseudomonas syringae pv. *tomato* est une bactérie Gram -, en forme de bâtonnet, maintenant présente dans toutes les zones de production de la tomate. Elle occasionne des dégâts importants lorsque les conditions climatiques sont froides et humides. Elle se manifeste surtout sur les cultures de plein champ, en particulier sur les variétés destinées à la conserverie, rendant les fruits impropres à la commercialisation et à leur transformation. On la retrouve aussi dans les abris non chauffés où les condensations d'eau sont importantes et les températures plutôt basses (Blancard, 2013).

Des températures relativement basses et la présence d'humidité sont des conditions très propices aux épidémies de *P. syringae* pv. *tomato*. Cette bactérie se développe à des températures comprises entre 13 et 28°C, la fourchette 18-24°C lui est particulièrement propice, et son activité est fortement réduite au-delà de 30°C. Les périodes de rosée ou de brouillard, les pluies ou les irrigations par aspersion laissent sur les plantes un film d'eau qui est très favorable aux contaminations (Blancard, 2013).

❖ Symptômes et dégâts

Les symptômes sur folioles de cette bactériose aérienne sont assez comparables à ceux décrits pour les *Xanthomonas* spp. :

Des petites taches graisseuses, sombres, prenant rapidement une teinte brune à noire, apparaissent au hasard sur les folioles, souvent les plus jeunes ou en bordure du limbe (**Figure 5. A**). Ces lésions sont circulaires ou légèrement angulaires et présentent un halo jaune

plus ou moins large et marqué (**Figure 5. B**). Elles peuvent s'étendre et confluer en présence d'humidité. Des feuilles fortement affectées peuvent jaunir et se dessécher entièrement.

Les pétioles, la tige (**Figure 5. C**) et les pédoncules. Elles sont fréquemment plus étendues et allongées que sur les folioles. Lorsqu'elles sont présentes sur les pédicelles floraux et les sépales, elles peuvent donner lieu à la chute de nombreuses fleurs (**Figure 5. D**).

Sur fruits permettent de différencier la moucheture de la gale bactérienne : *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* est à l'origine de petites ponctuations (<2mm) noires, essentiellement sur les fruits verts (**Figure 5. E,F**). Un halo humide, vert sombre, les entoure parfois. Ces mouchetures noires persistent sur les fruits matures rouges. Les infections graves peuvent entraîner une défoliation des plants (Blancard, 2013).

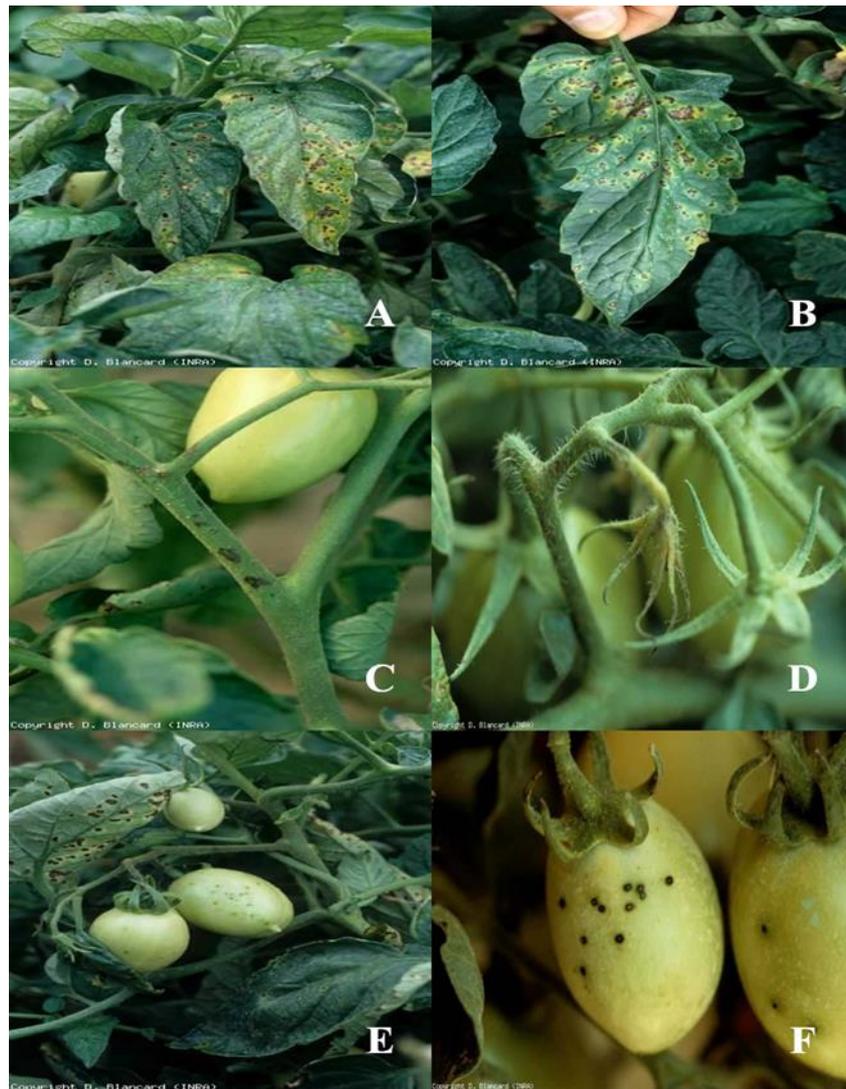


Figure 5. Symptômes de Moucheture : A et B : Sur les feuilles, Un halo jaune bien marqué ceinture des taches brunes, de taille limitée, visibles sur plusieurs folioles (A), Petites taches brunes, arrondies, aux contours irréguliers, présentant un halo jaune assez marqué (B). C et D: Sur la tige, Des lésions, brunes à noires, apparaissent sur les tiges et les pétioles (C), Taches brunes sur fleur et pédoncule floral de tomate la fleur ne va pas tarder à tomber. (D). E et F : Sur les fruits, Ces fruits révèlent des lésions punctiformes noires rappelant des chiures de mouche. (E), Plusieurs petites taches noires, comparables à des chiures de mouches, parsèment ces jeunes tomates vertes. (F). (Blancard, 2013)

II.1.2.2 Chancre bactérien

Le chancre bactérien est une maladie de la tomate importante sur le point économique qui sévit dans le monde entier (Shankara *et al.*, 2005). Il est causé par *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*. Le chancre bactérien, qui peut faire suite à une infection primaire (systémique) ou à une infection secondaire (foliaire), se manifeste par un éventail de symptômes (Blancard, 2013).

❖ Agent pathogène

Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis*, affectant essentiellement quelques solanacées, fut décrite pour la première fois en Amérique du Nord en 1909. Elle est à l'origine d'une bactériose vasculaire particulièrement redoutée des producteurs de nombreuses zones de productions de tous les continents. Facilement transmissible par les semences et les plants, elle sévit aussi bien en plein champ que sous abris. Dans ces derniers, les nombreuses manipulations de plantes contribuent à son extension et à l'accroissement de son incidence. Le nombre de plantes mortes est important et les rendements sont fortement réduits.

Cette bactériose est largement favorisée par les périodes climatiques humides. Si la plage de températures dans laquelle cette bactérie se développe est comprise entre 12,8 et 33,7°C, son optimum se situe entre 24 et 27°C, avec plus de 80 % d'humidité. La bactérie est particulièrement résistante à la sécheresse (Blancard, 2013).

❖ Symptômes et dégâts

Les infections primaires sont attribuables à des semences infectées ou à l'invasion par les bactéries des tissus vasculaires des plantules. Les symptômes, qui ne se manifestent plusieurs semaines après l'infection : le flétrissement des feuilles inférieures qui s'enroulent vers le bas (**Figure 6. A,B**). Les feuilles de tomate qui sont infectées ont des pourtours noirs caractéristiques, sans autres taches sur le limbe, si ce n'est, parfois, un liséré jaune étroit entre les pourtours nécrosés et les tissus sains.

Des coupes longitudinales dans la **Figure 6. C** ou transversales dans la **Figure 6. D**, effectuées à plusieurs niveaux de la tige, révèlent des symptômes plus ou moins marqués en fonction du stade d'évolution de la maladie. Ainsi, on peut constater :

- de discrets jaunissements et brunissements des vaisseaux, mais surtout des tissus contigus. Ces derniers ne présentent parfois qu'une teinte jaunâtre diffuse et quelques minuscules cavités plutôt malaisées à repérer.
- un brunissement marqué du xylème et des tissus contigus, le phloème et la moelle. Cette dernière peut dans certains cas brunir ou être sèche et farineuse (Blancard, 2013)

De rares et petites taches chancreuses, d'abord blanches puis prenant une teinte beige peuvent apparaître sur les folioles, leurs pétioles, les tiges (**Figure 6. E**).

Sur les fruits, les fruits momentanément mouillés (**Figure 6. F**). Elles matérialisent des contaminations aériennes locales de *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*. Les taches ont une

forme très caractéristique rappelant un « œil d'oiseau ». Elles sont blanches, en relief, de quelques millimètres de diamètre (3 à 4 mm), et présentent un centre brun sombre. Lorsqu'elles sont proches les unes des autres, elles peuvent s'amalgamer (Blancard, 2013).

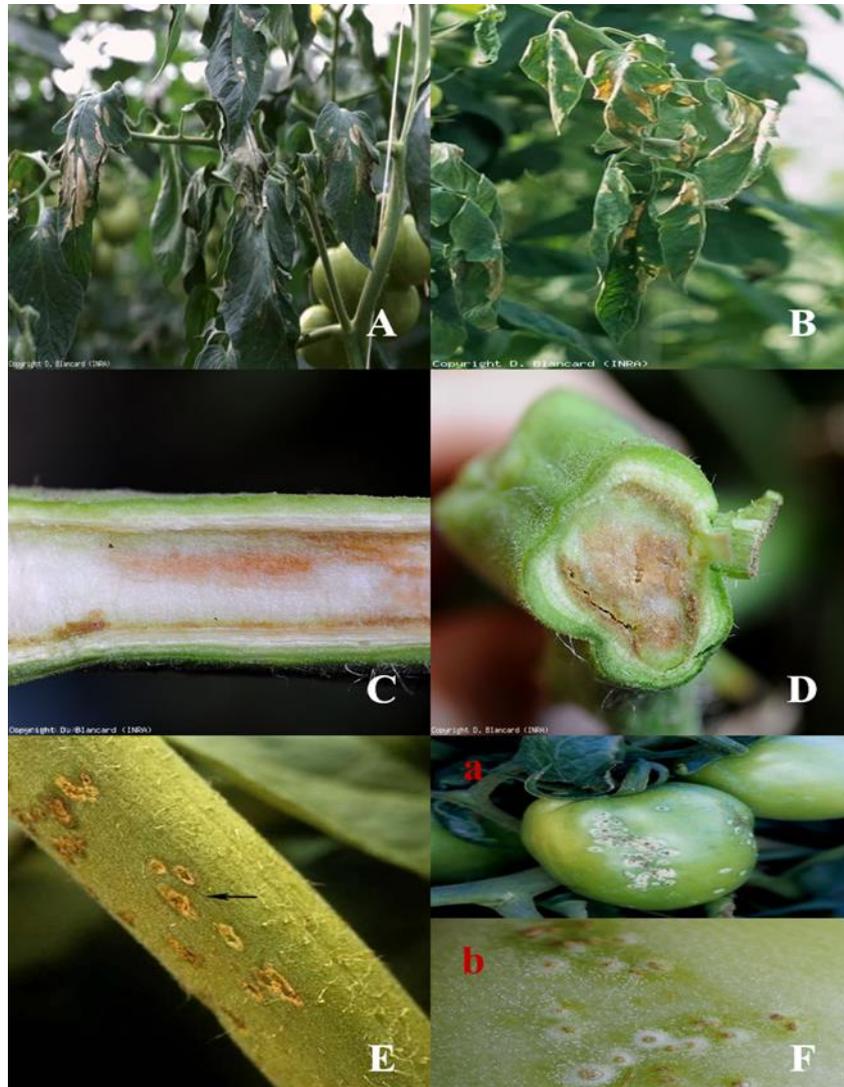


Figure 6. Symptômes du chancre bactérien : A et B : Sur les feuilles, Plusieurs plages internervaires livides sont en train de se développer sur ces folioles légèrement flétries. C, D et E : Sur la tige, Aspect des altérations internes de la tige liées au parasitisme de *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michigansensis* : (C : Coupe longitudinale), (D : Coupe transversale). Petites taches chancreuses marron foncé, blanches en début d'attaque. (E). F : Sur les fruits, Petites taches blanches, brunes au centre (ayant l'aspect d'un œil d'oiseau) (a), Petites taches blanches à beiges sur fruit vert (2-3 mm de diamètre), celles-ci sont nécrosées et brunes au centre, ayant ainsi l'aspect d'un œil d'oiseau. (b). (Blancard, 2013)

