

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE BLIDA1



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

**Projet de Fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master 2
Académique en Science de la Nature et de la Vie**

FILIERE : AGRONOMIE

OPTION : PHYTOPHARMACIE ET PROTECTION DES VEGETAUX

Thème

**Etude de l'effet de quelques traitements biologiques sur le
nématode du Citrus *Tylenchulus semipenetrans*
(Nematoda-Tylenchida).**

Présente par : M^{lle}BOUDAUD ZOHRA et M^{lle}CHELIHI BESMA

Soutenu devant le jury composé de:

M ^{me} SABRI K.	MAA	Univ. Blida1	Présidente
M ^{me} OUANIGHI H.	MAA	Univ. Blida1	Examinatrice
M ^{me} NEBIH D.	MCA	Univ. Blida1	Promotrice
M ^{lle} REGUIGE B.	Doctorante	Univ. Blida1	Co-promotrice

Année universitaire : 2019/2020

Remerciement

Tout d'abord, Nous commençons par remercier le bon Dieu qui nous a doté de la volonté, du courage et surtout de la patience pour produire ce travail et qui nous a aidé à faire face à toutes les difficultés rencontrées lors de son élaboration.

Nous exprimons nos reconnaissances à :

M^{me} NEBIH.D et Co-promotrice M^{elle} REGUIGE.B, pour leurs encadrements tout le long de ce projet et pour leurs aides, orientations et conseils très efficaces.

Nos remerciements vont également à M^{me} SABRI.K, pour l'honneur qu'elle nous a fait de présider le jury et M^{me} OUANICHI H. d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous tenons à remercier l'ingénieuse de laboratoire d'Agronomie M^{me} DJMAI A. pour leur disponibilité et leur patience.

A la mémoire de Mr. BELHAMRA MOHAMED, Professeur à l'université de Khider Mohamed-Biskra et directeur du Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides, qui nous a permis de bénéficier de son aide à Biskra. Que Dieu ait son âme dans sa sainte miséricorde.

Nous remercions tous ceux qui ont participé, de près ou de loin, à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

**A mes très chers parents
Vos encouragements et vos prières m'ont
toujours soutenue et guidé. En ce jour,
j'espère réaliser un de vos rêves et être
ligne de vous. Veuillez trouver, mes très
chers parents, dans cette thèse le fruit de
votre dévouement ainsi que l'expression de
ma gratitude et mon profond amour .que
Dieu vous garde et vous procure santé et
longue vie.**

A ma sœur : Rania

**Et mes frères : Aymen, Abd el Karim et
Fouad**

**Pour leur soutien permanent et leurs
encouragements continus.**

**A ma grand-mère*Yamina* et mon grand-
père *Abd Allah***

**Qui m'ont poussé à donner le meilleure de
moi-même. je vous porte un grand respect.**

**A ma tante Malika je te souhaite tout le
bonheur du monde.**

A mon fiancé

**Je te remercie pour l'encouragement et le
soutien que tu m'as offert**

**A toute ma famille, mes proches et à ceux
qui me donnent de l'amour et de la vivacité.**

Dédicace

Aux êtres les plus chers : Mes parents,

A mon père

Mon plus haut exemple et mon modèle de persévérance pour aller toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras. Pour son enseignement continu à m'inculquer les vrais valeurs de la sa vie et pour ses précieux conseils.

A ma mère

Pour son affection, sa patience, sa compréhension, sa disponibilité, son écoute permanent et son soutien égal dans les moments le plus difficiles de ma vie et son aide si précieuse qui a rendu possible la soutenance de ce mémoire.

**Là où je suis arrivée aujourd'hui c'est à vous
MES CHERS PARENTS que je le dois, que
Dieu vous garde**

A mes chers sœurs et frères

**Aicha, Fella, kheira, Fatiha, khadra, Hamida,
Mohamed, Rabeh et Aissa pour vous
exprimer toute mon affection et ma
tendresse.**

A mes Oncles

Mouloud Ben Tata et Mohamed Ben Tata

Table des matières

Résumé

المباخص Ab

stract

Listes des figures

Liste des tableaux

Introduction	2
Partie 1 :Synthèsebibliographique	4
Chapitre I :lesagrumes	5
I.1. Généralité sur les agrumes(plantehôte)	5
I.2. Caractéristiquesmorphologiques	5
I.3. Classificationbotanique	6
I.4. Importance économique des agrumes	6
I.4.1. Importance danslemonde	6
I.4.1.1 Les principaux producteurs d'agrumes danslemonde.....	7
I.4.2. ImportanceenAlgérie	7
I.5. Espèces et variétés cultivéesenAlgérie	7
I.6. Cycle biologique annueldesagrumes	8
I.6.1. Lacroissancevégétative	9
I.6.2. Lafructification.....	9
I.7. Les exigences pédoclimatiques et facteurs influençant le développement des agrumes	10
I.7.1. Lesexigencesclimatiques	10
I.7.2. Lesexigencesédaphiques	11
I.8. Maladiesetravageurs	12
I.8.1. Les maladiesdesagrumes	12

I.8.2. Les principaux ravageurs des agrumes	15
Chapitre II : Nématode <i>Tylenchulus semipénétrans</i> descitrus	19
II.1. Généralité sur les nématodes	19
II.2. Généralités sur les nématodes phytoparasites	20
II.3. Nomenclatures liées aux nématodes descitrus	21
II.4. Position systématique	21
II.5. Description morphologique de <i>Tylenchulus semipenetrans</i>	22
II.6. Biologie et écologie de <i>Tylenchulus semipentrans</i>	23
II.6.1 Biologie de <i>Tylenchulus semipentrans</i>	23
II.6.2. Écologie de <i>Tylenchulus semipentrans</i>	24
II.7. Distribution des nématodes descitrus	25
II.8. Plantes hôtes et espèces concernées par les nématodes descitrus	26
II.9. Symptômes due aux <i>Tylenchulus</i>	27
II.10. La lutte contre <i>Tylenchulus semipenetrans</i>	28
II.10.1. Traitement préventif	29
II.10.2. Traitement curatif	29
CHAPITRE III : Données bibliographiques sur les plantes médicinales	32
III.1. Introduction	32
III.2. Caractérisation de l'armoise blanche « <i>Artemisia herba-alba</i> (Asso, 1779)	
» .32 III.2.1. Description Botanique	32
III.2.2. Classification de l' <i>Artemisia herba-alba</i>	34
III.2.3. Répartition géographique	34
III 2.4. Composition phytochimique	35
III.2.5. Importance thérapeutique de l' <i>Artemisia herba-alba</i>	35
III.2.6. Importance phytosaniataire de l' <i>Artemisia herba-alba</i>	36
III.3. Caractérisation du genévrier « <i>Juniperus communis</i> L. »	37
III.3.1. Description Botanique	37
III.3.2. Classification botanique de <i>Juniperus communis</i>	38

III.3.3. Répartition géographique de <i>Juniperus communis</i>	38
III 3.4.Composition phytochimique	40
III.3.5.Importance thérapeutique	40
III.4. Caractérisation du marrube blanc « <i>Marrubium vulgare</i> »	41
III.3.1.Description Botanique	41
III.4.2. Classification botanique du Marrube blanc	42
III.4.3. Répartition géographique	42
III 4.4.Composition phytochimique	42
III.4.5. Importance thérapeutique	43
III.4.6. Importance phytosaniataire de <i>M.vulgare</i>	43
Partie 2:Expérimentale	45
Chapitre IV : Matérielset méthodes.....	46
IV.1. L'objectif	46
IV.2. Matériel biologiques	46
IV.2.1. Matériel végétal.....	46
IV.2.2. Matériel tellurique	46
IV.2.3. Matériel animal	47
IV.3. Méthodes de travail	47
IV.3.1. Echantillonnage du sol	47
IV.3.2. Extraction des nématodes du sol	47
IV.3.3. Préparation du matériel végétal.....	50
IV.3.4. Préparation des extraits aqueux des espèces testées	52
Conclusion Générale	55
Références bibliographiques	58

Résumé

Etude de l'effet de quelques traitements biologiques sur le nématode du Citrus *Tylenchulus semipenetrans* (Nematoda-Tylenchida).

La lutte chimique contre les ravageurs des cultures représente une part très importante des coûts de production. De plus, plusieurs produits nématicide, essentiellement des fumigants, sont retirés du marché à cause de leurs effets néfastes sur la plante et la santé humaine et sur l'environnement. Par conséquent, la recherche s'est orientée vers la découverte d'autres méthodes alternatives au moyen chimique moins polluantes et moins coûteuses. L'utilisation des extraits de plantes à effets nématicide représente une des solutions pouvant contribuer à réduire le problème des nématodes, notamment dans le cas de *Tylenchulus semipenetrans*. Ce nématode a été signalé sur agrumes dans la Mitidja et dans les vergers d'orange Variété Thomson de la région de Tizi-Ouzou. Il provoque plusieurs dégâts, principalement une perte de vigueur des plantes, des chloroses, une diminution de la surface foliaire, une défoliation et le dépérissement lent des arbres (slow declin). Vu l'importance économique cette espèce et son ubiquité dans les vergers agrumicole, nous avons choisi de tester l'effet nématicides des extraits aqueux formulés à base de trois plantes médicinales (*Artemisia herba-alba*, *Juniperus communis* et *Marrubium vulgare*) sur les différents stades de développement de *T. semipenetrans*. Les extraits aqueux des organes des plantes ont été préparés au laboratoire selon le procédé d'extraction par macération. L'extraction des nématodes du sol des agrumes a été réalisée par la méthode de flottaison et sédimentation, notre travail expérimental a été fait jusqu'à ces étapes.

Mots clés : Agrumes, Effet nématicide, Plantes médicinales, *Tylenchulus semipenetrans*

الملخص

دراسة تأثير بعض العلاجات البيولوجية على الديدان الخيطية الخاصة بالحمضيات (نيماتودا) في إنتاج الفواكه في تونس.

تمثل المكافحة البيولوجية للديدان الخيطية الممرضة للمحاصيل حزمة من الممارسات الزراعية التي تهدف إلى الحد من انتشارها في التربة، ومن ثم سحب العددي من منتجاتها. الديدان الخيطية (النيماتودا)، وخاصة مواد التبخير، من السوفيسبات آتارها الضارة على النباتات و صحة الإنسان وعلك البيئية. لذلك، نمرؤجيه البحث نوك نش اف طرق بديلة أخرى، أول بلوويًا أو أقل نك لفة من الطرق الكيمياءية. يع داس تخدام المرسن خلصات النباتية ذات التأثيرات القابلة للبيمرانودا

أحد الحلول التي يمكن أن تساعد في تقليل مرشك لة الديدان الخيطية، خاصة في حالة نيمرانودا الحمضية

(*Tylenchulus semipenetrans*). نمرالبالغ عن هذه الديدان الخيطية في الحمضيات في مريجة وفي بساتين

البريقال للنوع طومسون في منطقة نيزي وزو. انه يسبب العددي من الأضرار، بشكل رئيسي فدان قوة

النباتات، وداء الخضرار، وان خفاض مساحة الأوراق، ونساقط الأوراق، وتدهور الشجار الطبقي. نظرًا لأهمية

القضايا هذه النوع وان نشاره في كل مكان في بساتين الحمضيات، فف داخ نرناخ نبارالتأثير المبريدي لديدان

الخيطية للمرسن خلصات المرائية المركونة من نالنة نباتات طبية الشج، العرعاروالنيمريوت *Artemesia* (

Juniperus communis و *herba-alba* و *Marrubium vulgare*) على المراحل المخلفة لتطوره م. تم تحضير

المرسن خلصات المرائية للأعضاء النباتية في المخنبر باستخدام عملية الاستخالص بالنقع. تم استخالص

الديدان الخيطية من نربة الحمضيات بطريقة النعوم والنرسب، ونم ننفذ عملنا التجريبي حن هذ

ي ه

المراحل.

الكلمات المفتاح: نمرالحمضيات، تأثير مبريدالديدان الخيطية (النيماتودا)، النباتات الطبية

Abstract

Study of the effect of some biological treatments on the nematode of Citrus *Tylenchulus semipenetrans* (Nematoda-Tylenchida).

Chemical control of crop pests represents a very important part of production costs. In addition, several nematicide products, mainly fumigants, are being withdrawn from the market because of their harmful effects on plants and human health and on the environment. Therefore, research has been directed towards the discovery of other less polluting and less expensive alternative methods to the average chemical. The use of plant extracts with nematicidal effects is one of the solutions that can help reduce the problem of nematodes, especially in the case of *Tylenchulus semipenetrans*. This nematode has been reported on citrus in Mitidja and in Thomson variety orange orchards in the Tizi-Ouzou region. It causes several damages, mainly a loss of vigor of the plants, chlorosis, a decrease in leaf area, defoliation and the slow decline of trees. Considering the economic importance of this species and its ubiquity in citrus orchards, we chose to test the nematicidal effect of aqueous extracts formulated with three medicinal plants (*Artemisia herba-alba*, *Juniperus communis* and *Marrubium vulgare*) on the different stages development of *T. semipenetrans*. Aqueous extracts of plant organs were prepared in the laboratory using the maceration extraction process. The extraction of nematodes from citrus soil was carried out by the flotation and sedimentation method, our experimental work was carried out up to these stages

Keywords: Citrus fruits, Nematicidal effect, Medicinal plants, *Tylenchulus semipenetrans*

Listes des figures

Figures	Titres	pages
Figure 01	Evolution de la production mondiale par variétés d'agrumes	7
Figure 02	Production des agrumes en Algérie de l'année 2018.	8
Figure 03	Cycle phénologique du clémentinier	10
Figure 04	La gommose des agrumes	12
Figure 05	Toxoptera citricida	13
Figure 06	Différents symptômes provoqués par Citrus tristeza Virus	13
Figure 07	la cicadelle <i>Circulifer haematoceps</i>	14
Figure 08	Symptômes de stubborn	14
Figure 09	Mâle et femelle d'une cochenille noire sur une feuille d'agrumes	15
Figure 10	Cochenille farineuse sur une feuille d'agrumes	16
Figure 11	Le puceron vert et noir de l'oranger	18
Figure 12	Femelle sédentaire du nématode : <i>Tylenchulus semipetrans</i>	22
Figure 13	Cycle de vie simplifié de <i>Tylenchulus semipetrans</i>	24
Figure 14	Cartes de distribution des <i>Tylenchulus semipetrans</i>	26
Figure 15	Qualité de l'enracinement des plants de 'Maltaise douce' greffés sur bigaradiers indemnes et infestés par le nématode des citrus.	28
Figure 16	les feuilles très petites que le normal	28
Figure 17	l'armoise de la région de Boussaâda	32
Figure 18	Morphologie générale de plante d'Artemisia herba-alba	34
Figure 19	Genévrier dans la région de Boussaâda	38
Figure 20	Carte de la répartition de <i>Juniperus communis</i>	39
Figure 21	Répartition de <i>Juniperus communis</i> en Algérie	40
Figure 22	Marrube blanc dans la région de Boussaâda	41
Figure 23	Etapas du procédé d'extraction des nématodes	49
Figure 24	Purification des nématodes par passage actif	50
Figure 25	Photos des trois espèces à tester	50
Figure 26	Séchage des différentes parties des espèces	51
Figure 27	Broyage des différentes parties des espèces et la conservation	51
Figure 28	centrifugeuse utilisée type «LABOFUGE 400R»	53
Figure 29	Préparation des extraits aqueux	53

Liste des tableaux

Tableau 1: Variétés du patrimoine agrumicole Algérien(ITAFV,2013)	8
--	---

Introduction

Introduction

Introduction

Les plantes médicinales sont des plantes dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses. Elle contient, au niveau de leurs organes, un ou plusieurs principes actifs utilisables à des fins thérapeutiques (**Omar et Mohammed, 1993**). Elles sont impliquées dans différents secteurs sous forme de principes actifs, des huiles, des extraits, des solutions aqueuses ou organiques ou même telles qu'elles (entières) (**Ahmed, 1995**).

De nos jours, les agrumes sont les fruits les plus consommés dans le monde, leur production dépasse 100 millions de tonnes par an. Le bassin méditerranéen produit plus du quart de la production mondiale (**USDA, 2017**).

La filière agrumicole présente un intérêt vital pour un grand nombre de pays de par leur importance économique notamment les revenus appréciables qu'elles génèrent, et leur transformation en divers dérivés tel que le jus, la confiture et autres. L'Algérie, par sa situation géographique, son climat et la qualité de sa production peut prétendre à occuper une bonne place parmi les pays producteurs des agrumes du bassin méditerranéen.

L'agrumiculture est sujette à diverses attaques non seulement par plusieurs types de micro-organismes pathogènes ,mais aussi d'autres bios agresseurs comme les acariens, les insectes, et les nématodes. Parmi eux le genre *Tylenchulus semipenetrans*. Il est très répandu dans les régions productrices d'agrumes dans le monde, 50-90% des vergers sont infestés dans de nombreuses régions (**Sorribas et al. 2000; Maafi et Damadzadeh, 2008; Sorribas et al.,2008**).

Le nématode du *Citrus* est un phytoparasite très dangereux. Il est l'agent causal de la maladie Slow décline du *Citrus*. Cette maladie est un problème universel rencontré en pépinière et dans les vergers d'agrumes. Les attaques du nématode limitent fortement la production des agrumes sous une large gamme de condition environnementale et édaphique (**Khanzada et al., 2007**).

En Algérie très peu de travaux ont concerné ce nématode, la première signalisation revient Trabut en 1915et à Scotto la Massèse (1966). Par la suite une étude sur les porte-greffes a été établie par Scotto la Massèse et al. (1974).

Introduction

Vu l'importance de ce phytoparasite nous avons jugé nécessaire d'entamer cette première étude afin d'évaluer les potentialités nématocides des extraits aqueux à base des différentes parties (feuilles, rameaux et fruits) de trois espèces médicinales *Artemisia herba-halba* L., *Juniperus communis* L. et *Marrubium vulgare* L. sous deux formes sèche et fraîche sur le nématode de *Citrus* « *Tylenchulus semipenetrans* » dans les conditions de laboratoire.

Partie 1 : Synthèse bibliographique

Chapitre I : les agrumes**I.1. Généralité sur les agrumes (plante hôte)**

Actuellement, on considère que toutes les espèces d'agrumes sont originaires des régions subtropicales et tropicales de l'Asie (**Manner et al., 2005**). Les agrumes ont été disséminés au cours des siècles dans différentes régions du monde. Leur apparition dans le bassin méditerranéen est très ancienne et remonte aux échanges entre l'orient et l'Occident. Ultérieurement, les contacts établis par les navigateurs de XV^e siècle ont conduit à amplifier la dissémination de ces arbres qui ont été redistribués vers les zones tropicales d'Afrique et d'Amérique, à partir de l'Europe (**Aubert et Vullin,1997**).

Le mot Agrume provient du latin *acrumen* qui désignait dans l'antiquité des arbres à fruits acides, appartenant à la famille des Rutacées et au genre botanique *Citrus*, d'origine de la chine, Inde et Indonésie (**Benediste et Baches, 2002**). Les agrumes se distinguent par leur grande diversité, tant au niveau des variétés cultivées (Oranges, mandarines, Thomson, clémentines, pomelos, citrons, limes, pamplemousses pour ne citer que les plus courants) reflètent d'une certaine manière la richesse et la variabilité de ces arbres, du fait de l'extension de cette culture (**Virbel-Alonso,2011**).

D'après **Benediste et Baches (2002)**, les espèces des agrumes sont de trois genres principaux :

- * Le genre *Poncirus*
- *Le genre *Fortunella*
- *Le genre *Citrus*

Ce dernier genre (*Citrus*) c'est le plus important avec 145 espèces dénombrées. C'est au sein de ce genre que se rencontrent les principales espèces cultivées qui sont : les oranges (*Citrus sinensis*), les mandariniers (*Citrus reticulata*), les clémentiniers (*Citrus. Climontia*), les citronniers (*Citrus Limon*), les pomelos (*Citrus Paradisi*), les cédratiers (*Citrus medica*), les bigaradiers (*Citrus aurantium*) (**Loussert, 1989**).

I.2. Caractéristiques morphologiques

Les agrumes sont des arbres atteignant de 5 à 15 m de hauteur (**CIRAD-GRET, 2009**). Ils sont souvent assez épineux à feuillage dense, persistant à l'exception de quelques variétés hybrides dont les feuilles sont caduques ou semi-persistantes. La couleur des feuilles âgées

sont d'un vert généralement très foncé, les jeunes pousses sont d'un vert nettement plus clair (**Bachés et Bachés, 2011**). Le fruit est formé de segments contenant les graines, les segments sont entourés d'un endocarpe blanc à l'extérieur duquel une écorce à très nombreuses glandes à essence, devenant jaune ou orange à maturité (**Benaissat ,2015**). Selon **El Otmani (2005)**, les agrumes sont généralement classés parmi les espèces végétales pérennes moyennement sensibles au froid, ceci est dû à leur incapacité à survivre sous des températures froides que supportent les espèces ligneuses, des zones de latitudes élevées qui peuvent atteindre des valeurs voisines de 40°C.

I.3. Classification botanique

D'après **Adjdir et Bensnoissi (2009)** la position taxonomique des agrumes est indiquée comme suite :

Règne : Plantae.

Embranchement : Spermaphytes

Classe : Eudicotylédones.

Ordre : Germinale(Rutales).

Famille : Rutaceae.

Genre : Citrus, Poncirus, Fortunella.

I.4. Importance économique des agrumes

I.4.1. Importance dans le monde

Selon les données du département Américain de l'agriculture, la production mondiale d'agrumes(**figure 1**) tous produits confondus s'élève à plus de **90 Mt** pour la campagne **2016/2017** avec un TCMA de **1,2%** durant la période **2007-2017**(**USDA, 2017**).

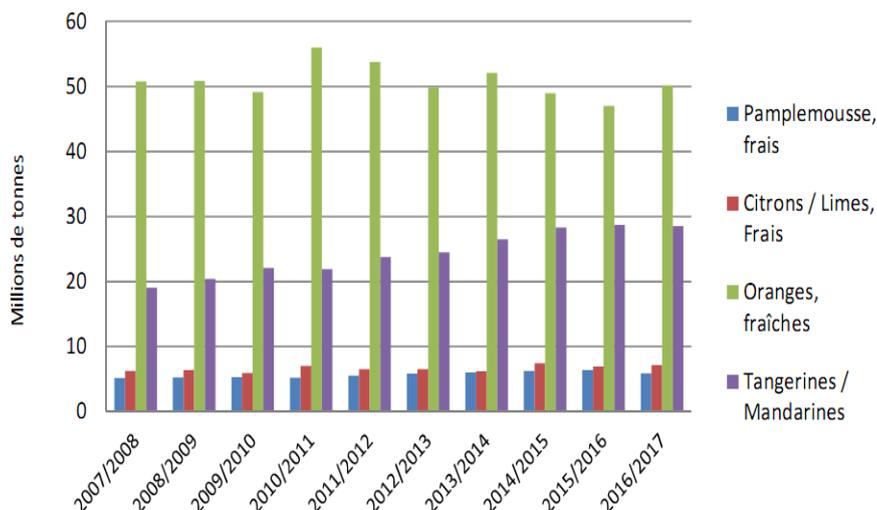


Figure 1: Evolution de la production mondiale par variétés d'agrumes (MT) (USDA, 2017).

I.4.1.1 Les principaux producteurs d'agrumes dans le monde

La Chine est le premier producteur d'agrumes dans le monde avec une part de 34% et un volume de 29.5 millions de tonnes, elle est suivie par le Brésil avec une part de 20%. L'union Européenne (UE) arrive au 3^{ème} rang, suivi par le Mexique (6,7 millions de tonnes) et les Etats Unis (4,6 millions de tonnes). Le Maroc occupe la 7^{ème} position, suivi par la Turquie avec une part de 1,6% et la Tunisie avec 0,7% (USDA, 2017).

I.4.2. Importance en Algérie

En Algérie, la production d'agrumes devrait atteindre au cours de la saison agricole 2013- 2014 environ 355 000 tonnes, soit une hausse de 7%, indiquent les prévisions du ministère de l'Agriculture. Cette hausse proviendrait essentiellement de la hausse de production des citrons (32%), de la clémentine (22%), de la variété Valencia (13%) et de la mandarine (10%) (FAO, 2016).

I.5. Espèces et variétés cultivées en Algérie

En Algérie, le verger agrumicole (**Figure 2**) est constitué de tous les groupes Citrus avec une prédominance des orangers, qui occupent 73,2% de la production agrumicole totale, suivis des groupes des clémentiniers, des citronniers, des mandariniers et des pomelos avec des taux respectivement de 16,5%, de 6.9% de 4% et de 0,1%(Guenouni et al .,2013).

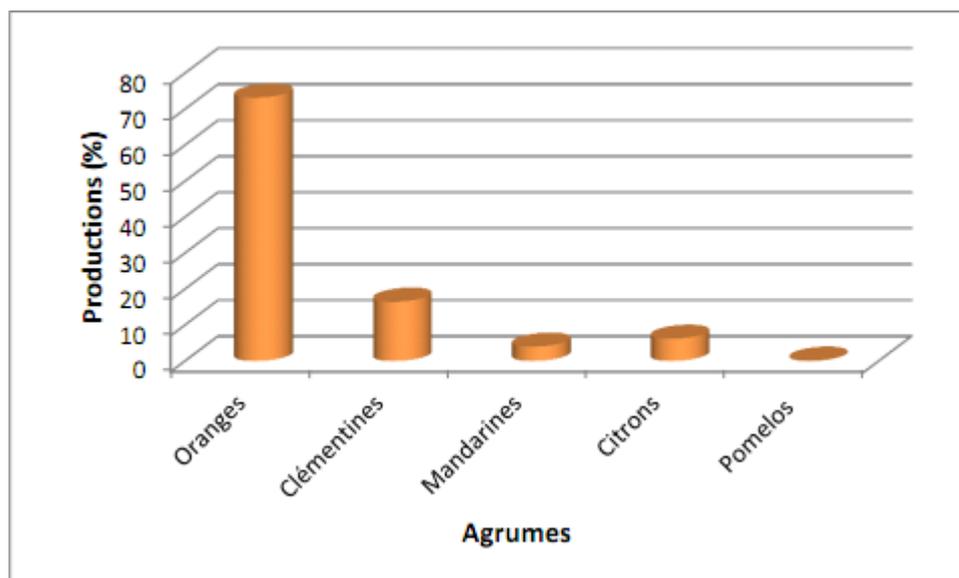


Figure 2: Production des agrumes en Algérie de l'année 2018. (MADR, 2018).

Les variétés les plus réponsus en Algérie sont mentionnées dans le tableau suivant (Tableau1)

Tableau 1: Variétés du patrimoine agrumicole Algérien (ITAFV, 2013)(Création d'un verger d'agrumes, Tome III, guide technique Document élaboré par les services techniques de l'I.T.A.F.V)

Groupes					
Oranger	Clémentinier	Mandariner	Citronnier	Pomélos et Pomploumoussier	Limetiers et Cédratier
Thomson navel -Portugaise -Maltaise -Sanguine -Salustiana	-Nova -Clémentine 2749 (Sans pépins) -Montréal	-Satsuma -Mandarine commune -Mandarine de Blida - Wilkins - Mandarine ortanique	Eurêka 4 Feminello Lisbonne Santa Térésa	-Marsh seedles Pamplemousse à chair jaune	Lime Tahiti Lime Mexicaine Cédratier de Corse Cédratier Etrog

I.6. Cycle biologique annuel des agrumes

Le cycle annuel des agrumes débute par une phase de dormance suivie par une phase de débourrement et de croissance durant laquelle il y'a le gonflement des bourgeons et le développement des feuilles suivis de la floraison et de la fructification. (Agusti et al ., 1995).

I.6.1. La croissance végétative

D'après **Jacquemond et al. (2009)**, il existe trois phases annuelles de croissance et de renouvellement végétatif chez les agrumes

- **La première poussée de sève (PS1) au printemps** : c'est la prédominante (fin février – début mai). Elle est la pousse la plus importante et la plus florifère.
- **La pousse d'été (PS2) (Juillet – Aout)** : elle est moins importante que celle du printemps.
- **La pousse d'automne (PS3) (Octobre – fin Novembre)** : elle assure le renouvellement des feuilles.

La pousse d'été et surtout celle d'automne sont celles qui contribuent à la croissance végétative de l'arbre et à la production des rameaux qui seront producteurs de fleurs et de fruits l'année suivante (**Jaquemond et al ., 2009**).

I.6.2. La fructification

Elle se caractérise par quatre phases distinctes (**Figure 3**)

- **La floraison** : elle a lieu au printemps.
- **La pollinisation et la fécondation** : elle se déroule durant le mois de mai et juin.
- **La nouaison et le grossissement du fruit** : il a lieu en mai-juin.
- **La maturation des fruits** : le fruit atteint son calibre final en octobre (**Sinha et al .,2012**).

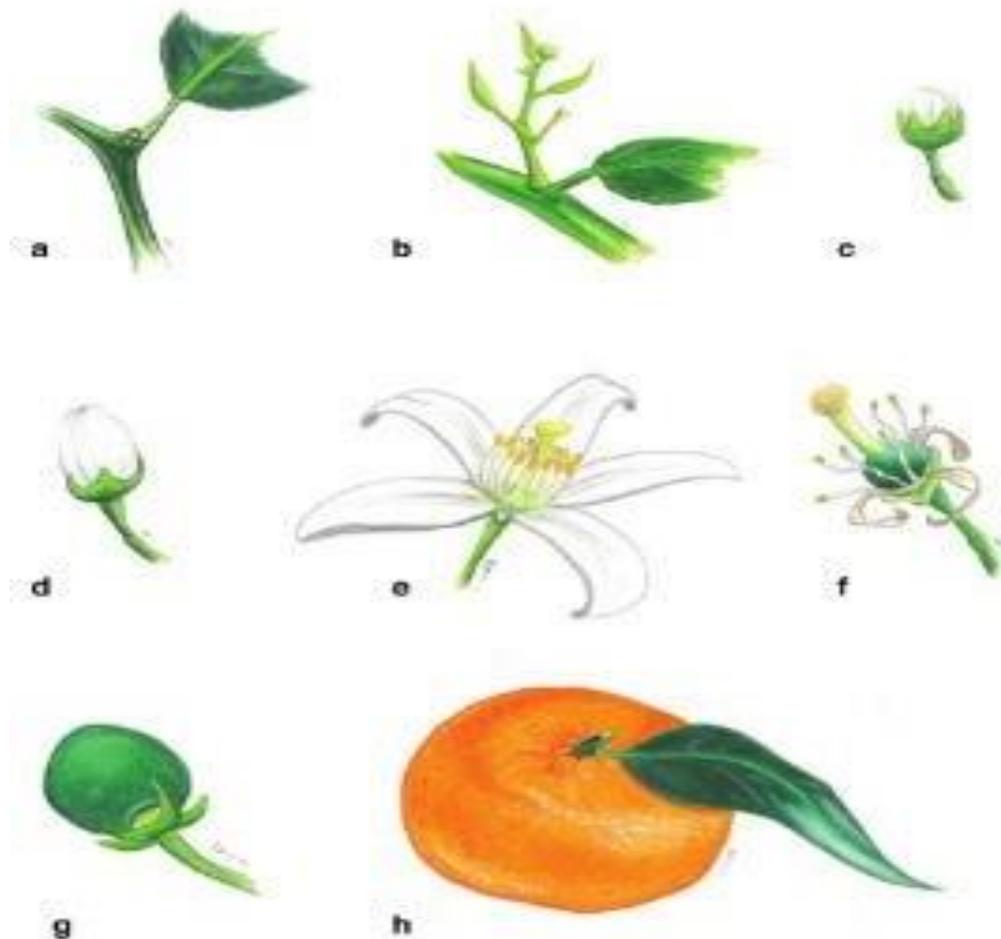


Figure 3: Cycle phénologique du clémentinier (Curk, 2013).

(a) : Développement du bourgeon : stade début du gonflement du bourgeon ; (b): Développement du bouton floral : stade bouton vert ; (c) : Développement du bouton floral : stade bouton blanc ; (d) : Développement du bouton floral : stade ballon ; (e) : Floraison : stade fleur épanouie ; (f) : Floraison : stade chute des pétales ; (g) : Développement du fruit : stade nouaison ; (h) : Maturation du fruit : stade maturité interne et externe.