II.1.3 Pathogènes viraux

Ils sont constitués d'une molécule génétique enfermée dans une enveloppe protéique et vivent aux dépens de cellules vivantes de plantes hôtes. Les modes de transmission de ces particules infectieuses peuvent varier (par contact via des mains ou vêtements contaminés, par

insectes, via l'eau d'irrigation, par nématodes, ...). Un cas bien connu de virus transmis par contact est celui du virus de la mosaïque du tabac. Ce virus peut se préserver dans le tabac pour cigarettes et reste, dans une certaine mesure, transmissible à différentes cultures de solanacées, dont les tomates. Il est donc vivement recommandé aux fumeurs de se laver les mains après avoir roulé le tabac avant de jardiner au potager ou en serre (CPAR, 2017).

II.1.3.1 Mosaïque du tabac

❖ Agent pathogène

Le virus de la mosaïque du tabac (*Tobacco mosaic virus*, TMV) est responsable de la mosaïque du tabac, première maladie à virus observée et rapportée. Il est présent dans toutes les zones de production où sont cultivées des variétés sensibles de tabac, se manifeste sur tomate dans de nombreux pays.

Le virus de la mosaïque du tabac (*Tobacco mosaic virus*, TMV) est un virus particulièrement infectieux et persistant. Contrairement à la quasi-totalité des virus, sa grande stabilité lui permet de se conserver dans le sol et les substrats parfois plusieurs années, notamment sur les débris de feuilles et de racines, ainsi que dans l'environnement des pépinières infectées.

Le TMV se pérennise plus longtemps dans les sols humides que dans les terres sèches. Il peut survivre plusieurs mois sur les vêtements, les outils et les infrastructures des serres et abris. Les premières contaminations ont couramment lieu en pépinière, par exemple à partir du sol ou d'outils contaminés. Elles s'effectuent aussi en plein champ, lors de contacts racinaires entre les racines colonisatrices des plantes mises en place et celles subsistant d'une précédente culture de tomate ou d'un autre hôte sensible. L'eau est parfois également à l'origine des contaminations (Blancard, 2013).

❖ Symptômes et dégâts

Les symptômes occasionnés par le virus de la mosaïque du tabac (*Tobacco mosaic virus*, TMV) varient en fonction des souches.

On peut observer sur les folioles et les feuilles de légères marbrures, une mosaïque verte à jaune (**Figure 7. A,B**). En conditions hivernales, des déformations foliaires se produisent. La largeur des folioles se réduit fortement, on parlera dans ce cas de « filiforme » (**Figure 7. C**).

Parfois, les sépales et les pétales sont ondulés et le nombre de sacs polliniques est diminué.

Les fruits infectés peuvent être normaux ou révéler divers symptômes : marbrure plus ou moins nécrotiques (**Figure 7. D,E**), Internal browning (**Figure 7. F**) (Blancard, 2013).



Figure 7. Symptômes du Mosaïque du tabac : A, B et C : Sur les feuilles, Cette feuille révèle une mosaïque à tendance chlorotique. (A), Mosaïque très marquée en plages jaunes vif sur folioles. (B), Folioles filiformes, légèrement enroulées. (C). D, E et F : Sur les fruits, Fruits à maturité marbrés de plages vertes et diffuses. (D), Nombreuses nécroses brunes irrégulières légèrement bosselées. (E), Tissus sous épidermiques et vaisseaux bruns et liégeux (Internal browning). (F). (Blancard, 2013)

III. Traitements phytosanitaires

La lutte contre les maladies des plantes est basée sur différentes méthodes. La plupart de ces méthodes est orientée pour protéger les plantes saines des maladies plutôt que de guérir les plantes malades. Les méthodes de lutte appliquées en agriculture varient considérablement d'une maladie à une autres en fonction du pathogène, de la plante hôte et de leur interaction

chacun avec l'autre et avec l'environnement. Le but final de toutes les méthodes utilisées est de combattre les maladies des plantes et alors d'accroître la quantité et améliorer la quantité de la production agricole (Nasraoui, 2006).

Ces traitements phytosanitaires doivent être appliqués d'une manière préventive, et ce afin d'éviter l'attaque de tout agent pathogène. Au moins une fois par semaine, il faut surveiller la culture avec des fongicides et des insecticides. Cela permet d'éviter le développement des maladies et les dégâts des ravageurs. Il ne faut pas oublier que les pesticides ont généralement une action spécifique. C'est-à-dire que les insecticides ne tuent que les insectes, ils ne font rien contre les acariens, les maladies ou les nématodes. Les fongicides ne tuent que les moisissures et certaines bactéries.

On peut lutter contre les ravageurs et les maladies en employant des pesticides synthétiques chimiques ou des pesticides naturels ainsi que par le biais de la lutte biologique (Shankara *et al.*, 2005).

III.1 Pesticides synthétiques chimiques

Les pesticides synthétiques chimiques ont été conçus par des chercheurs de sociétés chimiques et ne sont vendus que par les sociétés en question. Ces produits chimiques peuvent être toxiques (parfois même très toxiques) pour les hommes et pour les animaux. Ils sont très efficaces pour lutter contre les ravageurs et les maladies, mais ils tuent également les prédateurs naturels des ravageurs, provoquant des résurgences importantes de certains ravageurs s'ils ne sont pas appliqués au bon moment, de la bonne façon et à un dosage adéquat par hectare (Shankara *et al.*, 2005).

III.2 Pesticides synthétiques naturels

Les pesticides naturels sont des produits comme le pyrèthre et le derris (= la roténone). On les appelle « naturels » parce qu'on les trouve dans la nature. Ces insecticides sont connus et ont été utilisés depuis les temps anciens. Leur application a des effets rapides. Les chercheurs de chimie ont amélioré leur efficacité en améliorant les formulations. Ils peuvent être aussi toxiques pour les ennemis naturels des ravageurs de culture que les pesticides synthétiques chimiques. D'autres pesticides naturels ont une action lente, comme par exemple « l'extrait de neem ». Son effet est plutôt répressif que lutteur contre les ravageurs. Actuellement sa formulation et son effet ont également été améliorés par les sociétés chimiques. Mais les agriculteurs/trices eux-mêmes peuvent préparer une formulation simple, puisque l'arbre neem est un arbre commun dans les régions tropicales (Shankara *et al.*, 2005).

III.3 Lutte biologique

Le fait de lutter contre un insecte ravageur par le biais de ses ennemis naturels est appelé « lutte biologique ». Les ennemis naturels peuvent être des oiseaux, des araignées, d'autres insectes et même des moisissures et des bactéries. Lorsque la culture se fait sous serre, il est possible de n'utiliser presque que les méthodes biologiques pour combattre ces ennemis naturels.

Des recherches se sont orientées vers des méthodes alternatives de lutte biologique notamment vers l'usage des métabolites secondaires des plantes tel que les huiles essentielles, et les extraits qui auraient des propriétés antifongiques et antibactériennes.

Ce partie analyse plusieurs articles précédents sur différents agents anti-phytopathogènes de base végétale issu de la famille d'Astéracée contre les pathogène de tomate et les composés bioactif responsable de leur efficacité.

Kolai *et al.* (2012) Ont été étudié dans ce travail le pouvoir antifongique de l'huile essentielle de parties aériennes de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) extraite par hydrodistillation.

Cette aptitude a été recherché in vitro, sur un milieu solide gélosé vis-à-vis de deux souches ; la 1^{er} isolée de la variété Marmande et la 2^{ème} de la variété Agora. L'huile à différentes concentrations (0,1%, 0,5%, 1%, 2%, 3% et 5%) ont été ajoutées au milieu PDA (40 °C) puis versées dans des boîtes pétri. Chacune d'elle est inoculée à l'aide d'un explant mycélien de 5 mm de diamètre environ, provenant d'une culture de champignon âgée d'une semaine. Pour chacune des concentrations de l'huile ainsi que pour le témoin, trois répétitions sont effectuées. Les boîtes sont ensuite incubées à 25 ° C à l'obscurité pendant 07 jours.

L'efficacité de chaque concentration étudiée, est évaluée par le calcul du pourcentage d'inhibition de la croissance du champignon testé, selon la relation de LEROUX et CREDIT.

Avec un rendement de 1% ; l'huile essentielle de l'armoise a montré une efficacité remarquable sur les deux souches avec une concentration minimale inhibitrice (CMI) = 2%.

Ont constaté que l'huile essentielle de *Artemisia herba albas* est avérée un agent antifongique efficace contre FORL (F₁et F₂) à une dose de 200µl/ml.

Il ressort que l'armoise pourrait être valorisée d'avantage particulièrement dans la lutte contre de nombreuses espèces fongique responsables des différentes formes phytopathogènes.

L'efficacité *in vitro* pourrait être expliquée par la richesse de cette plante spontanée en composés aromatique.

Habouche et Ghernouth (2015) Ont été testé 'activité antifongique des extraits éthanolique de trois plantes médicinales (*Rosmarinus officinalis*, *Peganum harmala* et *Artemisia herb-alba*) sur l'Alternariose de la tomate (*Alternaria solani*), qui seront utilisées comme des biofongicides.

En effet, les tests réalisés *in vitro* sur *Rosmarinus officinalis*, *Artemisia herba-alba*, *Peganum harmala* à trois doses 0,5 %, 1 % et 1,5 %, ont montré que les trois extraits ont présenté des pourcentages d'inhibition de la maladie supérieure à 50 %.

Les extraits de *P. harmala* et le *R. officinalis* ont inhibés la croissance radiale des deux champignons testés d'une façon importante, comparativement à *A. herba alba*. Ces trois extraits ont manifesté un bon effet antifongique à l'échelle du laboratoire. Par ailleurs, ces résultats qui restent préliminaires, devront être confirmés et approfondies par des essais en plein champ et par des études de fractionnement ciblant l'indentification et le profilage des substances responsables de l'activité anti-Alternariose.