I.7. Les exigences pédoclimatiques et facteurs influençant le développement des agrumes

I.7.1. Les exigences climatiques

I.7.1.1. Effet de la température

Les agrumes sont considérés comme des arbres à climat chaud, néanmoins, les températures minimales et maximales constituent un facteur limitant. La sensibilité des températures extrêmes (maximales et minimales) varie en fonction des espèces. Les Citrus

peuvent bien produire sous toute une gamme de températures allant de 13 à 39 °C. Le seuil des températures maximales se situe entre 50 et 52°C, Tandis que celui des minimales dépend de l'espèce comme le citronnier (la température idéale se situe entre 8 et 12°C°) (Yabyenda, 2006).

I.7.1.2. Effet de la pluviométrie

Les agrumes sont des arbres à feuilles persistantes à fort besoins en eau qui varient entre 900 et 1200 mm par an. L'eau est donc un véritable facteur de rendement, de par sa quantité mais aussi sa qualité. En effet, un excès de chlorure, de sodium ou de magnésium dans l'eau, est nocif pour la culture du citronnier (Kasraoui, 2006 et 2009).

I.7.1.3. Effet du vent

Le vent fort diminue l'hygrométrie en fin d'hiver et au printemps. Il défavorise ainsi la floraison et la nouaison chez la plupart des agrumes et particulièrement chez le clémentinier. Il provoque des lésions sur les fruits par frottements (marbrures) et une défoliation à laquelle sont très sensibles un grand nombre d'espèces dont les citronniers, cédratiers, clémentiniers. L'implantation de haies brise-vent est nécessaire dans les zones régulièrement sujettes à des vents violents (Nyabyenda,2006).

I.7.2. Les exigences édaphiques

I.7.2.1. Effet des sols

Les agrumes possèdent un système racinaire important, il est nécessaire d'éviter les sols trop argileux ou battants et de préférer les sols homogènes, profonds, légers et bien aérés. En général, les sols dont le pH est compris entre 6 et 7 conviennent à ces cultures (Loussert, 1989).La large gamme de porte-greffe disponible permet, avec un choix judicieux, d'implanter les agrumes dans des sols très variables en termes de pH, de texture et d'équilibre chimique (Anonyme,2016).

Sur le plan physique, il y'a lieu de retenir les terrains répondant aux critères suivants :

- Sol meuble, homogène et bienaéré.
- Sol à texture dominante grossière : éviter les sols trop argileux oubattants.

I.8. Maladies et ravageurs

I.8.1. Les maladies des agrumes

Les agrumes avec leur diversité, sont assujettis à plusieurs types de maladies physiologiques et parasitaires. A travers les régions agrumicoles mondiales, il a été rapporté plusieurs cas de maladies graves dont les dégâts ont pris un aspect désastreux (Biche, 2012).

I.8.1.1. La gommose

Appelée encore maladie du collet, la gommose est provoquée par un champignon qui appartient au groupe Péronosporales, du genre *Phytophthora* (Jamoussi, 1955). Son développement est favorisé par les sols mal drainés et l'humidité excessive (Polese, 2008).

Selon Ippolito et al. (2004), les symptômes dus à cette maladie sont représentés par des boursouflures et des plaques transparentes jaunes claires d'épaisseur variable au niveau de l'écorce. Des exsudations de gomme au niveau du tronc et des branches entraînent un jaunissement et flétrissement des feuilles sur les nervures. Un affaiblissement des racines. Une décoloration marron clair des fruits avec mycélium blanc sur la surface (Figure4).



Figure 4: La gommose des agrumes (Original, 2020).

I.8.1.2. La Tristeza «*Citrus tristeza Virus* :CTV»

Le Citrus tristeza Virus (CTV) des agrumes est un Closterovirus, sa transmission se fait selon un mode semi-persistant par plusieurs espèces de pucerons comme (*Toxoptera citricida*) (Figure 5) (Nieto-Nafria et al., 2005).



Figure 5: *Toxoptera citricida* (Grafton-Cardwell, 2012).

Selon **Fajinmi et al . (2011)**, le symptôme le plus dangereux est le « Quick Decline » ou la mort rapide de l'arbre qui affecte les orangers, les mandariniers et les pomelos greffés sur bigaradier. Le Stem-Pitting est le symptôme cortical typique de la Tristeza, il se présente sous forme de cannelures plus au moins régulières qui correspondent au dépérissement du bois. Un ralentissement de la végétation et réduction du rendement des fruits en qualité et quantité. Sur les feuilles, la maladie se manifeste par des éclaircissements des nervures accompagnés par un ralentissement de la végétation (**Figure6**).



Figure 6: Différents symptômes provoqués par Citrus tristeza Virus (Roistacher, 2010)

A-Réduction de la qualité et la taille des fruits ; **B** -Jaunissement des nervures «Vein Clearing» sur feuilles de limettier.

I.8.1.3-Stubborn des agrumes «*Spiroplasma citri*»

Le stubborn est une grave maladie infectant les agrumes principalement l'oranger doux et le pamplemoussier des régions chaudes de l'Amérique du Nord, de l'Afrique, de l'Asie et des pays méditerranéens (Bové, 1995). Cette maladie est causée par le *Spiroplasma citri*, qui est transmis par des insectes hémiptères piqueurs-suceurs (Labroussaa, 2008). Comme La cicadelle (*Circulifer haematoceps*) (Figure 7) (Breton,2009).



Figure 7: la cicadelle *Circulifer haematoceps* (Labroussaa, 2010).

Les symptômes caractéristiques du stubborn sont au niveau des feuilles, qui deviennent de petites tailles et en forme de cuillère. Les fruits sont déformés et les pépins avortés ou nécrosés (Figure 8 a b c) (Roistacher, 1991; Yokomi *et al.*, 2008). Une inversion de la coloration est également observée au cours de la maturation des fruits, la couleur orange apparaît du côté pédonculaire et non pas stylaire (Breton,2009).



Figure 8: Symptômes de stubborn ; a : Fruits déformé ; b: Pépins avortés et nécrosés; c: Petites feuilles en forme de cuillère (Roistacher, 2010).

I.8.2. Les principaux ravageurs des agrumes

Les agrumes sont la cible d'une large communauté de ravageurs qui peuvent altérer la plante hôte à différents stades phénologiques (Quilici *et al.*, 2003). Ce cortège de ravageurs rassemble plus d'une vingtaine d'espèces, qui font partie en général des cinq (5) ordres (Lepidoptera, Diptera, Thysanoptera, Hemiptera et Coleoptera). Les dégâts causés par l'activité de ces ravageurs sont de natures variées et nuisent à la santé du verger ou a minima déprécient l'aspect visuel du fruit (Quilici *et al.*, 2003).

I.8.2.1. La cochenille noire ou pou noir (*Parlatoria aziziphi*)

C'est une espèce commune, appelée localement pou noir de l'oranger. Elle peut manifester des pullulations intenses dans les vergers serrés, mal aérés. Elle prend une importance économique particulière du fait qu'elle résiste bien aux nettoyages, au cours du conditionnement des fruits (Sigwalt, 1971).

Morphologiquement le corps de la femelle adulte est couvert par un bouclier (Figure 9), mesure environ 1,25-1,4 mm de long et 0,6-0,75 mm de large. Il est composé d'exuvie sub-rectangulaire avec des coins arrondis, avec une frange étroite de cire blanche sur la marge postérieure. L'exuvie du premier stade est attachée à la marge antérieure de l'exuvie du deuxième stade. Le bouclier du mâle est blanc; allongée, plate, avec de grandes exuvies terminales noires à brunes et représentant environ 1/3 de la taille de la femelle (Fasulo et Brooks, 2004 ; Miller et Davidson, 2005).

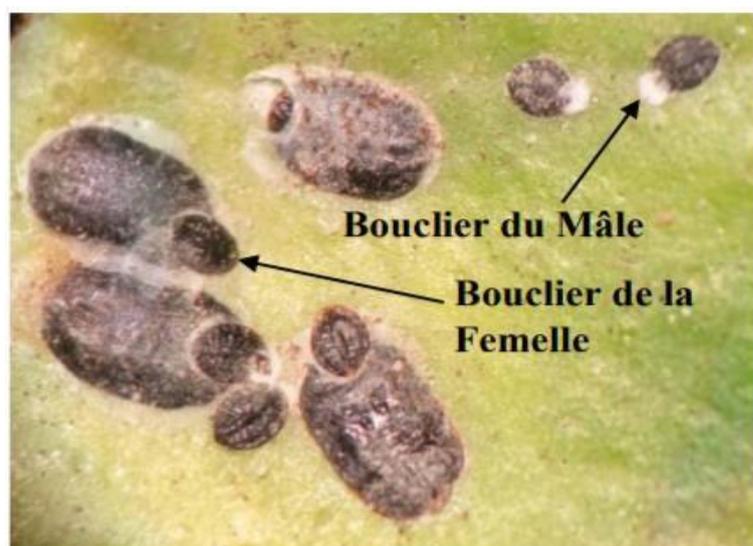


Figure 9: Mâle et femelle d'une cochenille noire sur une feuille d'agrumes (Krache et Bendenia, 2018).

Podsiadlo et Bugila (2007) signale que *P. ziziphi* est un ravageur spécialisé des agrumes. Il est considéré comme l'un de leurs principaux ravageurs dans certaines zones. L'insecte provoque le dépérissement des brindilles, chute prématurée des fruits et des feuilles, et la déformation des fruits. Il est fait généralement si bien partie du fruit qui ne peut être enlevé, ce qui provoque une dépréciation de la qualité des fruits. Cela réduit la valeur commerciale de ces derniers et peut les rendre impropres à la consommation humaine (**Blackburg et Millert, 1984**).

I.8.2.2. Cochenille farineuse des agrumes (*Planococcus citri*)

Morphologie de la femelle *P. citri* adulte a un corps ovale allongé plat d'environ 3 mm de long et 1,5 mm de large, avec 18 paires de filaments cireux courts autour de la marge du corps. Parmi eux 17 paires sont égaux alors que la 18^{ème} paire anal est un peu plus longue (pas plus de deux fois la longueur des autres) (**Ortu et al., 2002**).

Le mâle *P. citri* adulte est un minuscule insecte ressemblant à des moucheron. Il a un corps allongé (**Anonyme, 1984**). Les mâles sont de couleur semblable à celle des femelles et ont deux longs fils de cire blanche en saillie vers l'arrière. Les mâles adultes sont ailés et donc capables de voler vers de nouvelles plantes hôtes à des fins d'accouplement (**Anonyme, 2007**) (**Figure 10**)

Les œufs sont de forme oblongue, de couleur jaune pâle ou rose et sont en grappes de cinq à 20 sacs à l'intérieur des œufs composé de filaments blancs cotonneux-cireux (**Ortu et al., 2002 ; Nkrumah, 2001**).



Figure 10: Cochenille farineuse sur une feuille d'agrumes (**Krache et Bendenia, 2018**).

Les femelles adultes se nourrissent de fruits et de brindilles d'agrumes en suçant la sève et par conséquent, les plantes deviennent souvent rabougries, déformées ou jaunies et montrent une vigueur réduite (Uygun, 2001 ; Polat et al., 2007 ; Uygun et Satar, 2008). La cochenille des agrumes est également connue comme vecteur de certains virus végétaux importants (Kubiriba et al., 2001 ; Watson et Kubiriba, 2005).

I.8.2.3. Les pucerons des agrumes

Les pucerons sont des parasites majeurs des végétaux dans le monde, avec des conséquences économiques négatives sur l'agriculture, les forêts et l'horticulture (Fournier, 2010). Ils sont considérés comme de redoutables ravageurs pour les plantes cultivées. Ils affectent toutes les parties de la plante (feuilles, fleurs et fruits) en causant leur destruction et dépréciation (Hemidi et al., 2013 ; Boualem et al., 2014) (Figure 11). Les œufs sont minuscules à peu près sphériques. Habituellement gris foncé ou noir, mesurant environ 0.5 à 1 mm de long et sont pondus en groupe ou isolément selon les espèces (Sutherland, 2006).

Les pucerons adultes d'environ 2 à 4 mm de longueur avec des téguments mous, un corps ovales et un peu aplati (Fraval, 2006). Les cornicules sont rarement absents chez les Aphidididae (Bonnemain, 2010). Ils ont des yeux composés et des antennes longues et fines (Sullivan, 2008) composées de 3 à 6 articles (Fraval, 2006). De plus, ils ont, une nervation assez complexe; à l'extrémité de l'aile, la radiale émerge du stigma pour former une cellule ouverte. La nervure médiane présente deux ou trois branches (Turpeau et al., 2015). Les différents stades larvaires ressemblent aux adultes aptères mais de petite taille et certains caractères sont parfois moins prononcés (Fredon, 2008).

Les aphides causent de graves pertes aux plantes cultivées (Qubbaj et al., 2004). Ils affaiblissent la plante, engendrent l'avortement des fleurs, l'enroulement et la chute des feuilles (Christelle, 2007; Giordanengo et al., 2010).



Figure 11: Le puceron vert et noir de l'oranger (Anonyme, 2013)

Chapitre II : Nématode *Tylenchulus Semipenetrans* des Citrus

Chapitre II : Nématode *Tylenchulus semipenetrans* des citrus

II.1. Généralités sur les nématodes

Les Nématodes (Némathelminthes) ou « vers ronds » forment un groupe zoologique d'organismes vermiformes. Ils présentent une symétrie bilatérale. Le corps est non segmenté et recouvert d'une cuticule transparente mais résistante. La majorité des nématodes telluriques mesurent entre 0.6 et 0.8mm de long et entre 0.025 à 0.5 mm de large (**Sumenkova, 1988**). Certains comme les *Longidoridae* atteignant 4mm (**Coyne et al., 2010**). Ils sont ubiquistes (toutes latitudes et tous climats) et colonisent tous les types de milieux ; les eaux continentales et océanique (salées et douces) et les sols. Certains d'entre eux se sont adaptés à la vie parasitaire chez l'homme, les animaux et les végétaux (**Ali,2010**).

Ce sont des organismes aquatiques aérobies, ils se déplacent dans le sol dans l'eau porale en ondulant grâce à leurs muscles longitudinaux. Les nématodes ont une capacité de colonisation très élevée et peuvent être échantillonnés à toutes les saisons. En outre, certaines espèces de nématodes peuvent résister à des conditions extrêmes puisqu'il est possible de les congeler ou de les déshydrater à des fins expérimentales (**Bonger, 1990**). Les nématodes sont majoritairement présents dans les couches superficielles du sol, mais peuvent également se trouver dans les zones de prospection racinaire profonde (cas des espèces ligneuses). Ils constituent l'un des groupes d'animaux les plus nombreux et les plus répandus dans le sol et les mieux caractérisés d'un point de vue taxonomique (**Lee, 2002**). Dans le sol les nématodes sont les animaux les plus abondants après les protozoaires. Ils comptent de 100 à 1000 individus /g de terre. On les différencie on fonction de leur mode trophique : ils peuvent être bactériophage, mycophages, saprophages, prédateurs d'autres organismes du sol, Zooparasites et phytoparasites (**Yeates et al.,1993**).

Les communautés de nématodes du sol ont fait l'objet de plusieurs études dans le but d'estimer l'impact de certaines perturbations sur l'activité biologique des sols par l'utilisation d'indices de biodiversité. Les conclusions fournies par **Neher et al. (1995)** montrent que les meilleurs indicateurs de l'état sanitaire des sols sont basés sur la structure des communautés de nématodes. En raison de leur impact direct sur la production végétale. La recherche agronomique met l'accent sur les nématodes phytoparasites.

Chapitre II : Nématode *Tylenchulus Semipenetrans* des Citrus

II.2. Généralités sur les nématodes phytoparasites

Les Nématodes PhytoParasites (NPP) se trouvent généralement dans le sol ou à l'intérieur des cellules végétales racinaires et parfois foliaires, des tiges ou dans les semences. Ils se distinguent des autres groupes de nématodes du sol par la présence d'une pièce buccale spécialisée : le stylet qui leur sert à perforer les cellules végétales et à y injecter des enzymes lytiques et à en extraire la sève végétale (Coyne *et al.*, 2010). Leurs glandes salivaires excrètent des substances qui peuvent produire des modifications dans les tissus. Ces sécrétions semblent jouer un rôle crucial dans la formation de cellules de la plante hôte en site nourricier comme les nématodes de *Tylenchulus semipenetrans*.

Le cycle de développement des nématodes est typiquement divisé en six (6) stades. Le stade œuf, quatre (4) stades juvéniles et le stade adulte. La durée des stades de développement et du cycle biologique complet diffèrent selon les espèces. Ils dépendent également des facteurs du milieu comme la température, la teneur en eau et la plante hôte. Dans les conditions favorables sous les tropiques de nombreuses espèces ont des cycles de développement très courts avec plusieurs généralement par saison. Ces conditions peuvent conduire au développement très rapide des populations à partir de seulement un individu (auto-fertilisation) ou deux individus (reproduction sexuée). Par ailleurs, les nématodes peuvent survivre à des conditions défavorables comme la saison sèche ou les hivers froids (Coyne *et al.*, 2010).

Les nématodes phytoparasites peuvent être séparés en deux groupes :

- Les nématodes des parties aériennes ceux qui s'alimentent sur les parties aériennes des plantes.
- Les nématodes des parties racinaires ceux qui s'alimentent sur les racines et les tubercules sous terrains.

Ils peuvent également être regroupés selon leur comportement alimentaire et leur mobilité en quatre groupes principaux :

- Endoparasites migrants-des nématodes mobiles qui s'alimentent à l'intérieur des tissus des plantes (racinaires ou partie aériennes).
- Endoparasites sédentaires-des nématodes qui, arrivés sur un site nourricier, cessent d'être mobiles et s'alimentent sur ce site nourricier.
- Ectoparasites-des nématodes qui s'alimentent à la surface des tissus racinaires des plantes (Coyne *et al.*, 2010).
- Semi-endoparasites (migrants/Sédentaire) (Seddiqi, 2000).

Chapitre II : Nématode *Tylenchulus Semipenetrans* des Citrus

II.3. Nomenclatures liées aux nématodes decitrus

a. Noms scientifiques

Tylenchulus semipenetrans

b. Noms communs internationaux

Anglais: Citrus root nematode; root nematode; citrus nematode.

Français : anguillule des racines des agrumes ; anguillule du citronnier ; nématode des agrumes ; nématode des citrus.

Español : nemátodo de las raíces.

c. Code OEPP

Anciennement connu sous le nom de « code Bayer », est un code identificateur utilisé par l'organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes (OEPP), dans un système conçu pour identifier de manière unique les organismes importants pour l'agriculture et la protection des cultures - à savoir les plantes, les ravageurs et les agents pathogènes. Les codes OEPP sont une composante essentielle d'une base de données des noms scientifiques et vernaculaires. D'où le code attribué aux *Tylenchulus semipenetrans* est « TYLESE ».

II.4. Position systématique

Ce nématode connu sous le nom de nématode des agrumes est un semi endoparasite qui est signalé dans toutes les zones agrumicoles dans le monde (**Cobb, 1913**).

Règne : Animalia

Embranchement : Nématoda

Classe : Chromadorea

Ordre : Tylenchida

Famille : *Tylenchulidae*

Genre : *Tylenchulus*

Espèce : *Tylenchulus semipenetrans* (**Cobb, 1913**).

Chapitre II : Nématode *Tylenchulus Semipenetrans* des Citrus

II.5. Description morphologique des *Tylenchulus semipenetrans*

Cette espèce est caractérisée par un dimorphisme sexuel très prononcé avec une hypertrophie de la femelle (**Figure 12**). La partie antérieure est engagée dans les racines, cependant la partie postérieure est allongée enfilée, saccariforme et terminée par une queue qui reste à l'extérieur des racines. La tête dépourvue d'armature céphalique est munie d'un stylet robuste avec des renflements basaux larges. Le bulbe médian est arrondi renfermant des valves larges (**Sellami,2008**).

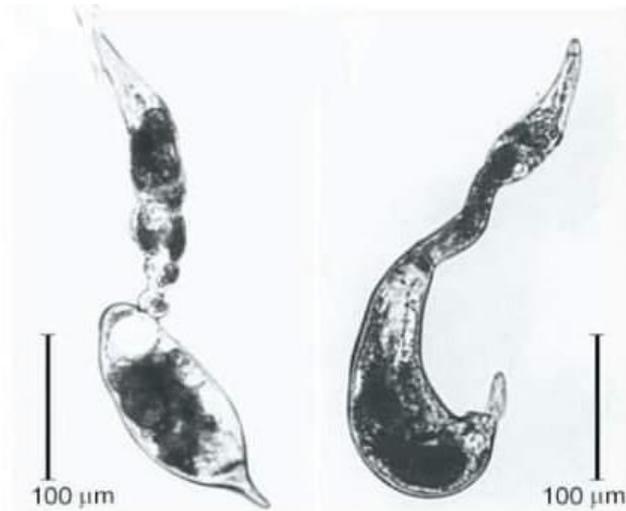


Figure 12: Femelle sédentaire du nématode : *Tylenchulus semipenetrans* (**Cobb, 1913**).

Selon **Rashidifard et al. (2015)** : Les caractéristiques mesurées de la morphologie du nématode sont :

La longueur du corps des femelles (245-295 µm), le stylet des femelles (10-22 µm), les spicules (17-22 µm) et la longueur de la queue des juvéniles de deuxième stade (31-59 µm).

Choi (2001) a décrit une population de cette espèce avec un stylet mâle légèrement plus court (7-19 µm) et des spicules (17-22 µm).

Les larves du deuxième stade L2 présentent sous la forme d'un fuseau, arrondi à l'avant et assez effilé vers l'arrière, long de 300 µ à 350 µ. Elles possèdent un stylet long de 12 à 13 µ orné de trois boutons basaux arrondis. L'œsophage comprend un bulbe médian valvulaire moyennement développé suivi d'une assez longue partie mince (l'isthme) se terminant par un bulbe basal glandulaire renflé ne recouvrant pas l'intestin (**Vilardebo et Luc, 1961**). Dès ce stade, on peut reconnaître les larves qui donneront des femelles de celles qui donneront des mâles. Les premières sont plus minces et plus effilées à l'arrière que les

Chapitre II : Nématode *Tylenchulus Semipenetrans* des Citrus

secondes et ont un œsophage plus long. L'évolution des larves mâles et des larves femelles est très différente (**VanGundy, 1958**). Les larves mâles demeurent très peu de temps au second stade (2 à 3 jours) et subissent rapidement trois autres mues pour se transformer en mâle adulte. L'ensemble du processus depuis l'éclosion de l'œuf peut ne prendre que 180 heures. Les larves femelles peuvent demeurer par contre très longtemps au deuxième stade (**CRI, 2003**).

II.6. Biologie et écologie de *Tylenchulus semipentrans*

II.6.1 Biologie de *Tylenchulus semipentrans*

Le nématode du citrus *Tylenchulus semipentrans* est une espèce dimorphe qui présente un dimorphisme sexuel (individus mâles et femelle) aux stades juvénile et adulte (**Sellami, 2008**). La reproduction de cette espèce peut être sexuée ou parthénogenèse facultative sans avoir besoin des mâles (**Cobb, 1913**).

Le cycle de vie de *T. semipentrans* est typique des nématodes phytoparasites (**Figure 13**). Il commence par un œuf, qui contient le premier stade juvénile (J1). Ce stade mue dans l'œuf pour devenir le juvénile du deuxième stade (J2) puis éclot et recherche les racines de l'hôte pour se nourrir (**Djian-Caporalino, 2009**). La femelle vermiforme J2 mue pour se transformer en J3, J4 puis en jeune femelle (J5) vermiformes, cette dernière devient une femelle adulte sédentaire. Le développement des jeunes femelles immatures en adultes matures nécessite une période d'alimentation où la jeune femelle se nourrit sur l'épiderme et les couches superficielles du parenchyme cortical des racines (**Van Gundy, 1958**). Selon **Kellal et al. (2005)**, la femelle immature se sédentarise en s'insérant à la surface externe de la racine dans les couches corticales profondes, généralement sans atteindre le cylindre central (ou exceptionnellement l'endoderme). Elle établit un site d'alimentation permanent composé de cellules spécialisées (cellules nourricières qui sont la principale source de nutriments). La partie postérieure de la femelle se gonfle à l'extérieure de la racine avec la maturation de la gonade tandis que sa partie antérieure allongée reste incrustée dans le cortex (**CABI, 2019**).

Les femelles matures produisent des œufs qui sont intégrés dans une matrice gélatineuse sécrétée par l'appareil excréteur. La durée du cycle de vie des femelles d'un œuf à autre varie de quatre à huit semaines (**Van Gundy, 1958**).

Chapitre II : Nématode *Tylenchulus Semipenetrans* des Citrus

Les mâles muent généralement jusqu'au troisième stade avant de quitter la masse d'œufs, et le développement du mâle adulte peut se faire en une semaine sans alimentation. Les mâles adultes ne parasitent pas les plantes (Cobb, 1913 et CABI, 2019).

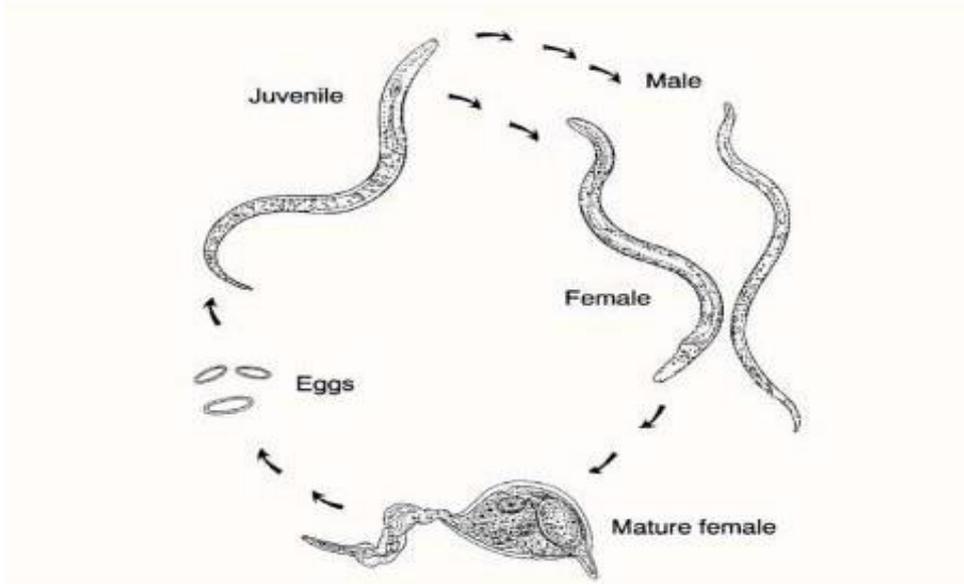


Figure 13: Cycle de vie simplifié de *Tylenchulus semipenetrans* (CRI , 2003)

II.6.2. Écologie de *Tylenchulus semipenetrans*

L'écologie de *T. semipenetrans* est influencée par son étroite coévolution avec les agrumes, qui a entraîné une relation parasitaire très développée. Les preuves de cette association intime sont l'étroite gamme d'hôtes du nématode, la structure hautement développée des cellules nourricières et le nombre exceptionnellement élevé de nématodes qui peuvent être soutenus par des arbres ne présentant qu'un déclin léger à modéré (Reynolds et O'bannon, 1963). Contrairement aux *Meloidogynespp.*, les *T. semipenetrans* juvéniles peuvent survivre en l'absence de racines hôtes pendant plusieurs mois à plusieurs années, selon la température (Baines, 1958), sans épuiser les réserves lipidiques nécessaires à la motilité et à l'infection (Van Gundy *et al.*, 1967).

T. semipenetrans peut exister dans tout habitat non tempéré propice à la croissance de ses plantes hôtes. En général, les populations de ce nématode atteignent des densités plus élevées dans les climats arides et méditerranéens que dans les régions subtropicales ou tropicales humides (Ducan et El-morshedy, 1996). Un potentiel hydrique faible, plutôt qu'élevé, favorise l'augmentation des populations dans les sols à texture lourde (Van Gundy

Chapitre II : Nématode *Tylenchulus Semipenetrans* des Citrus

et *al.*, 1962, 1964) et dans les sols à texture légère (Ducan et El-morshedy, 1996), à condition que certaines parties du système racinaire aient accès à une humidité adéquate.

L'effet des différents types de sol a été étudié sur le mouvement et le taux d'infection de *Tylenchulus semipenetrans* sur les agrumes dans des pots. La mobilité des nématodes et le taux d'infection maximum des plants ont été observés dans le sol sableux limoneux, suivis par le sol limoneux sableux et le sable grossier. Les pots contenant le substrat tourbe sableuse à un volume (2 : 1) a permis à un nombre minimum de jeunes femelles d'infester les racines des agrumes (Iqbal *et al.*, 2007).

Selon Timmer *et al.* (2003), les populations de *Tylenchulus semipenetrans* les plus élevées se trouvent généralement dans les vergers d'agrumes établis dans des sols à texture fine ou dans des sols sableux à forte teneur en matière organique.

II.7. Distribution des nématodes des citrus

Tylenchulus semipenetrans Cobb, est un nématode semi-endoparasite sédentaire inféodé aux racines des agrumes (O'Bannon et Reynolds, 1967). Le dépérissement lent des agrumes (slow decline) causé par ce genre de nématode selon Kwaye *et al.* (2008) a été observé dans plusieurs régions du monde (Figure 14). Ce nématode a évolué en Extrême-Orient avec les agrumes et a été disséminé dans de nombreuses régions productrices d'agrumes du monde avec du matériel végétal de propagation infecté par des nématodes (Timmer *et al.* 2003).

En Egypte la présence du nématode des citrus était signalée par Abd-Elgawad *et al.* (2016) dans tous les échantillons de sol et de racines de chaque verger prospecté (Mokrini, 2010 ; Mokrini *et al.*, 2018).

La distribution des biotypes anciens de *T. semipenetrans* n'est pas bien définie. D'après les résultats des études sur les préférences des hôtes, il semble que le biotype des agrumes soit présent en Californie et en Italie (Ineserra *et al.*, 1980). Le biotype méditerranéen a été signalé dans des pays du bassin méditerranéen et en Afrique du Sud (Ineserra *et al.*, 1980 ; Gottlieb *et al.*, 1986 ; Verdejo-lucas, 1992). Le biotype du Poncirus est présent en Californie et au Japon (Baines *et al.*, 1974 ; Gottlieb *et al.*, 1986). Des travaux évoquent que les populations de *T. semipenetrans* présente en Amérique du Nord (l'Arizona, la Floride et le Texas) et ceux de l'Amérique du Sud (Argentine, Brésil et Venezuela) ainsi que ceux

Chapitre II : Nématode *Tylenchulus Semipenetrans* des Citrus

d'Australie et de l'Inde peuvent être soit des biotypes d'agrumes, soit des biotypes méditerranéens, car elles infectent et se reproduisent mal sur *P. trifoliata*. Leur potentiel d'infection sur les oliviers n'est pas connu (Campos et Barbosa Ferraz, 1980 ; Crozzoli et Funes, 1992).

On note qu'en Algérie et en Afrique ce nématode a été présent sur agrumes soit il est largement répandu et/ou localisé dans certains vergers (CABI et EPPO, 1999 ; EPPO, 2020).



Figure 14: Cartes de distribution des *Tylenchulus semipenetrans* (CABI, 2019)

II.8. Plantes hôtes et espèces concernées par les nématodes des citrus

Les hôtes préférés de *T. semipenetrans* sont les espèces d'agrumes, bien que des espèces apparentées, telles que *Poncirus trifoliata* et ses hybrides, puissent également être parasitées (CABI, 2019). En raison de la différenciation des hôtes, trois biotypes de *T. semipenetrans* sont reconnus : biotype Citrus, biotype Méditerranéen, et biotype Poncirus (Verdejo-Lucas, 1992). Ces biotypes partagent des espèces d'agrumes comme hôtes communs, mais diffèrent dans leur capacité à infecter et à se reproduire sur *P. trifoliata* et l'olivier. Pour *P. trifoliata* est parasité uniquement par le biotype Poncirus, alors que l'olivier est infecté uniquement par le biotype agrume. Le biotype méditerranéen se reproduit mal sur *P. trifoliata* et n'infecte pas l'olivier (CABI, 2019).