Etienne *et al.* (2019) Ont été évalué le potentiel antifongique des extraits aqueux et éthanolique 70% des feuilles d'*Erigeron Floribundus* sur *Sclerotium rolfsii* et *Colletotrichum musae* deux champignons phytopathogènes de la tomate économiquement importants.

Une enquête ethnobotanique a été conduite dans la Région du Hambol (Nord de la Côte d'Ivoire) à l'issue de laquelle *E. floribundus* a été sélectionnée. Cette plante passe pour être la plus utilisée dans le traitement des maladies microbiennes. Le criblage phytochimique réalisé sur cette plante a mis en évidence la présence de divers métabolites secondaires dans les extraits évalués. Dans l'extrait éthanolique 70 %, il a été noté la présence de saponines, de flavonoïdes, de glycosides, d'alcaloïdes, de tanins et de phénols. Dans l'extrait aqueux, les tests réalisés ont révélé la présence de tanins, de quinones et de saponosides.

L'activité antifongique a été évaluée par la méthode de double dilution sur milieu PDA avec des extraits aqueux et éthanoliques 70 % des feuilles d'*E. floribundus*. Selon les résultats, seuls des extraits éthanoliques 70 % possèdent à la fois des propriétés fongicides sur *Sclerotium rolfsii* (CMI = 6,25 mg/ml et CMF = 12,5 mg/ml) et *Colletotrichum musae*. (CMI =50 mg/ml et CMF = 200 mg/ml). *Sclerotium rolfsii* a été plus sensible que *Colletotrichum musae*.

La présence des différents métabolites secondaires pourraient justifier l'activité antifongique et l'utilisation traditionnelle de la plante.

Chapitre 2 : Agent anti-
phytopathogène : Plantes
médicinales
"Genre Varthemia"

I. Généralité

I.1 Plantes médicinales

Les plantes médicinales constituent des ressources précieuses pour la majorité des populations rurales et urbaines en Afrique, produisant des substances actives biochimiques (phytochimique) : alcaloïdes, huiles essentielles, flavonoïdes, tanins... et les mettent à la disposition de l'homme qui peut en faire usage pour sa santé et satisfaire ses besoins vitaux. Malgré les progrès de la pharmacologie, l'usage thérapeutique des plantes médicinales est très présent dans certains pays du monde et surtout les pays en voie de développement qui en dépendent pour assurer leurs soins de santé primaires et leurs subsistances Source spécifiée non valide.. L'une des familles de plantes souvent conseillées est la famille des Astéracées (**Asteraceae**)

Les substances phytochimiques sont des composés naturels bioactifs qui agissent comme des agents protecteurs contre le stress chez les plantes. Ces composés phytochimiques pourraient également présenter d'autres activités biologiques telles que l'activité antibactérienne, fongique et virales (Cheurfa et Allem, 2017).

Avec une superficie de 2 381741 km², l'Algérie est le plus grand pays riverain de la Méditerranée. Il est reconnu par sa diversité variétale en plantes médicinales et aromatiques, ainsi que leurs diverses utilisations populaires dans l'ensemble des terroirs du pays. L'Algérie possède une des flores les plus diversifiées et les plus originales du bassin méditerranéen. Cette flore compte 3 139 espèces répartis dans près de 150 familles parmi lesquelles 653 espèces sont endémiques, soit un taux d'endémisme d'environ 12,6 % (Tani *et al.*, 2010).

I.2 Famille des Astéracées

La famille des Astéracées (**Asteraceae**) est l'une des plus vastes familles du monde végétal avec plus de 23 000 espèces et c'est également l'une des plus évoluées. Cette famille est répandue dans le monde entier, avec une prédominance dans les régions tempérées. Les Astéracées ont une grande diversité de genres et d'espèces. En effet, cette famille comporte des plantes ayant différents intérêts. Certaines sont utilisées pour leurs propriétés médicinales.

La famille des Astéracées aussi appelée « famille de l'Aster » ou « Composées », a pour nom scientifique Asteraceae ou encore Compositae. C'est la plus large famille de

Spermatophytes mais également l'une des plus évoluées. Elle contient 1 530 genres et plus de 23 000 espèces (Labrousse, 2018).

II. Genre du *Varthemia*

II.1 Description botanique

Les espèces appartenant au genre *Chiliadenus* Cass. Sont réparties dans la méditerranée occidentale. Les plantes sont herbacées, vivaces, à feuilles alternées, sessiles, ovales à lancéolées, glandulaires et poilus. Les capitules sont homogame, discoïde, solitaire et en grappe (Anderbeng, 1990).

En particulier le genre *Chiliadenus* se distingue du genre ***Varthemia***, d'ailleurs pour les Pappus-poils en deux rangs, pour avoir l'involucre ; bractées extérieures et intermédiaires partiellement ou complètement herbacées et l'intérieur complètement effrayant et poilu aux marges et ciliés à l'apex, pour les akènes poilu-glanduleux. Dans l'ensemble, il peut être observé que le genre *Chiliadenus* du point de vue syntaxonomique a des affinités remarquables, en dehors de celles avec le genre *Jasonia*, également avec les genres *Allagopappus* et *Vieraea*, d'une part, et avec le genre *Varthemia*, d'autre part (Brullo, 1979).

Les deux premiers genres, qui sont endémiques de Macaronésie, sont à considérer comme Vicariale occidentale, tandis que le genre *Varthemia* représente le vicariant oriental, ayant une distribution irano-touranienne.

En ce qui concerne l'écologie, il faut dire que toutes les espèces du genre *Chiliadenus* sont localisées dans des milieux rocheux et possèdent un chamephytique proche de l'espèce de *Varthemia* et de certaines espèces d'*Inula* (Brullo, 1979).

Varthemia (*Varthemia iphionoides*) une plante qui appartient à la famille des Compositae (Asteraceae), est décrit dans la liste des plantes vasculaires (**Figure 8**). C'est l'espèce la plus largement distribuée principalement dans les endroits rocheux et les terres semi-arides.

V. iphionoides est une plante herbacée vivace touffue, de 30 à 80 cm de long avec de nombreuses tiges ramifiées aromatiques et collantes (Afifi *et al.*, 1991).

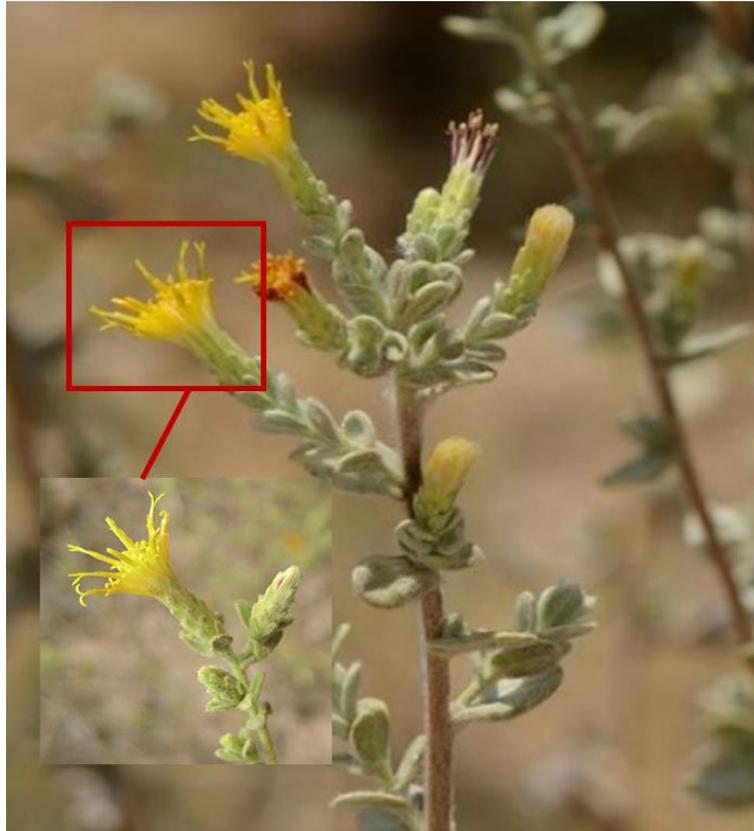


Figure 8. L'espèce de *Varthemia iphionoides* (Gorelick *et al.*, 2011)

Selon Kadereit et Jeffrey (2006), la *Varthemia* DC (*V. persica* DC.) est une plante Sous-arbustes dans la **Figure 9. A** avec :

- Des tiges nombreuses, non ailées, sans canaux de résine (**Figure 9. B**).
- Des petites feuilles alternes (15mm), lancéolées à étroitement oblongues, à poils clairsemés (**Figure 9. C**).
- Un capitule discoïde homogame, en grappes subcorymbiformes ; Réceptif épalâtes, lisse. (**Figure 9. D**).
- Involucre campanulé ou ovoïde. Bractées sur plusieurs rangs, imbriquées, scarieuses. cyathiform
- Les fleurons parfaits, hermaphrodites
- Jaune corolle ; épiderme avec des pleurs cellulaires droites, sans needle-like crystals, corolle-lobes courts, lisses.

- Anthères sagittées, à queues ramifiées ; endothéciales tissu radial ; cellules du collier filamenteuse plus longues que larges.
- Épines de pollen avec une cavité.
- Style avec des poils aigus, n'atteignant pas la furcation, sans star-shaped crystals.
- Cypselas plus courts que la corolle, ellipsoïdes, poilus ; épiderme avec cristaux allongés.
- Pappus ou aigrette, poils capillaires dans une rangée.
- Chromosome nombre : $2n = 16$

Ce genre monotypique est très similaire à certaines espèces de *Pentanema* Cass., Bien que plus divaricaté et à capitules homogames et discoïdes.

La *Varthemia* pourrait se révéler avoir son plus proche parent au sein de *Pentanema* (Anderbeng, 1990).

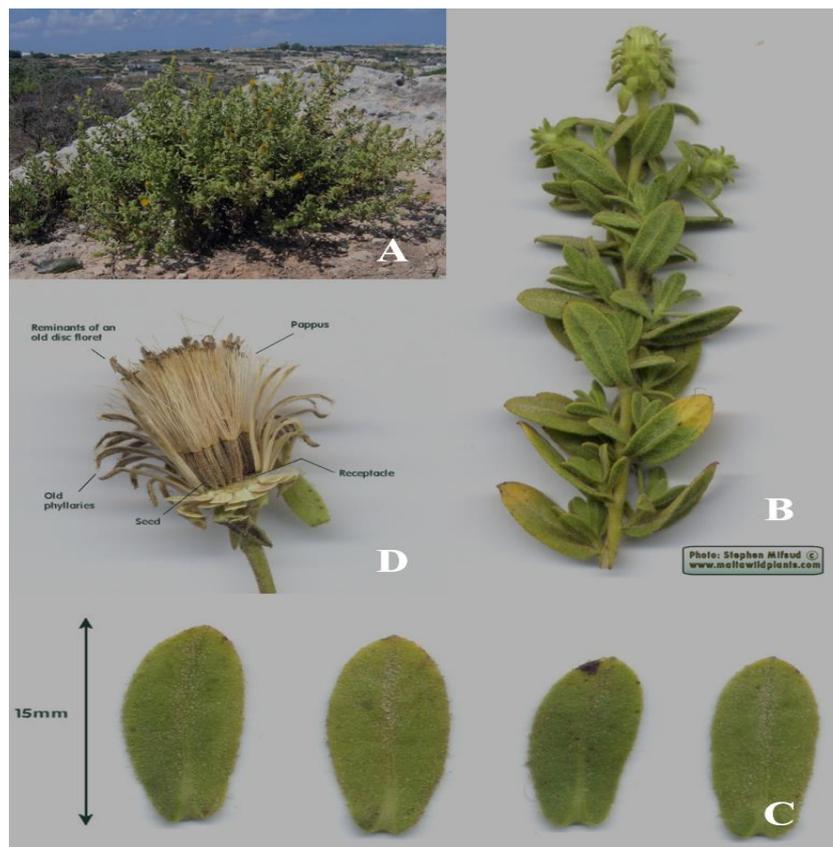


Figure 9. Les différents organes de l'espèce de *Chiliadenus bocconei* (Mifsud, 2005)

II.2 Taxonomie

La taxonomie doit s'efforcer d'être une source de généralisations utiles et, à ce titre, de fournir un tremplin pour de futures recherches. Les "bonnes" classifications, en fait, sont celles qui se révèlent avoir valeur prédictive. Ils ne seront vraisemblablement pas atteints si les taxonomistes ne tentent pas de tenir compte de toutes les observations comparatives disponibles.