Contrairement à de nombreux nématodes, *Tylenchulus semipenetrans* a une gamme d'hôtes restreinte, qui comprend les agrumes, l'orange trifoliée « *Poncirus trifoliata* », la vigne,

Chapitre II : Nématode *Tylenchulus Semipenetrans* des Citrus

le kaki, le lilas et l'olivier (Inserra *et al.*, 1994). Depuis que *T.semipenetrans* a été décrit, plusieurs biotypes ayant des préférences d'hôtes différentes ont été observés et séparés en fonction de leur capacité à parasiter les agrumes, l'orange trifoliée et l'olivier. Actuellement, trois biotypes sont acceptés, Citrus, Poncirus et Méditerranéen (Verdejo-Lucas 1992).

D'autres plantes non-rutacées sont signalées comme hôtes de *T. semipenetrans* telles que *Clerodendron inerme*, *Garcinia mangostana* et *Jasminums ambac* en Inde (Nand *et al.*, 1992) ; *Musa textilis* et *Cunninghamia lanceolata*, à Bornéo et en Chine, respectivement (Song *et al.*, 1994), l'identité de ces populations de *T. semipenetrans* doit être confirmée sur ces plantes. Les rapports d'infection par *T. semipenetrans* sur des graminées et *Mikaniabatifolia* sont attribués à *T. graminis* et *T. palustris* (Inserra *et al.*, 1988 ; Dow *et al.*, 1990).

T. semipenetrans est un pathogène léger à modéré des agrumes et de la vigne. Il semble avoir une importance économique sur vigne, principalement en Californie et en Australie. Ce nématode est le seul nématode phytoparasite qui est omniprésent dans les vergers des agrumes du monde entier (CABI, 2019).

II.9. Symptômes due à *T.semipenetrans*

Les symptômes du lent déclin (slow declin) peuvent varier selon le niveau d'infestation de *T.semipenetrans*, l'âge des arbres et le moment de l'infection. Les vergers d'agrumes récemment plantés ne présenteront pas de symptômes tant que les populations de *T. semipenetrans* n'auront pas atteint des niveaux élevés (au moins 2000 individus par 100 cc de sol) (Sekora et Crow, 2018). Les symptômes sont plus importants dans les vergers avérés sous stress, soit par des conditions de croissance sous-optimales, soit par la sécheresse, soit par le rabougrissement et la pourriture des racines induits par l'infection de *Tylenchulus semipenetrans* (Duncan, 2005) (Figure 15). Les symptômes sont beaucoup moins évidents sur les parties aériennes. Les feuilles des arbres infectés sont plus petites que la normale et sont généralement chlorotiques (Figure 16). Dans des conditions de stress hydrique, le flétrissement est plus prononcé chez les arbres infectés que chez les arbres sains. La concentration de potassium dans les feuilles des agrumes est inversement liée au niveau d'infection par les nématodes. En conditions salines, un excès de sodium s'accumule dans les feuilles des arbres infectés, aggravant les problèmes de salinité (Mashela *et al.*, 1992).

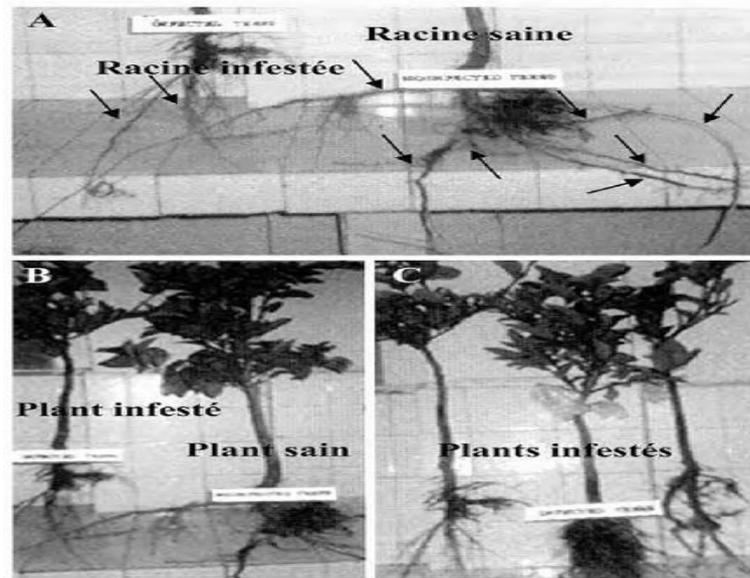


Figure 15: Qualité de l'enracinement des plants de 'Maltaise douce' greffés sur bigaradiers indemnes et infestés par le nématode des *Citrus* (Kallel et B'Chir , 2005).

A : Les flèches marquent l'emplacement des racines primaires; **B :** Aspect des plants infestés et sains ;
C : La variabilité d'enracinement entre les différents plants infestés



Figure 16: les feuilles très petites que le normal (Arib, 2018).

II.10. La lutte contre *Tylenchulus semipenetrans*

La lutte est extrêmement difficile contre *T. semipenetrans* et le danger présenté par cette espèce en est accru (Galeano *et al.* 2003). La lutte contre ce parasite revête différents aspects selon qu'il s'agit du traitement préventif de nouveaux vergers à créer ou du traitement curatif d'arbres déjà en place (Sekora et Crow, 2018).

Chapitre II : Nématode *Tylenculus Semipenetrans* des Citrus

II.10.1. Traitement préventif

Selon **CABI (2019)**, la création de plantations totalement saines nécessite un matériel végétal et un sol indemne de ce parasite. Un terrain n'ayant jamais porté ni Citrus ni oliviers a cependant de très fortes chances d'être totalement dépourvu de ce nématode. S'il a porté l'une ou l'autre de ces cultures, elles devront être totalement arrachées. Le sol sera ensuite assaini par traitement nématicide à forte dose, suivi d'une jachère de plusieurs mois.

II.10.2. Traitement curatif

Dans le cas de vergers établis reconnus infestés, ce sont les arbres en place que sont traités. Divers moyens curatifs peuvent être employés.

II.10.2.1. Contrôle chimique

La désinfestation du sol par fumigation est l'approche la plus efficace pour lutter contre les parasites du sol, les propagules de mauvaises herbes et les agents pathogènes, y compris les nématodes. La fumigation avant la plantation doit être prise en compte lors de la replantation des vergers d'agrumes, car la présence de nématodes ou d'autres agents pathogènes du sol peut causer des dommages importants aux jeunes arbres (**Mc Kenry, 1999**). Deux groupes principaux de produits chimiques, les hydrocarbures halogénés et les libérateurs d'isothiocyanate de méthyle (métam-sodium, métam-potassium). D'autres produits, dont l'iodométhane et l'azoture de sodium (efficace uniquement à un pH acide) peuvent être testés. La fumigation du sol avant la plantation avec des hydrocarbures halogénés permet de lutter efficacement contre *T. semipenetrans* pendant plusieurs années (**Le Roux et al., 1998 ; Sorribas et al., 2003**).

II.10.2.2. Contrôle biologique

La lutte biologique peut être utile dans les régions où la lutte chimique n'est pas disponible ou abordable, et dans les vergers pratiquant l'agriculture biologique. La lutte biologique peut être plus efficace lorsque la pression exercée par les parasites est modérée plutôt qu'élevée, en raison de la relation inverse entre les densités de nématodes et le niveau de contrôle des agents de lutte biologique (**Bourne et Kerry, 1999**). La lutte biologique reste principalement un système expérimental, et des données de terrain supplémentaires sont nécessaires pour accroître les connaissances sur les agents du contrôle biologique en relation avec le nématode une fois qu'elles sont appliquées sur le terrain (**Verdejo-Lucas et Mc Kenry, 2004**).

Chapitre II : Nématode *Tylenculus Semipenetrans* des Citrus

De nombreux agents de lutte biologique tels que les microorganismes comme les champignons nématophages et les bactéries. A titre d'exemple, le bio-nématon à base de (*Paecilomyces lilacinus*), le stanessting (*Bacillus subtilis*) et le micronema (*Serratia sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Azotobacter sp.*, *B. circulans* et *B. thuringiensis*) ont été signalés pour contrôler différentes espèces de nématodes phytoparasites (**Deepa et al., 2011 ; Khalil et al., 2012 ; Askary et Martinelli, 2015 ; El-nagdi et al., 2015**). Ces agents de bio-contrôle selon **Abd-elgawad, (2008)** et **Abd-elgawad et Askary, (2015)**, sont commercialisés en Égypte dans le but d'éviter les risques sanitaires et la pollution de l'environnement résultant des nématocides chimiques. Les effets néfastes de ces produits conventionnels sur l'environnement et le développement de la résistance des ravageurs, dus à la fréquence de leur utilisation exigent une approche alternative pour la lutte contre les ravageurs des cultures, qui devrait être respectueuse de l'environnement et rentable (**Hammam et al., 2016**).

Le champignon parasite des œufs, *Paecilomyces lilacinus*, a réduit les densités de *T. semipenetrans* dans des expériences en pot entreprises par **Parvatha Reddy et al. (1991)**. Selon ces mêmes auteurs les résultats étaient meilleurs lorsqu'ils étaient combinés avec des amendements organiques de type (tourteaux). Ce champignon est maintenant produit commercialement dans plusieurs pays dont l'Australie, la Colombie, l'Allemagne et l'Afrique du Sud (**Gené et al., 2005**).

Selon **Verdejo-Lucas et McKenry, (2004)**, le paillage est une pratique culturale qui peut contribuer à réduire les pertes en eau du sol car il réduit l'évaporation, modère les températures quotidiennes extrêmes du sol et aide à supprimer la concurrence des mauvaises herbes. En conséquence, l'environnement de la culture est modifié, ce qui favorise la vigueur des arbres et augmente le rendement. Les films plastiques noirs conviennent aux régions où les précipitations sont faibles ou mal réparties, mais pas aux conditions humides en raison de l'accumulation d'une humidité excessive sous le film plastique. Les paillis organiques doivent avoir une épaisseur de 10 cm et être placés à la surface du sol dans une zone de 1 à 3 m de diamètre autour de l'arbre.

Les densités de nématodes peuvent augmenter sur les arbres recouverts de paillis en raison de conditions plus favorables à la croissance des racines et à la reproduction des nématodes, mais ces arbres peuvent être plus tolérants aux dommages causés par les nématodes en raison des contraintes de température et d'humidité réduites. Les arbres sous paillis, en particulier dans les nouvelles plantations, ont besoin d'une irrigation réduite pour

Chapitre II : Nématode *Tylenchulus Semipenetrans* des Citrus

prévenir les problèmes causés par les champignons de pourriture des racines, les escargots et les bactéries (Verdejo-Lucas et McKenry, 2004).

En Algérie des essais de lutte biologique in vitro par l'utilisation des extraits aqueux de plantes spontanées et cultivé ont montré leur efficacité sur larves *T. semipenetrans*. Selon **Nebih Hadj-Sadok (2015)**, l'utilisation des extraits aqueux à base des feuilles de chou (*Brassica oleracea*) et de chou fleur (*Brassica oleracea* var botrytis) se sont montré plus toxique avec (90%) de mortalité des larves de *T. semipenetrans*. Cependant les extraits à base des racines leur effet biocide est moins important le taux de mortalité enregistré sont de 70 % pour extrait aqueux des racines de chou fleur et de 56,66 % pour celui des racines de chou. Par ailleurs, les investigations sur la toxicité des extraits aqueux d'ortie (*Urtica dioica L*) ont révélé que l'effet biocide du bioproduit formulé à base de matière sèche racinaire d'*U. dioica L* est élevé (100%). Comparé à celui issus de la partie aérienne sèche (50%). Cependant, les formulations obtenues à partir des organes fraîches (racines et feuilles) leur nocuité est faible (50%) (**Maachou, 2013**).

CHAPITRE III : Données bibliographiques sur les plantes médicinales

III.1. Introduction

Les plantes médicinales sont des plantes dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses (Omar et Mohammed., 1993). Elles sont impliquées dans différents secteurs sous forme de principes actifs, des huiles, des extraits, des solutions aqueuses ou organiques ou même telles qu'elles (entières) (Ahmed, 1995). Elle contient, au niveau de ses organes, un ou plusieurs principes actifs utilisables à des fins thérapeutiques. Elles sont utilisées pour prévenir, soigner ou soulager divers maux.

III.2. Caractérisation de l'armoise blanche « *Artemisia herba-alba* (Asso, 1779) »

III.2.1. Description Botanique

C'est une espèce de plantes steppiques du genre *Artemisia* (armoises) de la famille des Astéracées (Figure 17). C'est l'un des genres le plus répandu et le plus étudié de cette famille ; il contient un nombre variable d'espèces allant jusqu'à 400 espèces (Mucciali et Maffei, 2002).

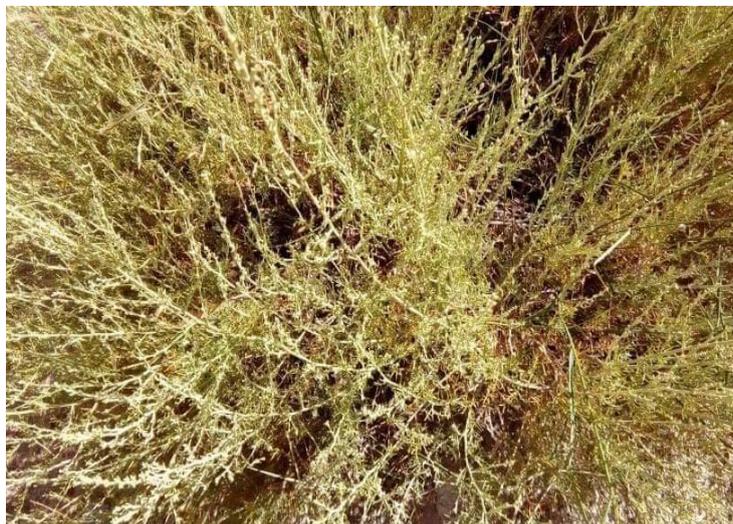


Figure 17: l'armoise de la région de Boussaâda (Originale ,2020).

Chapitre III : Données Bibliographiques sur les plantes Médicinales

L'armoise blanche est une plante vivace qui forme des buissons de 30 à 50 cm, blanche et laineuse, à tiges nombreuses, tomenteuses (**Mohamed et al., 2009**). Elle présente une racine principale, épaisse et ligneuse, bien distincte des racines secondaires, qui s'enfoncent dans le sol comme un pivot (**Figure 18**) (**Mohamed et al., 2009**). Le système racinaire a une extension peu profonde avec un grand nombre de ramifications latérales particulièrement abondantes entre 2 à 5cm de profondeur mettant en relations cette forme de racine avec l'existence d'un calcaire superficiel (**Aidoud, 1983**). Quand l'armoise se développe dans une région plus humide, ses racines pénètrent profondément jusqu'à 40 à 50cm et ne se ramifient qu'à cette profondeur (**Pourrat, 1974**). La biomasse racinaire diminue très vite avec la profondeur et très peu de racines sont retrouvées à partir de 50cm (**Aidoud,1983**).

Partie aérienne est présentée par la partie ligneuse, les tiges, les feuilles et les fleurs. L'armoise présente une tige principale très épaisse, rougeâtre, qui se ramifie et se prolonge par de nombreuses tiges de plus en plus fines. Chaque tige se distingue par une taille de 30 à 50cm (**Bendahou,1991**).

Les feuilles sont courtes, blanches laineuses, et argentés. Elles sont très petites et entières, ce qui réduit considérablement la surface transpirante et permet ainsi à la plante de résister à la sécheresse (**Pourrat, 1974**).

La fleur est formée d'inflorescences en capitules. La floraison s'effectue en automne à partir du mois de Septembre (**Feinbrun-Dothan, 1978**).