II.2.1 Sous-famille d'Astéroïdées

Les Astéroïdées, font partie de la classification de K. Bremer (1994) ; ils représentent la plus grande sous-famille d'Astéracées avec 1 210 genres et environ 17 000 espèces. Ils sont distribués sur tous les continents sauf sur le continent Antarctique. Cette sous-famille est composée de 11 tribus dont la tribu des *Inuleae* (Labrousse, 2018).

II.2.2 Tribu *Inuleae*

La tribu *Inuleae* Cass. Comprenant quelque 200 genres et 2000 espèces, à une distribution mondiale. La tribu a été distinguée des autres tribus par la présence d'une combinaison de caudés ou sagittés bases d'anthères-avec des styles de *Znula*, *Senecio* ou *Vernonia* types, et présence de fleurons femelles rayonnés ou filiformes (Anderbeng, 1989).

II.2.3 Classification du genre *Varthemia*

Selon Augustin Pyrame de Candolle (Wikipedia, 2019) :

- Règne : Plantae
- Sous-règne : Tracheobionta
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Sous-classe : Asteridae
- Ordre : Asterales
- Famille : Astéracées
- Sous-famille : Asteroideae
- Tribu : *Inuleae*
- Genre : *Varthemia*

II.2.4 Différentes espèces

Revenant à Boissier, nous voyons que dans le genre *Varthemia*, il comprend également *V. candicans*, *V. iphionoides* et *V. montana* avec *V. persica*. Ces trois espèces, ainsi que *V. sericea*, révèlent toutes, après un examen attentif, les caractères particuliers du genre *Chiliadenus*, y compris le Pappus à deux rangées de poils et les akènes poilus-glandules.

D'après Brullo (1979) on connaît plusieurs espèces du *Varthemia* :

- *Varthemia sericea* (Batt. & Trabut) Diels
- *Varthemia candicans* (Del.) Boiss.
- *Varthemia hesperia* (Maire & Wilczek)
- *Varthemia iphionoides* Boiss. & Blanche
- *Varthemia montana* (Vahl) Boiss.
- *Varthemia conyzoides* (DC.) Boiss.
- *Varthemia debeauxii* Gand.
- *Varthemia arabica* Boiss
- *Varthemia lopadusanus* Brullo
- *Varthemia rupestris* (Pomel) Brullo
- *Varthemia bocconeii* Brullo
- *Varthemia antiatlanticus* (Emb. & Maire) Gómiz

II.3 Distribution géographique

Les Astéracées (*Asteraceae*) est une famille cosmopolite avec une diversification plus importante au niveau des régions sèches, comme par exemple, dans le bassin méditerranéen, le sud de l'Afrique, le Mexique et l'Amérique du Sud ainsi qu'au sud-ouest des Etats-Unis. En France (Labrousse, 2018) (**Tableau 4**).

Tableau 4: La répartition géographique de certaines espèces du *Varthemia* (Hassler, 2018)

LES ESPECES	REPARTITION GEOGRAPHIQUE	SYNONYMES
<i>Varthemia sericea</i> (Batt. & Trabut) Diels	Algérie, S-Algérie (Endémique TassiliN'Ajjer) (Hammiche et Maiza, 2006) ; Libye, Egypte	<i>Chiliadenus sericeus</i> (BATT. & TRABUT) Brullo <i>Jasonia sericea</i> BATT. & TRABUT, Bull. Soc. Bot.
<i>Varthemia candicans</i> (Del.) Boiss.	Libye, Jordanie, Egypte, United Arabe Emiratie	<i>Chiliadenus candicans</i> (Del.) Brullo <i>Chrysocoma candicans</i> Del. <i>Jasonia candicans</i> (Del.) Botsch. <i>Linosyris candicans</i> (Del.) DC. (Zareh, 2005)
<i>Varthemia hesperia</i> (Maire & Wilczek)	Maroc	<i>Jasonia hesperia</i> Maire & Wilczek
<i>Varthemia iphionoides</i> Boiss. & Blanche	Arabie Saoudite, Israël, Jordanie, Liban	<i>Chiliadenus iphionoides</i> (Boiss. & Blanche) Brullo <i>Iphiona iphionoides</i> (Boiss. & Blanche) Benth. & Hook. fil. <i>Jasonia iphionoides</i> (Boiss. & Blanche) Botsch.
<i>Varthemia montana</i> (Vahl) Boiss. <i>Varthemia conyzoides</i> (DC.) Boiss.	Egypte, Israël, Jordanie Arabie Saoudite, Pakistan, Quetta	<i>Chiliadenus montanus</i> (Vahl) Brullo <i>Jasonia montana</i> (Vahl) Botsch. <i>Inula conyzoides</i> DC. <i>Linosyris montana</i> (Vahl) DC. <i>Chrysocoma montana</i> Vahl (Fayed et Mohamed, 1991).
<i>Varthemia arabica</i> Boiss	Arabie Saoudite	<i>Pluchea arabica</i> (Boiss.) Qaiser & Lack
<i>Varthemia lopadusanus</i> Brullo	Lampedusa Isl	<i>Jasonia lopadusana</i> (Brullo M. Pardo & R. Morales) <i>Chiliadenus lopadusanus</i> S. Brullo
<i>Varthemia rupestris</i> (Pomel) Brullo	Maroc, Algérie, Libye	<i>Jasonia rupestris</i> Pomel <i>Chiliadenus rupestris</i> (Pomel) S. Brullo

<i>Varthemia bocconei</i> Brullo	Malta	<i>Jasonia bocconei</i> (Brullo) M. Pardo & R. Morales <i>Chiliadenus bocconei</i> S. Brullo
<i>Varthemia antiatlanticus</i> (Emb. & Maire) Gómiz	sud-ouest Maroc	<i>Jasonia antiatlantica</i> (Emb. & Maire) F. Gomez <i>Jasonia glutinosa</i> var. <i>antiatlantica</i> (Emb. & Maire) <i>Chiliadenus antiatlanticus</i> (Emb. & Maire) F. Gomez

II.4 Compositions phytochimiques

Les métabolites secondaires sont des molécules plus complexes qui diffèrent selon les espèces et sont présentes en plus faible quantité. Elles ont un rôle notamment de protection contre les insectes, les prédateurs et les pathogènes. Les principales classes de métabolites secondaires sont les terpènes, les composés phénoliques, les saponosides, les hétérosides cardiotoniques et cyanogènes, les glucosinolates et les alcaloïdes (Labrousse, 2018).

L'étude de Hegazy *et al.* (2014) ont établi la présence de monoterpènes, sesquiterpènes, diterpènes, triterpènes, stérols et flavonoïdes dans l'espèce de *Chiliadenus montanus* (Vahl.) Brullo [= *Jasonia montana*, *Varthemia montana* (Vahl.) Boiss.].

D'après Tamir *et al.* (2011) une seule étude décrivant la teneur en huiles essentielles et la composition de *C. iphionoides*, dans des plantes de la vallée du Jourdain, en Jordanie, a été publiée. L'huile essentielle contenait du bornéol comme constituant principal, ainsi que du 1,8-cinéole, de l' α -terpinol, du camphre, du formiate de bornyle, du terpinène-4-ol et de l'acétate de bornyle.

Dehimat *et al.* (2021) ont indiqués que différents types de composés bioactifs ont été détectés d'extraits de feuilles de *V. sericea* par le criblage phytochimique tel que alcaloïdes, stéroïdes, quinones, coumarines, tanins, anthocyane, saponines, terpénoïdes, anthraquinones, cardiaque glycosodiques, phénoliques, flavonoïdes.

II.5 Utilisations traditionnelles et pharmaceutiques

II.5.1 Utilisations traditionnelles

L'utilisation des feuilles de *Varthemia sericea* (B and T) Diels (infusion) Pour l'usage interne comme le traitement des troubles de la digestion « maux d'estomac », aussi pour réduire la fièvre, les maux de tête (Hammiche et Maiza, 2006).

Encore Hegazy *et al.* (2014) ont indiqués que l'espèce de *Chiliadenus montana* est utilisée comme une tisane pour le traitement des troubles rénaux.

Jasonia glutinosa est une espèce très importante en médecine traditionnelle. En espagnol, le terme thé fait référence à toute infusion d'une plante concernant les effets digestifs. Les tiges fleuries de la plante doivent être récoltées entre août et septembre et le thé est préparé pour traiter les maux d'estomac, la diarrhée. Des études ethnobotaniques ont révélé que cette plante n'est pas seulement utilisée là où les plantes poussent mais qu'elle peut également être trouvée dans les restaurants, les pharmacies et les magasins de plantes médicinales (Valero *et al.*, 2013).

L'activité thérapeutique de *C. iphionoides* et son huile essentielle unique en font une plante prometteuse pour le développement pharmacologique. Des tentatives ont été faites pour cultiver *C. iphionoides* avec un succès modéré et pour incorporer son huile essentielle dans des produits médicinaux et cosmétiques (Tamir *et al.*, 2011).

II.5.2 Utilisations pharmaceutiques

L'extrait éthanolique de *Jasonia montana* (*Chiliadenus montana*) a une puissante activité anticholestatique contre la cholestase hépatique induite par l'éthinyle-stradiol. En plus de son action hépato-protectrice, antioxydant et anti-radicalaire (Husseina et Abdel-Gawad, 2010). Hegazy *et al.* (2014) ont démontrés que certains composants chimiques de *J. montana* présentent des propriétés antidiabétiques, antimicrobiennes, anti-obésité, activités antiathérogènes.

Gorelick *et al.* (2011) ont constatés que l'extrait de *Chiliadenus iphionoides* présente une activité antidiabétique considérable ; a augmenté la sécrétion d'insuline dans les cellules β ainsi que l'absorption du glucose dans les adipocytes et les myotubes squelettiques. L'extrait a également montré une activité hypoglycémique chez le rat de sable diabétique.

Etant donné que de nombreux constituants d'huiles essentielles de *C. iphionoides*. ont des propriétés biologiques bénéfiques, tel que l'Intermedeol, qui n'a été trouvé que dans quelques populations, a une activité de répulsion des insectes contre les moustiques, les tiques et les

fourmis ainsi qu'un potentiel thérapeutique pour le traitement de la leucémie humaine (Tamir *et al.*, 2011). Les flavonoïdes isolés de cette plante (*Varthemia iphionoides*) ont présenté une activité antifongique, un effet antispasmodique sur les muscles lisses des lapins et une activité antiplaquettaire sur le sang humain (Afifi et Aburjai, 2004).

II.6 Toxicité

Certaines substances naturelles peuvent présenter des effets néfastes pour l'homme au même titre que certaines substances de synthèse.

Toutes les études actuelles montrent que le genre du *Varthemia* a des utilisations thérapeutiques, mais on n'a trouvé aucune étude indiquant que ce genre a une toxicité. Sauf Abu-Romman *et al.* (2015) ont été observés que *V. iphionoides* est devenu une mauvaise herbe nuisible dans les grandes cultures en Jordanie et des zones d'inhibition autour de cette plante dans les champs ont été remarquées.

Partie Expérimentale

Chapitre 3 : Matériel et ***méthodes***

I. Matériel biologique

I.1 Matériel végétal

Les plantes utilisées sont issues de genre du *Varthemia*. Ils ont été récoltés de différentes régions et de différentes parties.

Afifi *et al.* (1991) ont utilisés la plante complète de *V. iphionoides* (les parties aériennes et souterraines) ont été collectées Réserve de Daba'a du désert oriental, à 5 km au sud d'Amman, Jordanie en octobre 1986. Le matériel végétal a été collecté et identifié par le Dr D. Al-Esawi, Département de Sciences biologiques, Faculté des sciences, Université de Jordan.

Mais ont été récoltées seulement les parties aériennes de *Varthemia iphionoides* dans la région de Naour à l'est d'Amman, Jordanie en septembre 2002 et 2003 (Al-Dabbas *et al.*, 2005 ; Al-Dabbas *et al.*, 2006).

Par contre, Haddad *et al.* (2016) ont été récoltées les feuilles de *V. iphionoides* au stade de la floraison en avril 2014 sur une population sauvage trouvée dans le gouvernorat d'Al-Salt.

I.2 Microorganismes

Afifi *et al.* (1991) ont évalués l'activité antimicrobienne contre sept espèces microbiennes. Les bactéries comprenant *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 ; *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 ; *Escherichia coli* (isolat clinique) ; *Bacillus cereus*. Les champignons comprenant : *Candida tropicalis*, *Aspergillus parasiticus* et *Fusarium solani*. Tous les microorganismes provenaient de la culture de base du Département des sciences biologiques de l'Université de Jordanie à Amman.

Les souches de bactéries suivantes ont été obtenues auprès de l'Institute for Fermentation, Osaka (Osaka, Japon), et utilisées dans le dosage de l'activité antibactérienne. Gram+ : *Bacillus subtilis* (IFO-13719), *Micrococcus luteus* (IFO-12708), *Staphylococcus aureus* (IFO-14462) et *Bacillus cereus* (13597). Gram- : *Escherichia coli* (IFO-3301) et *Salmonella enteritides* (IFO-3313) (Al-Dabbas *et al.*, 2005 ; Al-Dabbas *et al.*, 2006).

Haddad *et al.* (2016) a été testé l'activité antimicrobienne contre 19 microorganismes. Six espèces bactériens (*Salmonella typhimurium* ATCC 19430, *Escherichia coli* O157:H7 ATCC43895, Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* ATCC 95047, *Proteus vulgaris* ATCC 13315, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883, et *Klebsiella oxytoca* ATCC 13182) ont été cultivées pendant une nuit à 37 ° C dans un bouillon nutritif. Treize espèces fongiques

(*Curvularia lunata*, *Rhizobius stolinifer*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus brasiliensis*, *Aspergillus alliaceus*, *Fusarium lini*, *Beauveria bassiana*, *Cephalosporum aphidicola*, *Cunninghamella elegans*, *Macrophomina phaseolina*, *Cunninghamella echinulata*, et *Gibberella fujikuroi*) ont été cultivées pendant une nuit à 30 ° C en utilisant du milieu de digestion de caséine de soja (Soybean Casein).

II. Méthodologie de travail

II.1 Préparation des extraits

Afifi *et al.* (1991) ont évalués l'activité antimicrobienne de l'extrait aqueux de *V. iphionoides* et des quatre flavonoïdes isolés contre sept espèces microbiennes et leur efficacité.

- **Extraction et séparation chromatographique :**

Le matériel végétal séché à l'air (6,4 kg) a été mis en poudre grossièrement et extrait avec de l'acétone en utilisant un appareil Soxhlet. L'évaporation sous pression réduite a donné un résidu sirupeux qui a été encore extrait avec du n-hexane, CHCl₃ et avec MeOH.

Les aglycones de flavonoïdes ont été isolés à partir de l'extrait de CHCl₃ en utilisant une chromatographie sur colonne avec CHCl₃-MeOH dans différentes proportions comme système de solvant. Les composés purs ont été cristallisés à partir de MeOH.

Aussi ont été testés l'activité antimicrobienne d'extraits d'hexane, d'acétate d'éthyle, d'éthanol (Al-Dabbas *et al.*, 2005), d'eau et de chloroforme (Al-Dabbas *et al.*, 2006) de parties aériennes de *Varthemia*, *Varthemia iphionoides* contre plusieurs souches bactériennes

Les parties aériennes de *Varthemia iphionoides* broyées séchées au soleil, ont été extraites successivement avec de l'hexane, de l'acétate d'éthyle et de l'éthanol à 60 ° C dans un Soxhlet. Les rendements étaient de 3,1% dans l'extrait d'hexane, de 3,6% dans l'extrait d'acétate d'éthyle et de 2,4% dans l'extrait d'éthanol. L'extrait aqueux ont été extraites avec de l'eau distillée leur rendement est de 18,5%. Pour la préparation de l'extrait de chloroforme, a été trempé dans du chloroforme à (25 ° C) pendant 5 jours, leur rendement de 5,6%. Tous les extraits ont été conservés au réfrigérateur jusqu'à leur utilisation.

Haddad *et al.* (2016) ont décrits l'activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique de feuilles de *V. iphionoides*.

Des portions de 20g de feuilles *V. iphionoides* en poudre fine ont été extraites pendant 2 jours avec 100 ml de méthanol.

L'extrait a ensuite été filtré deux fois (Whatman n° 1) et le solvant a été évaporé jusqu'à siccité dans un évaporateur rotatif à 40 ° C. L'extrait de plante séchée a été dissous dans 0,05% de diméthylsulfoxyde jusqu'à une concentration finale de 30 mg ml⁻¹ et stérilisé par filtration à travers des filtres millipores de 0,45 µm.

II.2 Test d'activité antimicrobienne

Afifi *et al.* (1991) ont été testés les extraits aqueux de la plante entière et des composés préparés pour l'activité antimicrobienne en utilisant la méthode de diffusion sur milieu solide.

Les expériences ont été réalisées en double trois fois. Les résultats ont été enregistrés en mesurant les zones d'inhibition de croissance entourant les disques. Les disques de contrôle ont été imbibés du même solvant et séchés que les disques traités. De plus, des disques d'antibiotique à la gentamycine (10 µg / disque, Laboratoires Mast, Royaume-Uni) et du nitrate de miconazole comme agent antifongique (300 µg / disque, DentFem-Chemie, Allemagne) ont été inclus dans le test.

Aussi ont été réalisés l'activité antimicrobienne d'extraits d'hexane, d'acétate d'éthyle, d'éthanol (Al-Dabbas *et al.*, 2005), d'eau et de chloroforme (Al-Dabbas *et al.*, 2006) de parties aériennes de *Varthemia*, *Varthemia iphionoides* par la méthode de diffusion sur disque papier.

Les extraits ont été vérifiés à 1mg/disque. L'inhibition de la croissance bactérienne a été évaluée en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition transparente autour de chaque disque.

Haddad *et al.* (2016) ont été testés l'extrait méthanolique de *V. iphionoides* contre 19 microorganismes (6 espèces bactériens et 13 espèces fongiques).

Médicaments standard utilisés pour l'analyse antimicrobienne. L'ampicilline (10 µg / disque) et la vancomycine (30 µg / disque) ont été utilisées comme antibiotiques de référence contre les bactéries. Pour les souches fongiques, le cycloheximide (250 µg / disque) et la nystatine (10 µg / disque) ont été utilisés comme agents antifongiques de référence.

Les dosages antibactériens et antifongiques de l'extrait méthanolique de *V. iphionoides* ont été réalisés par la méthode de diffusion en puits d'agar.

Chapitre 4 : Résultats et ***discussion***

I. Evaluation du pouvoir antimicrobien des extraits

Dans l'étude d' Afifi *et al.* (1991), l'extrait aqueux brut de la plante entière de *V. iphionoides* a montré une activité antibactérienne limitée contre *E. coli*, *S. aureus*, *S. typhimurium* et *B. cereus* (**Tableau 5**). Cependant, aucune activité antifongique contre *F. solani* et *A. parasiticus* a été détecté bien que la croissance de *C. tropicalis* (champignons non filamenteux) ait été légèrement inhibée (zone d'inhibition <2 mm). La fraction chloroformique après extraction au Soxhlet avec de l'acétone de la plante complète séchée à l'air et en poudre de *V. iphionoides* a montré la présence de plusieurs composés phénoliques par CCM.

Une séparation chromatographique supplémentaire utilisant CHCl₃-MeOH à différentes concentrations a donné les flavonoïdes méthylés : 5,7,4'-trihydroxy, 3,3'-diméthoxyflavone (3,3'-di-O-méthylquercétine) (**1**), 5,4'-dihydroxy, 3,7'-diméthoxyflavone (kumatakenin) (**2**), 5,4'-dihydroxy, 6,7,8-triméthoxyflavone (xanthomicrol) (**3**) et 5,7,4'-trihydroxy-3,6,3'-triméthoxyflavone (jaceidine) (**4**).

Tableau 5. L'activité antimicrobienne des composés isolés

Compositions	Microorganismes						
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>B. cereus</i>	<i>S. typhimurium</i>	<i>F. solani</i>	<i>A. parasiticus</i>	<i>C. tropicalis</i>
Extrait brut aqueux	6 ^a	7	5	3	- ^b	-	±
1	-	-	-	-	15	±	2
2	±	±	-	-	2	-	2
3	3	3	±	-	10	10	10
4	2	±	±	-	-	-	-
Gentamicin	18	10	18	18	-	3	-
Nitrate de miconazole	10	-	-	-	15	25	12

– ^a Chaque chiffre correspond au diamètre moyen (mm) de la zone inhibée de deux essais en double et a été corrigé pour le disque témoin. Chaque essai contenait des plaques en triple pour chaque composé.

– ^b Pas de zone d'inhibition ; ± : légère inhibition (<2 mm).

Le composé 1 a montré une activité prononcée contre *F. solani*. D'autre part, le composé 3 présentait une activité à large spectre étant actif contre les champignons filamenteux (*F. solani*) et non filamenteux (*C. tropicalis*) ainsi qu'une faible activité contre *S. aureus* (Gram+) et *E. coli* (Gram -). A l'inverse, les composés 2 et 4 n'ont pas montré d'activité antimicrobienne significative aux mêmes concentrations utilisées (**Tableau 5**).

Les résultats présentés ici peuvent suggérer et encourager davantage de travaux sur la possibilité d'isoler de nouveaux et nouveaux composés antifongiques à partir de produits naturels. À cet égard, les plantes sont toujours une riche source de flavonoïdes antimicrobiens nouveaux et nouveaux parmi d'autres substances naturelles.