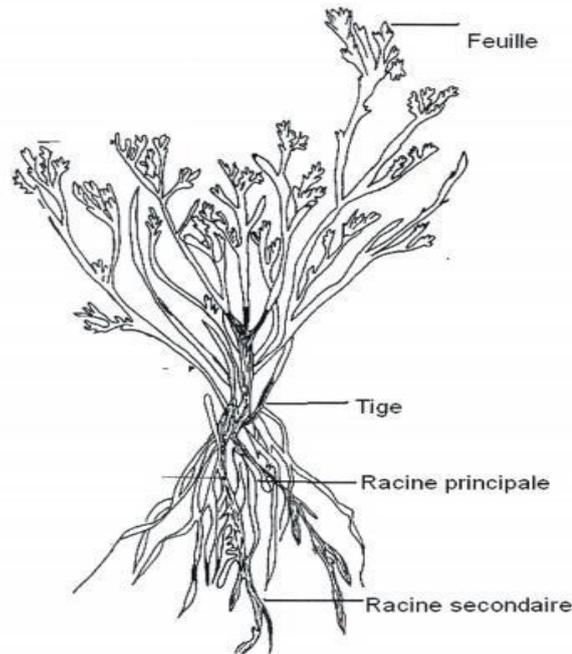


Figure 18: Morphologie générale de plante d'*Artemisia herba-alba* (Eloukili, 2013).

III.2.2. Classification de l'*Artemisia herba-alba*

La classification de l'armoise blanche la plus utilisée dans la systématique de ce genre est celle donnée par **Quenzel et Santa (1963)** et qui est comme suit :

Règne : Végétal

Embranchement : Phanérogames

Classe : Dicotylédones gamopétales

Ordre : Astérales

Famille : Synanthérées ou composées

Genre : *Artemisia*

Espèce : *Artemisia herba-halba* (Asso, 1779) (**Rhaffarl, 2008**)

Nom arabe : Chih (**Seddiek et al., 2011**).

Noms français : Armoise blanche (**El raffart, 2008**).

Noms Anglais: Desrt wormwood or white wormwood (**Al-Khazraji et al., 1993; Abass, 2012**).

III.2.3. Répartition géographique

L'*Artemisia herba-alba* est une plante spontanée très répandue en Afrique du nord et au moyen orient, elle affectionne les climats secs et chauds, et existe sous forme de

Chapitre III : Données Bibliographiques sur les plantes Médicinales

peuplements importants dans les zones désertiques (**Hurabielle et al., 1981**). C'est une plante steppique des régions irano-touraniennes, prédominants dans les steppes d'Espagne ainsi que dans le désert de Sinäi (**Segal et al., 1987**).

En Algérie, l'*Artemisi aherba-alba*, connue sous le nom de « Chih » ou encore appelée semen-contra de barbarie, couvre près de six millions d'hectares dans les steppes. Elle se présente sous forme de buissons blancs, laineux et espacés (**Boutekjen, 1987**).

Au Maroc, cette espèce se rencontre à l'état spontané. Il n'est pas rare de trouver des zones de plusieurs dizaines de kilomètres de rayon où seule l'armoise blanche règne dans un paysage quasi-désertique. Le Maroc attache beaucoup d'importance à cette plante qui constitue un excellent moyen naturel de lutte contre l'érosion et désertification (**Benjilali, 1980**).

III 2.4. Composition phytochimique

L'*Artemisia* est l'un des genres les plus répons dans la tribu *Anthemideae* de la famille des Astéracées (**Proksch, 2005**). Il a une valeur thérapeutique très importante en raison de leurs métabolites secondaires notamment les huiles essentielles, les polyphénols et les flavonoïdes. Divers métabolites secondaires ont été isolés à partir de l'armoise blanche, les plus importants étant les lactones et les sesquiterpéniques qui se présentent avec une grande diversité structurale (**Proksch, 2005**).

Parmi ces métabolites on trouve des constituants volatiles l'huile essentielle, des constituants non volatiles tel que les flavonoïdes et sesquiterpènes lactones. L'huile est diversifiée qualitativement et quantitativement mais, selon **Mohamed et al. (2010)** l'armoise blanche a des composants majeurs comme le camphre, et les dérivés de chrysanthényl.

La valeur énergétique de l'armoise blanche, très faible en hiver (0.2 à 0.4 UF/kg MS), augmente rapidement au printemps (0.92 UF/kg MS) pour diminuer en été (0.6 UF/kg MS). En automne, les pluies de septembre provoquent une nouvelle période de croissance et la valeur énergétique augmente de nouveau (0.8 UF/kg MS) (**Aidoud, 1989**).

III.2.5. Importance thérapeutique d'*Artemisia herba-alba*

Artemisia herba-halba est utilisée depuis plus de 2 000 ans dans la médecine chinoise traditionnelle afin de traiter de nombreuses maladies dont le paludisme. C'est en 1972 que l'artémisia été isolée et caractérisée comme le principe à effet antipaludique de la plante.

Chapitre III : Données Bibliographiques sur les plantes Médicinales

Cette molécule a montré son efficacité et ne présente que peu ou pas d'effets secondaires (Aftab et al., 2014).

Ces mêmes auteurs soulignent l'activité antimicrobienne de son huile contre un grand nombre de champignons et bactéries gram-négatives et gram-positives. Ses feuilles auraient également des propriétés antivirales, anti inflammatoire, antioxydants, immunosuppressives et seraient bénéfiques contre l'hypertension (Aftab et al.,2014).

Il faut noter qu'à forte dose, l'armoise est abortive, neurotoxique et hémorragique. La thuyone constitue la substance toxique et bioactive dans l'armoise et la forme la plus toxique est l'alpha-thuyone. Elle a des effets convulsivantes (Aouadhi, 2010) et aussi la grande consommation de l'armoise blanche a un effet purgatif, en particulier sur les moutons, et peut causer la mort des jeunes agneaux (Ghrabi et Al-Rowaily, 2005).

Selon Sallal et Alkofahi (1996), l'extrait d'*Artemisia herba-alba*, s'est révélé très actif en Jordanie dans inhibition des venins de serpent et de scorpion chez l'homme. Parmi les neuf (9) plantes médicinales testées les extraits de l'armoise blanche ont inhibé les activités hémolytiques des deux venins à 100%.

III.2.6. Importance phytosaniataire d'*Artemisiaherba-alba*

Les plantes sont connues pour leur capacité à synthétiser des métabolites secondaires à propriétés insecticides. Ces métabolites pourront être exploités dans le domaine de la lutte contre les insectes ravageurs ou vecteurs d'agents infectieux.

Les effets toxiques des espèces d'armoises vis à vis des bioagresseurs pour protéger les cultures ont été discutés par divers travaux. Les essais des extraits aqueux d'*Artemisia herba* et *Artemisia judaica* in vitro sur des larves (J2) de *Meloidogyne* ont dévoilé un pouvoir nématocide. Toutefois, la toxicité d'*A.herba alba* s'avère plus importante que celle d'*A. judaica*. Par ailleurs, l'efficacité des armoises testées varie significativement en fonction des concentrations de l'extrait et de la durée d'exposition au traitement (Nebih Hadj-Sadoket al.,2014).

L'activité nématocide in vitro d'extraits méthanoliques de vingt espèces végétales contre *Meloidogyne incognita* et *M. javanica* a été évaluée par Al-Banna et al. (2003). Les résultats ont révélé que l'extrait foliaire d'*Artemisiaherba-alba* a été le plus efficace, causant une mortalité de 22, 51 et 54 % après 24, 48 et 72 heures d'exposition, respectivement.

Chapitre III : Données Bibliographiques sur les plantes Médicinales

Des travaux in vitro de **Charif (2015)** ont confirmé l'activité biocide importante des extraits aqueux des quatre espèces (*Artemisia herba alba*, *A. absinthium*, *Urgineamaritima* et *Lantana camara*) sur les larves du nématode à kyste de la pomme de terre (*Globodera*). Les extraits aqueux des deux espèces d'armoise (*Artemisia herba alba*, *A. absinthium*) ont dévoilé un effet nocif plus élevé sur les larves (L2).

Les investigations de **Hashemi et Safavi (2012 ; in Derradji Heffaf, 2013)** ont mis en évidence l'activité insecticide de l'huile essentielle d'*A. haussknechtii* sur *Sitophilus oryzae*. La CL₅₀ a été estimée à 19.54µl/L après 72 heures d'exposition. Par ailleurs, **Derradji Heffaf (2013)** a testé l'huile essentielle d'une autre espèce d'armoise (*A. campestris*) sur la même espèce d'insecte, résultats ont montré une toxicité élevée de vis-à-vis de *S. oryzae*. La DL₅₀ a été estimée à 0.71µl/ml et laDL₉₀à2.12µl/ml.

L'étude faite par **Acheuk et al. (2017)** a mis en évidence des propriétés insecticides d'*Artemisia judaica*. Les bio-essais ont été effectués sur les œufs et les larves des stades I, II et III du moustique commun *Culiseta longiareolata*. Les résultats ont montré qu'à forte dose l'extrait inhibe complètement l'éclosion des œufs et a une activité insecticide sur les larves des différents stades. Selon **Saban et al. (2005)**, les Composés isolés d'*Artemisia judaica* ont démontré leur pouvoir anti-paludéen, anti-bactérien et anti-inflammatoire.

III.3. Caractérisation du genévrier « *Juniperus communis L.* »

III.3.1. Description Botanique

C'est un arbre ou arbrisseau (**Figure. 19**) qui peut avoir cinq à dix mètre de hauteur (**Huguette, 2008**). C'est une plante Dioïque, rarement monoïque. Elle présente une croissance très lente sa longévité est jusqu'à 1000 ans. Le tronc est droit, l'écorce brun rougeâtre le système racinaire est profond. Les feuilles sont persistantes, étroites, linéaires, épineuses ressemblant à des aiguilles. Les fleurs donnent des fruits improprement qualifiés de bais, globuleux et charnus (**Bruneton, 2009 et Huguette, 2008**).

Le genévrier comprend approximativement 60 espèces (**Rezzi et al., 2001**). Le genre *Juniperus* est représenté par trois sections : *Caryocedrus* (une espèce *J. drupacea* Labille) ; *Juniperus oxycedrus* (neuf ou dix espèces) et Sabine (environ 50 espèces) (**Adams, 1998**).

En Algérie il est nommé différemment selon les régions : Taka en Kabyle, Zimba en chawi, et Ara'ar en Arabe (**Trabut, 1935**).



Figure 19: Genévrier dans la région de Boussaâda (Original ,2020).

III.3.2. Classification botanique de *Juniperus communis*

Classification botanique de *Juniperus communis* établie par **Small et Dentsch (2001)** est comme suit.

Règne : Plantae

Embranchement : Spermaphytes

Classe : Coniférospides

Famille : Cuperssaceae

Genre : *Juniperus*

Espèce : *Juniperus communis* (L., 1753).

Nom arabe : (عارجار) (**Quezel et Gast,1998**).

Noms français : Genévrier commun, genièvre, peteron et petrot (**Léger, 2007**)

Noms Anglais:commonjuniper, juniper (**Léger, 2007**).

III.3.3. Répartition géographique de *Juniperus communis*

Le genévrier est une espèce oroméditerranéenne (**Figure 20**). Affection un climat semi-aride, sec, froide en hiver et très exposé à l'ensoleillement. Il se rencontre en Espagne, en France, au Maroc, en Algérie et en Italie (**Gauquelin et al., 1988 ; 1999 ; Farjon, 2005 ; Romo et Boratynski, 2007**).

Chapitre III : Données Bibliographiques sur les plantes Médicinales

Les peuplements de genévrier occupent des superficies restreintes, accentuant de ce fait le caractère fragmenté de sa répartition. Ils présentent une distribution très morcelée, mais également très inégalitaire suivant les pays. Les surfaces occupées par le Genévrier varient de quelques centaines d'hectares (en Algérie et en Italie) à environ 150 000 ha (en Espagne et au Maroc) (Montés,1999).



Figure 20: Carte de la répartition de *Juniperus communis* (Adams et al., 2013).

En Algérie, *Juniperus communis* se rencontre dans le massif des Aurès, sous forme de peuplements très ouverts, dégradés et paraissant relictuels (Boudy, 1952 et Tamagout, 1988). Dans ces massifs, il est distribué en 3 blocs d'inégale importance. Le premier est situé dans la région de T'kout, le second, dans la vallée de Ouled Abdi, alors que le troisième est localisé dans Tribhrine (Figure 21). Les deux autres endroits où se situe le Genévrier sont dominés par d'autres essences forestières. Il n'arrive pas à s'individualiser en formations distinctes. Il s'agit de la cédraie de S'gag et de Chelia, (Beghami.,2013).

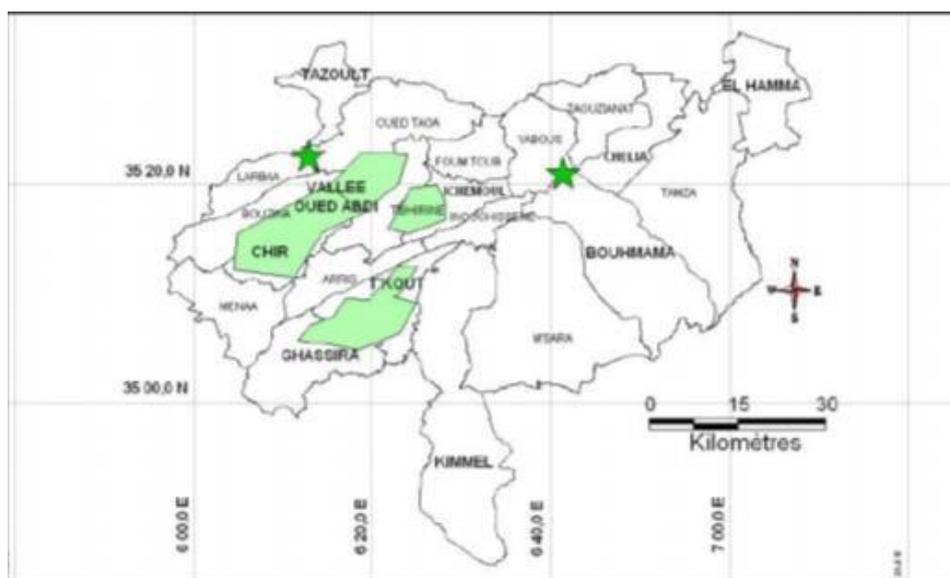


Figure 21: Répartition de *Juniperus communis* en Algérie (Beghami, 2013).

III 3.4. Composition phytochimique

La composition phytochimique dévoile que *Juniperus communis* contient des monoterpènes, des sesquiterpènes, des huiles essentielles volatiles, une large gamme de composés phénoliques et de nombreux autres constituants chimiques. Les travaux d'Al-Snafi (2018) et Živić et al. (2019) ont mis en évidence des constituants chimiques dans la plante entière *Juniperus communis* qui ont des effets pharmacologiques.

III.3.5. Importance thérapeutique

Juniperus communis exerce de nombreux effets pharmacologiques, notamment des effets antimicrobiens, antiparasitaires, anti-fertilité, antioxydants, cytotoxiques, hépatoprotecteurs, protecteurs des vaisseaux et de la trachée en cas de tabagisme passif, gastro-intestinaux, antidiabétiques, antihyperlipidémiques, anti-inflammatoires, analgésiques, diurétiques, antiurolithiques, antiparkinsoniens, améliorant la mémoire, supprimant la tyrosinase et de nombreux autres effets (Al-Snafi, 2018 ; Živić et al., 2019).

Le genévrier est surtout connu pour l'huile que l'on obtient en distillant son bois, nommé l'huile de cade (Marongiu et al., 2003). Cette huile est utilisée depuis très longtemps, elle donne un bon combustible et fournit un goudron végétal. En médecine traditionnelle, cette plante est utilisée dans le traitement de diverses maladies telles que l'hyperglycémie, l'obésité, la tuberculose, la bronchite et la pneumonie (Swanston Flatt et al., 1990 ; Sancher et al., 1994). En revanche, les substances incriminées toxiques dans le genévrier sont la

thyone et l'alcool terpénique. Les baies de genévrier peuvent provoquer à doses trop élevées, une irritation des voies urinaires et des douleurs rénales (Cairenes., 1980).