Les résultats du **Tableau 6** indiquent que l'extrait d'acétate d'éthyle et de chloroforme des parties aériennes de *Varthemia iphionoides* était les plus efficaces contre les espèces microbiennes utilisées dans cette étude. Les extraits d'hexane ou d'éthanol se sont révélés inefficaces (Al-Dabbas *et al.*, 2005 ; Al-Dabbas *et al.*, 2006).

Cela suggère que des composés autres que les phénols ou les flavonoïdes (composés phénoliques dans l'extrait d'éthanol > composés phénoliques dans le chloroforme ou les extraits d'acétate d'éthyle) peuvent agir comme des composés actifs antimicrobiens.

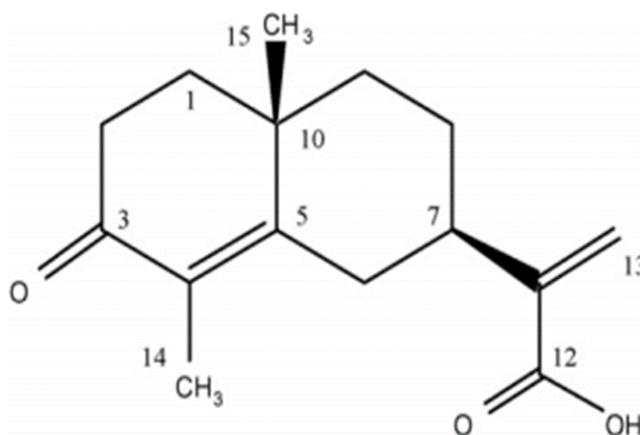
Le fractionnement guidé par un essai biologique de l'extrait d'acétate d'éthyle par SGCC a montré que la fraction 5 (éluée avec de l'hexane: acétate d'éthyle = 60:40) à une concentration de 0,8 mg par disque, était la plus active contre les bactéries testées, *Bacillus subtilis*, *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella enteritides* et *Escherichia coli* avec des zones d'inhibition nettes de 10, 8, 6, 7, 9 et 10 mm, respectivement (Al-Dabbas *et al.*, 2006).

Une purification supplémentaire de la fraction la plus antibactérienne active a conduit à l'isolement et à l'identification d'un antibactérien eudesmane sesquiterpène, l'acide 3-oxocostusique (**Figure 10**). L'identité chimique du composé isolé a été confirmée par les spectres UV, IR, MS et RMN 1H, 13C (Al-Dabbas *et al.*, 2005). Ce composé a présenté une puissante activité antimicrobienne contre six espèces bactériennes illustrées dans le **Tableau 6**.

Tableau 6. Activités antibactériennes^a des différents extraits^b de *Varthemia iphionoides* à une concentration de 1 mg / disque

Microorganisme	Extrait aqueux	Extrait d'hexane	Extrait d'acétate d'éthyle	Extrait de Chloroforme	Extrait d'éthanol	Acide 3-oxo-costusique ^c	Antibiotique standard ^d
<i>Bacillus subtilis</i>	-	- ^e	4.0	5.0	-	9.0	25
<i>Escherichia coli</i>	-	-	3.0	5.5	-	7.0	24.5
<i>Micrococcus luteus</i>	-	-	5.5	6.5	-	11.0	26
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	-	5.5	6.5	-	8.0	25.5
<i>Bacillus cereus</i>	-	-	5.5	6.5	-	14.0	23.5
<i>Salmonella enteritides</i>	-	-	6.0	6.0	-	8.0	24.5

- ^a Diamètre net en mm de la zone d'inhibition. Les résultats sont des moyens d'analyse en double de trois réplifications. Un «tiret» indique l'absence de zone d'inhibition.
- ^b 1 mg de chaque extrait utilisé pour charger le disque stérile.
- ^c 0,5 mg / disque d'acide 3-oxocostusique a été utilisé pour charger le disque stérile.
- ^d (25 g / disque) de chlorhydrate de tétracycline a été utilisé comme standard. Les solvants des extraits et de l'antibiotique n'ont produit aucune inhibition.
- ^e Pas de zone d'inhibition.

**Figure 10.** Structure de l'acide 3-oxocostusique (acide selina-4,11 (13) -dien-on-12-oïque) (Al-Dabbas *et al.*, 2005)

Haddad *et al.* (2016) ont indiqués dans le **Tableau 7** l'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique de cette plante médicinale contre six espèces bactériennes standard.

Tableau 7. Activité antibactérienne de l'extrait méthanolique de *Varthemia iphionoides* basé sur la méthode de diffusion de puits d'agar

Espèces bactériennes	Diamètre moyen de la zone inhibitrice (mm) ^a	Résistance aux antibiotiques de référence	
		Ampicilline	Vancomycine
<i>Klebsiella oxytoca</i>	18.4^b±1.03	Sensible	Résistante
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	25.2^a±0.66	Résistante	Résistante
<i>Salmonella typhimurium</i>	11.0^c±0.71	Résistante	Résistante
<i>Escherichia coli</i> O157 :H7	1.68^d±0.21	Résistante	Résistant
<i>Proteus vulgaris</i>	21.4^b±1.36	Résistante	Résistante
<i>Methicillin-resistant Staphylococcus aureus</i>	21.3^b±1.63	Résistante	Sensible

- ^a Les valeurs sont données sous forme de moyenne ± erreur standard de cinq répétitions. Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes à P <0,05 selon le test LSD.
- ^b L'ampicilline a été testée à 10 µg et la vancomycine à 30 µg. La souche bactérienne est considérée comme résistante aux antibiotiques lorsque le diamètre de la zone d'inhibition est égal ou inférieur à 11 mm pour l'ampicilline et à 13 mm pour la vancomycine.

Tableau 8. Activité antifongique de l'extrait méthanolique de *Varthemia iphionoides* basé sur la méthode de diffusion de puits d'agar

Les espèces fongiques	Diamètre moyen de la zone inhibitrice (mm) ^a	Résistance aux antibiotiques de référence	
		Cycloheximide	Nystatine
<i>Aspergillus flavus</i>	15.2 ^{bcd} ±1.8	Sensible	Sensible
<i>Aspergillus brasiliensis</i>	18.8 ^{ab} ±2.1	Résistante	Résistante
<i>Aspergillus niger</i>	16.6 ^{abcd} ±1.4	Résistante	Résistante
<i>Aspergillus alliaceus</i>	16.5 ^{abcd} ±1.0	Résistante	Résistante
<i>Fusarium lini</i>	19.6 ^a ±1.2	Sensible	Sensible
<i>Rhizopus stolonifer</i>	14.6 ^{cde} ±1.6	Sensible	Sensible
<i>Beauveria bassiana</i>	2.0 ^f ±0.15	Sensible	Sensible
<i>Curvularia lunata</i>	13.4 ^{de} ±0.68	Sensible	Résistante
<i>Cunninghamella elegance</i>	12.0 ^e ±0.89	Résistante	Résistante
<i>Cephalosporum aphidicola</i>	15.2 ^{bcd} ±1.6	Sensible	Sensible
<i>Macrophoniues phosillai</i>	15.6 ^{bcd} ±0.51	Sensible	Sensible
<i>Cunninghamella echinulata</i>	17.6 ^{abc} ±0.75	Sensible	Sensible
<i>Gibberella fujikuroi</i>	16.7 ^{abcd} ±1.6	Sensible	Sensible

– ^a Les valeurs sont données sous forme de moyenne ± erreur standard de cinq répétitions. Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes à P <0,05 selon le test LSD.

– ^b Le cycloheximide a été testé à 250 µg et la nystatine à 10 µg. La souche fongique est considérée comme résistante aux agents antifongiques lorsque le diamètre de la zone d'inhibition est égal ou inférieur à 8 mm pour le cycloheximide et la nystatine.

L'extrait méthanolique de *V. iphionoides* possédait une activité antifongique contre 13 espèces fongiques avec des zones d'inhibition allant de 2,0 à 19,6 mm (**Tableau 8**).

L'extrait de *V. iphionoides* a présenté une forte activité antibactérienne contre *Proteus vulgaris* (ATCC 13315), *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline (ATCC 95047) et *Klebsiella oxytoca* (ATCC 13182) avec diamètre de la zone d'inhibition de 21,4, 21,3 et 18,4

mm, respectivement. Alors que l'extrait méthanolique a un juste effet bactériostatique sur *Salmonella typhimurium* (ATCC 19430) avec un diamètre de zone d'inhibition de 11,0 mm.

Une activité bactéricide limitée contre *Staphylococcus aureus* et *Salmonella typhimurium* était auparavant rapportée pour l'extrait aqueux de *V. iphionoides* (Afifi *et al.*, 1991). L'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique contre *Escherichia coli* O157 : H7 (ATCC43895) n'était pas très prometteur. Cette espèce bactérienne était résistante à la fois à l'antibiotique ampicilline et vancomycine et était la moins affecté par l'extrait méthanolique de *V. iphionoides*. La faible sensibilité d'*Escherichia coli* O157 : H7 à L'extrait de *V. iphionoides* est en accord avec une étude précédente. Il a été rapporté qu'un extrait aqueux brut (Afifi *et al.*, 1991) de la partie aérienne de *V. iphionoides* a présenté des activités antimicrobiennes contre *E. coli*.

La sensibilité antifongique de 13 espèces fongiques a été testée contre l'extrait méthanolique de *V. iphionoides*. Parmi les espèces fongiques étudiées, *Fusarium lini* était la plus sensible et *Beauveria bassiana* était la plus résistante à l'extrait. Une bonne activité antifongique a été démontrée par l'extrait méthanolique de *V. iphionoides* contre *Aspergillus brasiliensis*, *Aspergillus niger* et *Aspergillus alliaceus*, *Aspergillus flavus*, *Cunninghamella echinulata*, *Gibberella fujikuroi*, *Macrophomola phaseolina*, *Cephalosporum aansvaceus*, *Cunninghamella echinulata*, *Gibberella fujikuroi*, *Macrophomola phaseolina*, *Céphalosporum aphidicula*, *Cunninghamella* et *Cunninghamifer*.

Les présents résultats soutiennent l'utilisation traditionnelle de la plante *V. iphionoides* dans le traitement de l'infection pathogène. Différents types de composés phénoliques ont été précédemment identifiés chez *V. iphionoides* (Abu-Romman *et al.*, 2015). Les fortes activités antimicrobiennes des plantes médicinales sont associées dans des parties à haute teneur en composés phénoliques.

En plus des composés phénoliques, les propriétés antimicrobiennes de cette plante peuvent être attribuées à la présence de flavonoïdes (Afifi *et al.*, 1991) et d'huiles essentielles.

II. **Varthemia et la phytopathogénicité**

Un nombre très important de métabolites secondaires est synthétisé et accumulé par les plantes. Ces composés sont des métabolites de faible poids moléculaire qui possèdent des structures et des fonctions biologiques très diverses (Didierlaurent, 2012).