III.4. Caractérisation du marrube blanc « *Marrubium vulgare* »

III.3.1. Description Botanique

Le *Marrubium vulgare* est une plante herbacée de la famille des lamiaceae originaire d'Europe, d'Afrique du Nord et d'Asie. Elle se trouve surtout sur les bords de chemins, les prés secs, les terrains vagues, les décombres, les prairies chaudes et sèches, les garrigues, en général sur sol calcaires (Schlempheret *al.*, 1996). Son odeur de thym la distinguant des autres plantes (Aouadhi *et al.*, 2013).

Morphologiquement, le marrube vulgaire est un arbuste (Figure 22), d'aspect blanchâtre très rameaux et très duveteux, à feuilles petites en coin et à la base et portant quelques dents au sommet. Les fleurs sont en petites glomérules à l'aisselle des paires de feuilles. La corolle petite par rapport au calice tubuleux, celui-ci s'accroissant considérablement par sa partie supérieure en formant autour du fruit une auréole membraneuse (Ozenda, 2004).

En Algérie, on trouve 6 espèces différents au sein de ce même genre : *Marrubium Vulgare*, *Marrubium Supenum*, *Marrubium peregrinum*, *Marrubium alysson*, *Marrubium Alyssoides Pomel* et *Marrubium desserti de Noé* (Quezel et Santa, 1963).



Figure 22: Marrube blanc dans la région de Boussaâda (Originale, 2020).

III.4.2. Classification botanique du Marrubeblanc

Selon **Judd et al., (2002)** La position systématique de l'espèce *Marrubium vulgare* est :

Règne : Végétale

Embranchement : Angiosperme

Classe : Eudicotylédones

Sous classe : Gamopétale

Famille : Lamiacées

Genre : *Marrubium*

Espèce : *Marrubium Vulgare* L

Nom Français : Marrube blanc

Nom Anglais : Harehound

Nom Italien : Marrubbio (**Quezel et Santa, 1962,1963**).

Nom Arabe En Algérie le marrube est connu sous le nom de marriouth,

Au Maroc le merriwt,

En Tunisie marroubia.

III.4.3. Répartition géographique

La famille lamiacée est une des familles les plus grandes et les plus distinctives de plantes à fleurs (**Farzaneh et al.,2005**), avec environ 220 genres et près de 4 000 espèces dans le monde entier. La famille renferme de nombreuses espèces économiquement importantes soit par leurs huiles essentielles, soit pour leur usage condimentaire, elles appartiennent aux genres *Mentha* (la Menthe), *Lavandula* (la Lavande), *Marrubium* (le Marrube), *Nepeta* (L'Herbe aux chats), *Ocimum* (le Basilic), *Origanum* (l'Origan), *Rosmarinus* (le Romarin), *Salvia* (la Sauge), *Satureja* (la Sarriette) et *Thymus* (le Thym) (**Boutlelis et al.,2014**). Cette famille a une distribution presque cosmopolite. Mais concentration importante dans les régions méditerranéennes. Généralement plantes de milieux ouverts (**Radorphe,2002**).

La plante du *M. vulgare* est commune dans toute l'Algérie et presque dans toute l'Europe en dehors de l'extrême Nord, Australie et New Zélande (**Baba aissa, 1999**). Elle se trouve aussi au Maroc et en Tunisie, surtout en région méditerranéenne (**Bonnier, 1990**).

III 4.4. Composition phytochimique

La famille des Lamiacées comprend des plantes aromatiques et médicinales, qui sont utilisés dans la médecine traditionnelle, bien que les espèces de cette famille soient bien

Chapitre III : Données Bibliographiques sur les plantes Médicinales

connues pour leur teneur en huile volatile, leurs activités thérapeutiques et d'autres propriétés. Cela reflète l'existence d'autres composants chimiques, tels que les polyphénols (**Bouterfas et al., 2014**). On y trouve Lactones diterpéniques (marrubine, 0,3-1 %), mucilage, pectine, alcaloïdes, stachydrine, bétonicine, Stérols, triterpènes, sels minéraux (**Iserin, 2001**), flavonoïdes, tannins et huile essentielle (riche en sesquiterpènes) (**Gregoriz et al., 2013**). On pense que la marrubine est responsable de l'effet expectorant de la plante et de son pouvoir amer. Elle régularise les battements cardiaques (**Iserin, 2001**).

La famille de Lamiaceae est très étudiée du point de vue chimique, ce qui a permis d'isoler un grand nombre de substances connues pour leurs diverses activités biologiques, à titre d'exemples, les diterpènes, les flavonoides, les huiles essentielles, les iridiodes glycosilés (**Abdelwahed et al., 2006**). L'espèce de *Mentha*, *Thymus*, *Salvia*, *Origanum*, *Coleus* et *Ocimum* sont utilisés comme arômes alimentaires. Aussi plusieurs espèces de cette famille sont utilisées dans les traditions et les modernes médicaments (**Ferzench et al., 2005**).

III.4.5. Importance thérapeutique

Le marrube blanc est prescrit dans le traitement des difficultés respiratoires, des bronchites, des bronchectasies, des bronchites asthmatiformes des toux sèches et de la coque luche. Il fluidifie les mucosités, La décoction est employée comme antidiabétique (**Bellakhdar, 1997**). Il est indiqué pour les dermatoses, eczéma chronique, hystérie (**Valnet, 1997**).

C'est une plante amère à caractère salin et ne peut donc pas être toléré s'il y a une gastroentérite ou des situations de nausées ou de vomissements ou encore en cas de dyspepsie (**Aouadhi., 2010**). Il était employé, dans l'antiquité, contre les affections respiratoires. Le médecin grec dioscoride le recommandait déjà en décoction pour soigner la tuberculose, l'asthme et les toux (**Iserin, 2001**). Cependant le marrube est nuisible à ceux qui souffrent de la vessie ou des reins, ces usages sont aujourd'hui obsolètes (**Josy, 2012**).

III.4.6. Importance phytosaniataire de *M.vulgare*

Selon le travail de **Dib et Bouteldji (2017)**, l'activité insecticide est confirmée avec l'extrait éthanolique issu des parties aériennes séchées de *Marrubium vulgare Aphisnerii*. Le taux de mortalité des larves est très élevé par rapport aux adultes, il augmente proportionnellement avec le temps d'exposition indépendamment de la dose.

Chapitre III : Données Bibliographiques sur les plantes Médicinales

Des résultats similaires ont été obtenus par **Amiri et Nedjadi (2017)** avec l'extrait aqueux des feuilles de *M. vulgare* testées sur deux insectes (*C. capitata* et *E. kuehniella*). Les traitements ont entraîné la mortalité des larves et des adultes de deux espèces d'insectes étudiés *C. capitata* et *E. kuehniella* et ont inhibé d'émergence des adultes de la cératite (effet sur les pupes), où l'augmentation de la dose et du temps d'exposition augmente.

Partie 2 :

Expérimentale

Chapitre IV : Matériels et méthodes**IV. Matériels et méthodes****IV.1. L'objectif**

L'objectif de notre étude était de tester la toxicité des extraits aqueux de trois plantes médicinales (*Artemisia herba-halba*, *Juniperus communis L.* et *Marrubium vulgare*) sur les nématodes de citrus (*Tylenchulus semipenetrans*). Cette approche novatrice devrait conduire à l'élaboration d'une stratégie de lutte mieux adaptée à la gestion durable de ce genre de nématode sur les agrumes et à la préservation des agrosystèmes. Malheureusement, nous n'avons pas pu réaliser les essais expérimentaux vu la situation du confinement Covid19. Nous avons traité les parties bibliographiques concernant le nématode du Citrus, les plantes médicinales et la plante hôte du parasite (agrumes). Pour la partie expérimentale nous avons préparé les extraits des espèces végétales et nous avons extraits les nématodes « *T. semipenetrans* » du sol.

IV.2. Matériel biologique**IV.2.1. Matériel végétal**

Le matériel végétal utilisé est représenté par trois espèces médicinales l'armoise blanche « *Artemisia herba halba* », le genévrier « *Juniperus communis L* » et le Marrube blanc « *Marrubium vulgare* » collectées dans la commune de Boussaâda.

IV.2.2. Matériel tellurique

Le matériel tellurique utilisé est composé des échantillons de sols qui ont été prélevés dans le verger d'agrumes de la région de Zribet El Oued localisé dans la wilaya de Biskra.

La wilaya de Biskra est située au centre-est de l'Algérie. C'est la porte du Sahara algérien, à environ 400 km au Sud-Est de la capitale. Le climat de cette région est aride, chaud et sec en été. La température moyenne de l'année est de 22.51 °C, les minimales et maximales moyennes sont respectivement de 7,04° à 40°C (station météorologique, 2013). Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre 175 mm.

IV.2.3. Matériel animal

Le matériel biologique animal utilisé dans notre expérimentation est l'espèce de nématode *Tylenchulus semipenetrans*, nématode du Citrus prélevé des vergers d'agrumes infestés de la région de Zribet El Oued de Biskra.

IV.3. Méthodes de travail**IV.3.1. Echantillonnage du sol****IV.3.1.1. Les outils d'échantillonnage**

Pour réaliser nos prélèvements sur le terrain nous avons besoin des outils suivants :

- Truelle, binette outarière
- Sachets en plastique
- Des étiquettes : comprenant des informations sur l'échantillon (la date de prélèvement, le lieu, la culture, la variété...)
- Un couteaux

IV.3.1.2. Méthodes d'échantillonnage

L'échantillonnage est une étape très importante dans l'analyse de la nématofaune. Ainsi, Selon **Merny et Luc (1969)**, l'échantillonnage doit être réalisé d'une manière représentative afin d'obtenir des résultats significatifs. La méthode que nous avons retenue est l'échantillonnage aléatoire dans les vergers de Citrus.

Les échantillons de sol sont réalisés au niveau de la rhizosphère de 11 arbres d'agrumes choisis au hasard dans les vergers prospectés. Au niveau de chaque arbre à l'aide d'une binette nous prélevons trois échantillons d'environ 150 à 200g chacun. Ces échantillons sont réalisés à la profondeur de 40 à 60 cm (au niveau des racines nourricières). Les prélèvements de sol sont placés ensemble dans un sac plastique référencié et fermé hermétiquement de façon à éviter le dessèchement et sont conservés au froid jusqu'au moment de l'extraction.

IV.3.2. Extraction des nématodes du sol**IV.3.2.1. Outils d'extraction de nématode**

Pour réaliser l'extraction des nématodes de leur substrat (sol) nous avons utilisé le matériel suivant :

- Bécher de 250ml
- Deux seaux en plastique de 10L
- Deux tamis de (tamis à 2mm et tamis à 50 μ)
- Chronomètre
- Bâton
- Pissette d'eau
- Cristalliseur
- Des assiettes en plastique
- Papiers mouchoir
- Des étiquettes
- Des tamis en plastique

IV.3.2.2. Méthode d'extraction des nématodes du sol

La méthode d'extraction utilisée est celle des seaux de **Dalmasso (1966)**, dite méthode de flottaison et sédimentation (**Figure 23**). Elle est basée sur les différences de densité entre les nématodes et les différentes parties du sol. Elle nous permet d'extraire les nématodes de différente taille du sol en superposant des tamis à différentes mailles.

Les sols sont préalablement bien homogénéisés au laboratoire sur un plateau. A partir de ces échantillons, on prépare dans un bécher 250 ml de terre. Cette quantité est déposée et délayée à travers le tamis (2mm) dans un seau. Le tamis qui va retenir les gros cailloux, le sable grossier et les débris organiques. Le contenu du seau est complété à 6 ou 7 litres d'eau. A l'aide d'un bâton on mélange le contenu du seau pour mettre en suspension les nématodes et les particules du sol. Le contenu du seau est laissé quelques secondes (30') pour que l'eau se stabilise sans qu'elle ne s'arrête totalement de tourbillonner, puis le surnageant est versé sur deux tamis superposés de 50 μ qui vont retenir les nématodes. Le contenu de chaque tamis est récupéré successivement à l'aide d'un jet d'eau de pissette dans un cristalliseur. L'opération est répétée 3 à 4 fois pour récupérer le maximum de nématodes.

IV.3.2.3. Purification des nématodes par passage actif

La méthode de purification utilisée est celle de **Baermann (1917)** modifiée. Cette méthode est fondée sur la migration des nématodes par géotropisme positif vers le milieu le plus humide (**Ritter, 1971**). Le mode opératoire consiste à mettre à travers des tamis en plastique couvert de filtres Kleenex humidifiés la solution de nématode obtenue après extraction par les seaux.

Pour cela des tamis en plastique avec des filtres Kleenex humidifiés sont préparés. Le contenu des cristallisoirs des échantillons est passé à travers les tamis précédemment préparés. Ces derniers sont ensuite placés dans une boîte de Pétri, rempli d'eau jusqu'à affleurement de la surface du tamis (**Figure 24**). Le dispositif est déposé à la température ambiante pour le passage actif pendant 3 jours. Passer ce délai, le contenu de chaque boîte de Pétri est récupéré dans des tubes à essai de 100ml, puis laissé se décanté pendant 1 heure. Ensuite il sera réajusté à la graduation adéquate (25, 50,75 ou 100ml) en fonction de la densité des nématodes dans le tube.

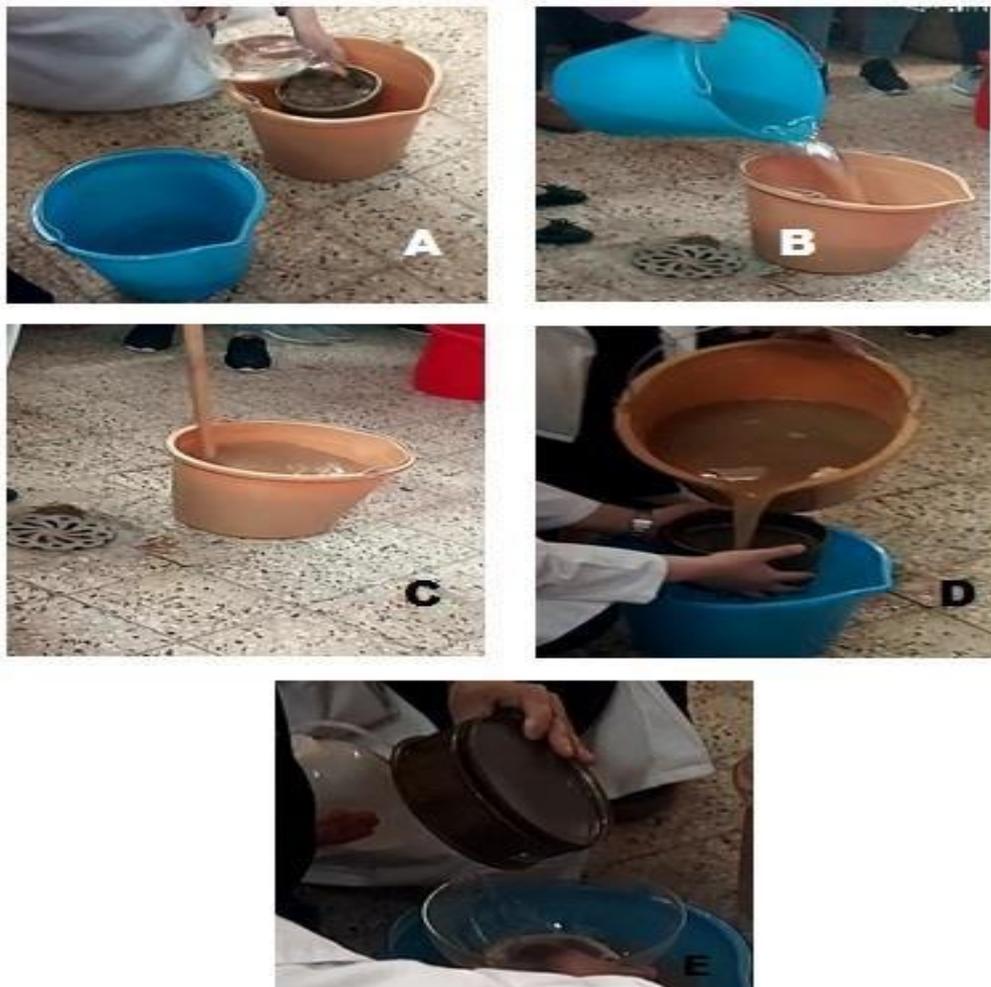


Figure 23: Etapes du procédé d'extraction des nématodes (**Original, 2020**).