L'ensemble de ces analyse liées aux différentes propriétés thérapeutique de la plante (Varthemia), expliquent en partie sa prescription comme antiphytopathogène. Sa large

utilisation en médecine traditionnelle, a incités à réaliser une enquête ethnobotanique et un screening phytochimique afin de mettre en cohérence les prescriptions et les activités potentielles des constituants chimiques présents. Les principales classes de métabolites secondaires, principalement les monoterpènes, les sesquiterpènes, les diterpènes, les triterpènes, les stérols et les flavonoïdes (Hegazy *et al.*, 2014) ont été recherchés dans les parties aériennes de la plante. Les résultats d'Al-Dabbas *et al.* (2005) indiquent que la réactivité de l'acide 3-oxocostusique isolé peut en fait être le facteur contribuant aux propriétés médicinales de *V. iphionoides* utilisé depuis des générations dans la médecine traditionnelle jordanienne populaire. La présence des nombreuses familles chimiques dans la *Varthemia*, a permis de posséder des activités biologiques intéressantes.

L'activité antimicrobienne des métabolites secondaires est sans nul doute la facette la plus étudiée de ces composés dans la mise en place des réactions de défense. Deux types de molécules antimicrobiennes peuvent ainsi être distingués : Les phytoanticipines regroupent notamment les saponines (des glycosides de triterpènes, de stéroïdes ou d'alcaloïdes stéroïdiens) comme par exemple l' α -tomatine (un alcaloïde stéroïdien) qui joue un rôle important dans la résistance de la tomate à différents agents pathogènes. Et les phytoalexines la plupart sont des alcaloïdes dérivés d'acides aminés aromatiques et du tryptophane et contenant des sulfures (Didierlaurent, 2012).

La présence de tous ces métabolites secondaires dans la plante de *Varthemia* à lui confère une grande valeur biologique dans la lutte des phytopathogènes car, selon des études antérieures sur l'usage des métabolites secondaires contre les agents phytopathogènes. Ont été constatés par Etienne *et al.* (2019) que la plupart des agents phytopathogènes sont sensibles avec un pourcentage élevé contre les mêmes métabolites secondaires que l'on trouve dans la plante de *Varthemia*. Les différentes parties aériennes de *Varthemia* peuvent être aussi combinés avec des autres plantes ont une activité anti-phytopathogène pour traiter efficacement certaines maladies aussi.

Conclusion

Conclusion

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la recherche des produits naturels qui peuvent substituer les produits chimiques utilisés dans le contrôle des pathogènes microbiens, responsables de la pourriture des fruits tropicaux comme la tomate.

Les différents tests réalisés à partir des extraits de la plante du genre *Varthemia* sur les agents microbiens ont montré que tous les extraits de plantes ont inhibé significativement la croissance des microorganismes étudiés.

Sur la base de ces études précieuses et des diverses activités biologiques de ce genre de plantes. On peut conclure que ce genre est qualifié pour avoir une double propriété thérapeutique et antimicrobienne pour traiter de nombreuses maladies, que ce soit pour l'homme ou pour les plantes cultivées, car il possède des composés bioactifs capables de combattre les microorganismes pathogènes et de soutenir son utilisation traditionnelle dans le traitement des infections pathogènes. Cependant, des études supplémentaires sont nécessaires pour étudier la toxicité et les effets secondaires des constituants bioactifs de *Varthemia*. Des études complémentaires sont nécessaires pour déterminer l'efficacité de différents extraits de ce genre contre divers autres microorganismes phytopathogènes.

Varthemia est un genre prometteur pour une enquête plus détaillée sur ses propriétés biologiques et possibilités d'application, et ce sera notre objectif dans les études futures.

Notre travail précédent était d'extraire les huiles essentielles de la plante de *Varthemia sericea* par hydrodistillation (appareil de type Clavenger) cette extraction a montré certaines caractéristiques organoleptiques de ces huiles essentielles, qui ont une couleur jaunâtre, une odeur forte avec un volume de 20 µl de 450g (faible rendement ≈0.02%), il était conservé à des T° de réfrigération (4 °C), à l'abri de la lumière.

Nous voulions faire le test antimicrobien des huiles essentielles de *Varthemia sericea* sur différents agents pathogènes fongiques de la tomate pour évaluer l'activité antifongique d'HE de parties aériennes (feuilles) de *Varthemia sericea* in vitro. Ensuite, nous avons voulu effectuer une analyse chimique par CPG et CPG/SM pour connaître le principe actif au cas où il aurait un pouvoir antifongique.

La composition chimique et les propriétés biologiques des HE de *Varthemia sericea* ont été effectuées pour la première fois. Ce travail n'est pas fini, mais d'autres travaux sont en cours pour approfondir la composition chimique et évaluer d'autres propriétés biologiques.

Références
bibliographiques

-
- Abu-Romman, S., Haddad, M. A., & Al-Hadid, K. J. (2015). Allelochemicals, The Potential Allelopathic Effects Of *Varthemia Iphionoides* And The Identification Of Phenolic. *Jordan Journal Of Biological Sciences JJBS*, 301-306.
 - Afifi, F. U., & Aburjai, T. (2004). Antiplatelet Activity Of *Varthemia Iphionoides*. *Fitoterapia*, 629– 633.
 - Afifi, F., Al-Khalil, S., Abdul-Haq, B., Mahasneh, A., Al-Eisawi, D., Sharaf, M., . . . Schiff, P. (1991). Antifungal Flavonoids from *Varthemia iphionoides*. *Phytotherapy Research*, 173-175.
 - Aissat, K. (2018, Mai 28). Etat Sanitaire De La Culture De La Tomate Sous Serre Et Etude Epidémiologique De *Botrytis Cinerea* (Agent De La Pourriture Grise). *Thèses De Doctorat*. Département De Biologie.
 - Akkopru, A., & Demir, S. (2005). Biological Control Of Fusarium Wilt In Tomato Caused By *Fusarium Oxysporum* F. Sp. *Lycopersici* By *Amf Glomus Intraradices* And Some Rhizobacteria. *J. Phytopathology*, 544-550.
 - Al-Dabbas, M. M., Hashinagaa, F., Abdelgaleila, S. A., Toshihiko, S., Kohki, A., & Hideo, H. (2005). Antibacterial Activity Of An Eudesmane Sesquiterpene Isolated From Common *Varthemia*, *Varthemia Iphionoides*. *Journal Of Ethnopharmacology*, 75-123.
 - Al-Dabbas, M. M., Suganuma, T., Kitahara, K., Hou, D.-X., & Fujii, M. (2006). Cytotoxic, Antioxidant And Antibacterial Activities Of *Varthemia Iphionoides* Boiss. Extracts. *Journal Of Ethnopharmacology*, 287-293.
 - Anderbeng, A. (1989). Phylogeny And Reclassification Of The Tribe Inuleae (Asteraceae). *Can. J. Bot.*, 2277-2296.
 - Anderbeng, A. A. (1990). Taxonomy And Phylogeny Of The Tribe Inuleae (Asteraceae). *Plant Systematics And Evolution*, 75-123.
 - Blakeman, J. (1980). Behaviour Of Conidia On Aerial Plant Surfaces. *London, Academic Press*, 115-151.
 - Blancard, D. (1997). *Maladies De La Tomate. Observer, Identifier, Lutter*. Inra-Quae.
 - Blancard, D. (2013). *Ephytia*. Récupéré sur . [Http://Ephytia.Inra.Fr/Fr/C/5169/Tomate-Principaux-Symptomes](http://Ephytia.Inra.Fr/Fr/C/5169/Tomate-Principaux-Symptomes).

- Blancard, D., Marchoux, G., Laterrot, H., & Candresse, T. (2009). *Les Maladies De La Tomate*. Editions Quae.
- Bousiala, B., & Khadidja. (2014, Déc 29). Etude De L'effet Des Facteurs Abiotiques Et Nutritionnels Sur La Production D'oospores Chez Phytophthora Infestans (Mont.) De Bary. *Thèse de Doctorat*. Département Botanique.
- Brullo, S. (1979). Taxonomic And Nomenclatural Notes On The Genera *J Asonia* Cass. And *Chiliadenus* Cass. (Gompositae). *Webbia*, 289-308.
- Chapuis, R., & Mille, P. (2001). Systèmes et espaces agricoles dans le monde. (p. 320). Paris: Armand Colin.
- Cheurfa, M., & Allem, R. (2017). Effet Des Extraits De Quelques Plantes Sur Les Bactéries Pathogènes Responsables De Gastroentérites. *Phytothérapie*, 395-400.
- CPAR, C. P. (2017). Maladies Et Ravageurs De Plantes Comment Faire Face Et Aménager Un Jardin Naturel Pour Prévenir Les Attaques. Le Brabant Wallon.
- Dehimat, A., Azizi, I., Brragon-Montero, V., & Khettal, B. (2021). In vitro antioxidant and inhibitory potential of leaf extracts of *Varthemia sericea* against key enzymes linked to type 2 diabetes. *Jordan Journal of Biological Sciences (JJBS)*, 14
- Didierlaurent, L. (2012). Ugt76e12, Ugt73b3 Et Ugt73b5, Trois Glycosyltransférases Du Métabolisme Secondaire D'arabidopsis Thaliana Impliquées Dans Les Réponses De Défense Aux Microorganismes Pathogènes. Paris: Ecole Doctorale Sciences Du Vegetal.
- Eden, M. A., Hill, R. A., Beresford, R., & Stewart, A. (2003). The Influence Of Inoculum Concentration, Relative Humidity, And Temperature On Infection Of Greenhouse Tomatoes By *Botrytis Cinerea*. *Plant Pathology*, 795-806.
- Erwin, D. C., & Ribeiro, O. K. (1996). *Phytophthora Diseases World-wide*. Usa: American : Phytopathological Society (Aps Press).
- Etienne, O. K., Camara, D., Dabé, D., & Noël, Z. G. (2019). Evaluation In Vitro du Pouvoir Fongicide des Extraits De *Erigeron floribundus* (Kunth.) Sch. Bip. (Asteraceae) sur *Sclerotium rolfsii* et *Colletotrichum musae* Deux Champignons Phytopathogènes. *European Scientific Journal*, 370-388.
- Fayed, A.-A., & Mohamed, M.-E. (1991). Systematic Revision Of Compositae In Egypt. 6.Tribe Inulae: *Inula* And Related Genera. *Willdenow*, 91-96.

- Fontem, D., Goufo, P., Ngnokam, D., & A.L.Tapondjou. (2006). *Potentiel antifongique des extraits végétaux sur la croissance de Phytophthora infestans, agent causal du mildiou de la tomate*. Constantine, Algérie: 10emes Journées Scientifiques de l'Agence Universitaire de la Francophonie .
- Fumey, G. (1997). *L'agriculture Dans La Nouvelle Economie Mondiale*. L'information Géographique.
- Gallais, A., & Bannerot, H. (1992). *Amélioration Des Espèces Végétales Cultivées. Objectifs Et Critères De Sélection*. INRA.
- Gaussen, H., Leroy, J., & Ozenda., P. (1982). *Precis De Botanique Tome II Vegetaux Superieurs*. Paris New York Barcelone.
- George, A. (1988). . *Plant Pathology 3rd Edition*. Usa: Academic Press.
- Gorelick, J., Kitron, A., Pen, S., Rosenzweig, T., & Madar, Z. (2011). Anti-Diabetic Activity Of Chiliadenus Iphionoides. *Journal Of Ethnopharmacology*, 1245-1249.
- Gullino, M. (1992). Chemical Control Of Grey Mold Of Botrytis Cinerea Spp. *Pudoc Scientific*, 217-222.
- Habouche, M., & Ghernouth, M. (2015). Étude De L'activité Antifongique De Quelques Extraits Végétaux. *Thèse de Magister*. Département Des Sciences Agronomiques: Université Mohamed Boudiaf De M'sila.
- Haddad, M. A., Abu-Romman, S. M., & Sharab, A. S. (2016). In Vitro Antimicrobial Activity Of Methanolic Extract From Varthemia Iphionoides Leaves. *Journal Of Agricultural Science*, 178-183.
- Hammiche, V., & Maiza, K. (2006). Traditional Medicine In Central Sahara: Pharmacopoeia Of Tassili N'ajjer. *Journal Of Ethnopharmacology*, 358–367.
- Hassler, M. (2018). *World Plants: Synonymic Checklists Of The Vascular Plants Of The World*. Consulté le 08 01, 2020, sur Catalogue Of Life.
- Hegazy, M.-E. F., Matsuda, H., Nakamura, S., Hussein, T. A., Yoshikawa, M., & W.Paré, P. (2014). Chemical Constituents And Their Antibacterial And Antifungal Activity From The Egyptian Herbal Medicine Chiliadenus Montanus. *Phytochemistry*.

- Hussein, M. A., & Abdel-Gawad, S. M. (2010). Protective Effect Of Jasonia Montana Against Ethinylestradiol-Induced Cholestasis In Rats. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 27-33.
- J. Benton, J., & Tomato, J. (2007). *Plant Culture In The Field, Greenhouse, And Home Garden Second Edition*. Crc Press.
- Jarvis, W. R. (1992). *Managing Diseases In Greenhouse Crops*. Californie: Aps Press.
- Kadereit, J., & Jeffrey, C. (2006). *The Families And Genera Of Vascular Plants*. Hamburg: K.Kubitzki.
- Kamelé, K. Y., Clémentine, K.-K. A., Carole, K. A., Mesmin, K. Y., Honora, T. B., & Kablan, T. (2019). Activité Antifongique In Vitro des Extraits de Cinq Plantes Locales sur Colletotrichum Higginsianum, Fusarium Oxysporum et Rhizopus Stolonifer, Agents Pathogènes de la Papaye (Carica Papaya L.) et de la Tomate (Solanum Lycopersicum L.). *European Scientific Journal*, 1857- 7431.
- Kolai, N., Saiah, F., & Boudia, A. (2012). Effet Inhibiteur In Vitro de L'huile Essentielle D'artimesia Herba Alba Sur Deux Souches De Fusarium Oxysporumf. Sp.Radiciis-Lycopersici. *Algerian Journal Of Arid Environment*, 71-76.
- Labrousse, P. (2018). Les Astéracées : Description Botanique, Biologique Et Etude De Plantes Médicinales Et Toxiques. *Thèse Pour Le Diplôme D'état De Docteur En Pharmacie*. Faculté De Pharmacie: Université De Limoges.
- MADR, M. D. (2018). *Statistiques Agricoles*. Alger.
- Michel, L., & Agronome, P. (2003, Juin 17). La Tomate De Serre, Une Plante Hôte Pour Le Mildiou (Phytophthora Infestans). MAPAQ.
- Mifsud, S. (2005, Aug). Chiliadenus bocconeii (Maltese Fleabane). Consulté le Jan 12, 2019, sur http://www.maltawildplants.com/ASTR/Chiliadenus_bocconeii.php
- Nasraoui, B. (2006). *Les Champignons Parasites Des Plantes Cultivées (Biologie, Systématique, Pathologie, Maladies)*. Tunisia: Cpu.
- Shankara, N., Jeude, J. V., Goffau, M. D., Hilmi, M., & Dam, B. V. (2005). *La Culture De La Tomate: Production, Transformation Et Commercialisation*. Agromisa/Cta.

- Shtienberg, D., Elad, Y., Niv, A., Nitzani, Y., & Kirshner, B. (1998). Significance Of Leaf Infection By *Botrytis Cinerea* In Stem Rotting Of Tomatoes Grown In Non-Heated Greenhouses. *European Journal Of Plant Pathology*, 753-763.
- Tamir, H., Satovic, Z., Gorelick, J., Danin, A., Fischer, R., Chaimovitsh, D., & Dudai, N. (2011). Intraspecific Variation of *Chiliadenus iphionoides* Essential Oil in Israel. *Chemistry & Biodiversity*, 1065-1082.
- Tani, C. K., Bourgeois, T. L., & Munoz., F. (2010). Aspects Floristiques Des Adventices Du Domaine Phytogéographique Oranais (Nord-Ouest Algérien) Et Persistance D'espèces Rares Et Endémiques. *Fl. Medit*, 29-46.
- Valero, M. S., Berzosa, C., Langa, E., Gómez-Rincón, C., & López, V. (2013). *Jasonia Glutinosa* D.C (“Rock Tea”): Botanical, Phytochemical And Pharmacological Aspects. *Boletin Latinoamericano Y Del Caribe De Plantas Medicinales Y Aromaticas*, 543-557.
- Wikipedia. (2019). *Varthemia*. Récupéré sur <https://en.wikipedia.org/wiki/Varthemia>
- Zareh, M. M. (2005). Systematic And Anatomical Studies Of *Inuleae* And *Plucheeae* In Egypt. *Feddes Repertorium*, 43-53.

Annexes

Annexes

Les articles analysés sont:

1. Afifi, F., Al-Khalil, S., Abdul-Haq, B., Mahasneh, A., Al-Eisawi, D., Sharaf, M., . . . Schiff, P. (1991). Antifungal Flavonoids from *Varthemia iphionoides*. *Phytotherapy Research*, 173-175.
2. Al-Dabbas, M. M., Hashinagaa, F., Abdelgaleila, S. A., Toshihiko, S., Kohki, A., & Hideo, H. (2005). Antibacterial Activity Of An Eudesmane Sesquiterpene Isolated From Common *Varthemia*, *Varthemia Iphionoides*. *Journal Of Ethnopharmacology*, 75-123.
3. Al-Dabbas, M. M., Suganuma, T., Kitahara, K., Hou, D.-X., & Fujii, M. (2006). Cytotoxic, Antioxidant And Antibacterial Activities Of *Varthemia Iphionoides* Boiss. Extracts. *Journal Of Ethnopharmacology*, 287-293.
4. Al-Dabbas, M., Al-Ismail, K., & Al-Qudah, Y. (2010). Antioxidant Activity Of Different Extracts From *Varthemia Iphionoides*. *La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 243-249.
5. Etienne, O. K., Camara, D., Dabé, D., & Noël, Z. G. (2019). Evaluation In Vitro du Pouvoir Fongicide des Extraits De *Erigeron floribundus* (Kunth.) Sch. Bip. (Asteraceae) sur *Sclerotium rolfsii* et *Colletotrichum musae* Deux Champignons Phytopathogènes. *European Scientific Journal*, 370-388.
6. Habouche, M., & Ghernouth, M. (2015). Étude De L'activité Antifongique De Quelques Extraits Végétaux. *Thèse de Magister*. Département Des Sciences Agronomiques: Université Mohamed Boudiaf De M'sila.
7. Haddad, M. A., Abu-Romman, S. M., & Sharab, A. S. (2016). In Vitro Antimicrobial Activity Of Methanolic Extract From *Varthemia Iphionoides* Leaves. *Journal Of Agricultural Science*, 178-183.
8. Kolai, N., Saiah, F., & Boudia, A. (2012). Effet Inhibiteur Invitrode L'huile Essentielle D'*artimesia Herba Alba* Sur Deux Souches De *Fusarium Oxysporum*f. Sp.*Radicis-Lycopersici*. *Algerian Journal Of Arid Environment*, 71-76.

المخلص

تعد الكائنات المختلفة الممرضة للنبات أحد الأسباب الرئيسية لانخفاض نوعية الإنتاج الزراعي. من أجل تعزيز الموارد النباتية المحلية وتقليل استخدام المبيدات في مكافحة الكائنات الممرضة للنبات في الطماطم. تهدف هذه المراجعة الى تقييم النشاط المختبري للميكروبات من مقتطفات من الأجزاء الهوائية لـ *Varthemia* (Compositiae) حول نمو الكائنات الحية الميكروبية للطماطم. تم اختبار تثبيط مستخلصات أسيتات الإيثيل والكلوروفورم والميثانول والمستخلص المائي الخام للأجزاء الهوائية من *V. iphionoides* لقياس مستوى مقاومتها. كشفت الفحوصات الكيميائية النباتية لمختلف المقالات المدروسة عن وجود جزيئات نشطة بيولوجيًا تفسر النشاط المضاد للميكروبات للمستخلصات. بناءً على تحليل المقالات السابقة، تم اقتراح فرضية مفادها أن مستخلصات *Varthemia* يمكن استخدامها كمبيد حيوي للسيطرة على خسائر المحاصيل بسبب مسببات أمراض الطماطم وهي بديل ممتاز للمواد الكيميائية السامة المستخدمة في الحفظ. من هذه المنتجات.

الكلمات المفتاحية: مسببات الأمراض النباتية للطماطم، *Varthemia*، *V. iphionoides*، الأنشطة البيولوجية، نشاط مضادات الميكروبات، الجزيئات النشطة بيولوجيًا.

Résumé

Les différents agents phytopathogènes constituent l'un des causes principales de la baisse de la qualité de la production agricole. En vue de valoriser les ressources botaniques locales et minimiser l'utilisation des pesticides dans la lutte contre les agents phytopathogènes de tomate. Cette synthèse vise pour évaluer l'activité antimicrobienne in vitro des extraits des parties aériennes de *Varthemia* (Compositae) sur la croissance des phytopathogènes microbiens des tomates. L'inhibition de la croissance des phytopathogènes microbiens a été testée vis-à-vis des extraits d'acétate d'éthyle, de chloroforme, de méthanolique et de l'extrait aqueux brut des parties aériennes de *V. iphionoides* pour mesurer leur niveau de résistance. Les investigations phytochimiques des différents articles étudiés ont révélé la présence des molécules bioactifs qui expliquent l'activité antimicrobienne des extraits. D'après l'analyse des articles précédents on propose une hypothèse que les extraits de *Varthemia* peuvent être utilisés comme formulation bio-pesticide pour contrôler les pertes de récolte dues aux agents pathogènes de la tomate et constituent une excellente alternative aux produits chimiques toxiques utilisés pour la conservation de ces produits.

Mots clés : les phytopathogènes de tomate, *Varthemia*, *V. iphionoides*, activités biologique, activité antimicrobienne, molécules bioactifs.

Abstract

The various phytopathogens are one of the main causes of the decline in the quality of agricultural production. To enhance local botanical resources and minimize the use of pesticides in the control of tomato phytopathogens. This synthesis aims to evaluate the in vitro antimicrobial activity of extracts from the aerial parts of *Varthemia* (Compositae) on the growth of microbial phytopathogens of tomatoes. The inhibition of the growth of microbial phytopathogens was tested against extracts of ethyl acetate, chloroform, methanolic and the crude aqueous extract of the aerial parts of *V. iphionoides* to measure their resistance level. The phytochemical investigations of the various articles studied revealed the presence of bioactive molecules that explain the antimicrobial activity of the extracts. Based on the analysis of previous articles is proposed an hypothesis that extracts of *Varthemia* can be used as bio-pesticide formulation to control crop losses due to tomato pathogens and is an excellent alternative to toxic chemicals used for the preservation of these products.

Key words: tomato phytopathogens, *Varthemia*, *V. iphionoides*, biological activities, antimicrobial activity, bioactive molecules.