A : Délayer le sol et éliminer les cailloux et les débris organiques à travers le tamis (2mm), **B:** compléter le seau à 8l d'eau ; **C :** mettre en suspension le contenu du seau ; **D :** Récolté les nématodes sur tamis 50 μ ; **E :** Ramasser le contenu de tamis (nématodes).



Figure 24: Purification des nématodes par passage actif (Original, 2020).

IV.3.3. Préparation du matériel végétal

IV.3.3.1. Récolte des plantes

Le matériel végétal utilisé pour tester l'activité biocide dans le présent travail, est représenté par les espèces végétales citées en objectif. Le choix des plantes est basé sur une recherche bibliographique et l'observation de l'effet répulsif des plantes dans leur environnement naturel vis-à-vis des insectes et l'utilisation traditionnelle des plantes par la population locale.

La récolte des trois espèces (Figure 25) a été réalisée, pendant le mois de février 2020 dans la région de Boussaâda.



Figure 25: Photos des trois espèces à tester ; A: *Juniperus communis* L. ; B: *Artemisia herba-haba* L. ; C: *Marrubium vulgare* L. (Originale, 2020).

IV.3.3.2. Séchage des plantes

Après la récolte nous avons séparé les différentes parties des espèces végétales (feuilles, rameaux et fruits). Ces derniers sont placés à sécher séparément sur papier propre, dans un endroit bien aéré à l'abri de la lumière et de chaleur (**Figure 26**).



Figure 26: Séchage des différentes parties des espèces (**original, 2020**).

IV.3.3.3. Broyage des plantes

Après le séchage, les parties des trois espèces végétales sont broyées à l'aide d'un broyeur muni d'un tamiseur intégré de diamètre 1 mm jusqu'à réduction en poudre. La poudre obtenue est conservée dans des sachets en plastiques étiquetés bien fermés jusqu'au moment de leur utilisation (**Figure 27**).



Figure 27 : A : Broyage des différentes parties des espèces

B : conservation de la poudre des Sachet étiqueter.

(**Original, 2020**)

IV.3.3.4. Préparation des plantes à l'état frais

Les parties des trois espèces ont été broyées à l'état frais et conservées dans des boîtes en verre bien fermées, couvertes par du papier aluminium et stockées à la température 6°C au réfrigérateur jusqu'au moment de leur utilisation.

IV.3.4. Préparation des extraits aqueux des espèces testées**IV.3.4.1. Matériels utilisés**

Pour la préparation des extraits aqueux des espèces testées nous avons besoin des matériels suivants :

- Cuillère.
- Balance
- L'eau distillée
- Bécher
- Des entonnoirs
- Des flacons en verre
- Chronomètre
- Tissu mousseline
- Centrifugeuse
- Papiers filtres
- Papiers aluminium
- Papiers secs.

IV.3.4.2. Procédé d'extraction par macération

La macération consiste à laisser la poudre du matériel végétal en contact prolongé avec un solvant pour en extraire les principes actifs c'est une extraction qui se fait à température ambiante et qui a l'avantage de préserver les substances thermosensibles.

Nous procédons selon la méthode d'extraction de **Mahmoudi et al. (2013)**. Elle consiste à peser 10g de poudre sèche ou de broyat frais pour chaque organe de plante testé puis sont mis séparément à macérer dans des flacons en verre de 250ml, ces derniers sont couverts de papier d'aluminium. Chaque flacon reçoit 100ml d'eau distillée et la solution est laissée macérer à température ambiante pendant 2h30min. Après ce temps on rajoute à chaque flacon 100ml d'eau distillée chaque flacon va contenir 200ml d'eau distillée, on laisse la solution macérer une 2^{ème} fois pendant 2h30min. Après cette deuxième macération nous

procédons à la filtration des solutions sur un tissu mousseline, les filtrats de chaque partie sont centrifugés pendant 20 min à 4000 t/min (**Figure 28**) puis sont filtrés sur papier filtre N° 1 et conservés à 4 °C jusqu'à utilisation (**Figure 29**).



Figure 28: Centrifugeuse utilisée type « LABOFUGE 400R » (**Original, 2020**).



Figure 29: Préparation des extraits aqueux (**Original, 2020**) ; A : Filtration sur papiers filtre N°1 ; B : Conservation à 4°C.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Conclusion Générale

La recherche bibliographique entreprise a montré que l'agrumiculture comporte une grande diversité au niveau des variétés cultivées. Parmi les trois principaux genres d'agrumes « *Poncirus*, *Fortunella*, *Citrus* », le dernier genre (*Citrus*) regroupe les principales espèces cultivées, 145 espèces dénombrées. La Publication de Statista Research Department (2019) a montré la production d'agrumes en Algérie entre 2016 et 2017, s'élevait à plus d'un million de quintaux pour la production d'oranges et à environ 800.000 quintaux pour la production de citrons.

Les agrumes avec leur diversité, sont sujets à plusieurs types de maladies cryptogamiques, virales et parasitaires. Parmi les bio-agresseurs inféodés aux agrumes, nous citons le nématode du Citrus « *Tylenchulus semipenetrans* ». Ce nématode semi-endoparasite sédentaire est inféodé aux racines du bigaradier, porte-greffe le plus utilisé dans la région méditerranéenne, est largement distribué dans le monde (**Kallel et Labiadh, 2010**). Cette espèce universellement répandue est responsable de la nématose connue sous le nom de « Slow Decline » des Citrus, qui est la cause de la réduction significative du rendement et de la taille de fruit (**Vilardebo, 1962**).

En Algérie ce nématode a été signalé sur agrumes dans différentes stations de la Mitidja (**Triki, 2011**) et dans les vergers d'orange Var. Thomson de la région de Tizi Ouzou (**Khiair, 2014**). La lutte chimique est pratiquement le moyen le plus utilisé pour diminuer la population des nématodes phytoparasites en général. Ce moyen de contrôle affecte considérablement le potentiel biotique des micro-organismes utiles du sol vu son large spectre d'action. Par ailleurs, les résidus chimiques qui persistent dans les sols traités s'avèrent nocifs pour l'environnement, la santé humaine et animale. La découverte d'autres méthodes alternatives au moyen chimique moins polluante s'avère nécessaire. L'utilisation des espèces végétales représente une des solutions pouvant contribuer à réduire l'emploi des pesticides synthétiques et problème des nématodes phytoparasites. Des recherches ont mis en évidence l'importance des substances nématicides et de molécules actives tels que les composés phénoliques dans la lutte contre les nématodes (**Siddiqui et al. 1988 ; Faouzi, 2002**).

Vu l'importance des plantes comme étant une banque de molécules bioactives et le manque de travaux de recherche concernant les plantes testées, nous avons choisi d'entreprendre les essais des extraits aqueux des trois espèces médicinales (*Artemisia herba-halba L.*, *Juniperus communis L.* et *Marrubium vulgare L.*) sur ce phytoparasite spécifique

Conclusion Générale

du Citrus. Malheureusement, nous n'avons pas pu réaliser les essais expérimentaux vu la situation du confinement Covid19.

En perspective il serait intéressant de terminer ce travail sur *T. semipenetrans* et de tester les extraits de ces plantes médicinales sur d'autres espèces de nématodes phytophages à importance économique comme le *Globodera* et les *Meloidogyne*.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Adjdir Z. et Bensnoussi A., (2009)**. Bilan d'une Agrumeraie.cas de la ferme pilote Moussadek Abdalkader (Remchi Wilaya de Tlemcen). Mémoire d'ingénieur, Univ, Tlemcen, 81p.
2. **Ahmad F. A., (1995)**, plantes médicinales et aromatiques dans le monde arabe, l'agriculture et la fabrication de plantes médicinales dans le monde arabe. Institution arabe pour les etudes et publication, p :2-22
3. **Aidoud A., (1983)**. *Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du sud Oranais*.Thèse de Doctorat de 3ème cycle. Institut de Biologie. USTHB. Alger, :116 - 200.
4. **Ali N.(2015)** Communautés de nématodes phytoparasites associés à l'olivier : réponse aux forçages anthropiques et environnementaux. Sciences agricoles. Montpellier SupAgro, Français. ffNNT : 2015NSAM0015ff. fftel-01398778
5. **Anonyme (2007)** : cité par Ghazzaz. R et Toumi. H-étude de comportement de variété Washington naval, 22p thèse(2007-2008).
6. **Anonyme (2016)** : République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche des statistiques de la production des agrumes en Algérie 2014.
7. **Anonyme(2013)** : -Production des agrumes : Comment augmenter le rendement.
8. **Aubert B., et Vullin G., (1997)** - Pépinières et plantations d'agrumes. Ed. Cirad – Flhor. Montpellier, Pp11-168.
9. **Baba Aissa F (1999)**. *Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb*.
10. **Baches B. (2011)**. *Agrumes : comment les choisir et les cultiver facilement*. Ulmer, Paris.
11. **Baermann G. (1917)**. Eine einfache Methode zur Auffindung von Ankylostomum (Nematoden) Larven in Erdproben. Geneeskundig Tijdschrift voor Nederlandsch-Indie 57:131–137.
12. **Baines R.C. et al., (1958)**, -*Nematode control on bearing trees*. Calif. Citrog., 1958, vol . 43, n°9, p . 328-329.
13. **Benaissat F. Z., (2015)**, La caractérisation de la sensibilité des variétés d'agrumes aux pourritures en post-récolte. Mémoire de fin d'étude. Univ. Sidi Mohammed Ben Abdallah 61p.

Références Bibliographiques

14. **Benedeste A. et Baches M. (2002).***Les agrumes*. Urgen Ulmer, Paris.
15. **Biche M., (2012)** - Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. Institut national de la protection des végétaux, le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et FAO, 36p
16. **Bonnier G (1990).** *La grande Flore française* Ed. Bllin ; Complète. Tome : 09. 25-26. La Végétation de la France, Suisse et Belgique.
17. **Boualem M., Maameri E., Abbou A., Ghelamallah A., (2014)**, Etude bioécologique de deux pucerons *Myzus persicae* et *Aphis gossypii* et leurs ennemis naturels sur poivron sous serre. AFPP – 10ème Conférence internationale sur les ravageurs en agricultures. Montpellier – 22 et 23 Octobre 2014.
18. **Boudy P., (1952)** ; *Guide du forestier en Afrique du nord*. (Ed.) Maison Rustique. Paris. 505P
19. **Bové J.M. (1995).** Virus and virus-like diseases of citrus in the Near East region. F.A.O. Rome Eds, 518 p.
20. **Breton M. (2009).** Les plasmides pSci de *Spiroplasma citri* GII3 : caractérisation fonctionnelle et rôle dans la transmission par l'insecte vecteur. Thèse de doctorat. Université Victor Segalen Bordeaux 2. 173p
21. **Bongers T. (1990),** *The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition*, *Oecologia* 83, 14–19.
22. **Bruneton J (1993).** *Pharmacognosie, phytochimie Plantes médicinales, technique et documentation*, p.266- 275- 2ème édition. Lavoisier. Paris.
23. **Bruneton J (1999).** *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. 3ème Edition. Technique et Documentation. Lavoisier. Paris.
24. **Charif F., 2015-** Evaluation de la toxicité des extraits de plantes sur le nématode à kystes du genre *Globodera* (Nematoda- Heteroderidae. Mémoire de Master 2, Science de la Nature et de la Vie, Phytopharmacie Appliquée, Départ. Biotechnologies, Fac. SNV, Univ. Blida 1, 63p.
25. **Choi Y.E. (2001).** Nematoda (Tylenchida, Aphelenchida). National Institute of Agricultural Science and Technology, 166 pp.
26. **Cobb, N. A. (1913).** *New nematode genera found inhabiting fresh water and non-brackish soils*. *Journal of the Washington Academy of Sciences* 3:432-444.
27. **Comité des Statistiques Agricoles Agricultural (USDA), (2017)** L'estimation des agrumes affiche 76% de plus en comparaison avec la saison précédente.. Consulté 29

Références Bibliographiques

- août 2020, à l'adresse <https://www.freshplaza.fr/article/9031985/usda-l-estimation-des-agrumes-affiche-76-de-plus-en-comparaison-avec-la-saison-precedente/>
28. **Coyne, D.L., Nicol, J.M. et Claudius-Cole, B. (2010).** Les nématodes des plantes: Un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire. Secrétariat SP-IPM, Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Cotonou, Benin.
 29. **Coyne, D.L.; Fourie, H.H.; Moens, M. (2010),** *Current and Future Management Strategies in Resource-poor Farming*. In: Perry, R.N; M, Moens; J.L, Starr (Eds) "Root-Knot Nematodes" CAB International, Wallingford, U.K., pp.444-475.
 30. **Derradji Heffaf F., 2013-** Composition chimique et activité insecticide de trois espèces végétaux à l'égard de Sitophilusoryzae L. (Coleoptera - Curculionidae). Thèse de Magister, Science Agronomiques, Biologie et Ecologie en Zoologie Agro-Forestière, ENSA El Harrach, Alger.
 31. **Djian-Caporalino C., Védie H. et Arrufat A., (2009) (PDF)** Gestion des nématodes à galles: Lutte conventionnelle et luttés alternatives, L'atout des plantes pièges. ResearchGate. Consulté 29 août 2020, à l'adresse : https://www.researchgate.net/publication/266878788_Gestion_des_nematodes_a_galles_Lutte_conventionnelle_et_luttés_alternatives_L'atout_des_plantes_pieges.
 32. **Duncan L.W. et Cohn E. (1990).** Nematode parasites of citrus, pp. 321–346. In: Luc M., Sikora R.A. and Bridge J. (eds), *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical Agriculture*, CAB International, Wallinford, UK, 648 pp. ISBN-10: 0851986307, ISBN-13: 9780851986302
 33. **Duncan L.W., Inera R.N., O'Bannon J.H., El- morshedy M.M. (1994).** Reproduction of a Florida population of Tylenchulus semipenetrans on resistant citrus rootstocks. *Plant Dis.*, 78:1067-1071.
 34. **El-Otmani (2005),** le froid des agrumes, Enseignant-Chercheur, « Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat».
 35. **Encyclopédie des plantes médicinales (2001).** Identificatin, préparation, soins, Larousse, p54
 36. **Fasulo, T.R. et Brooks, R.F. (2004),** Scale Pests of Florida Citrus, series ENY-814 of the Entomology and Nematology. <http://www.edis.ifas.ufl.edu/>.
 37. **Food and Agriculture Organization of United Nations, (2016)-** *La production de jus d'agrumes et l'application des technologies au marché des agrumes frais*, Symposium sur les agrumes Chine, Pp.83-90.
 38. **Fraval A., (2006) :** Les aleurodes, insectes n° 155 - Inra, 5 (4) 27-31pp.

Références Bibliographiques

39. **Fredon., (2008)**, Fiche technique sur les pucerons, France.
40. **Grafton-Cardwell E. (2012)**. Brown Citrus Aphid, *Toxoptera citricida*. Center for Invasive Species Research, University of California Riverside.
41. **Grandison, G. S., Lebegin, S., & Lemerre Desprez, Z. (2009)**. Plant-parasitic nematodes on economic crops of New Caledonia. *Australasian Plant Pathology*, 38(4), 408. <https://doi.org/10.1071/AP09016>
42. **Hemidi W., Laamari M., Tahar Chaouche S., (2013)**, Les hyménoptères parasitoïdes des pucerons associés aux plantes ornementales de la ville de Biskra. USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems" CIPCA4 TAGHIT (Bechar) – Algeria, 19-21 November, 2013. • Home Economics. New Mexico.
43. **I.T.A.F.V, (2013)** - Création d'un verger d'agrumes, Tome III, guide technique Document élaboré par les services techniques de l'I.T.A.F.V., Ed. DFRV., Pp30-44.
44. **Inserra R.N., Vovlas N., O'Bannon J.H. et Esser R.P., (1988)**. *Tylenchulus graminis* n. sp. and *T. palustris* n. sp. (Tylenchulidae), from native flora of Florida, with note on *T. semipenetrans* and *T. furcus*. *Journal of Nematology*, 20: 266-287.
45. **Iserin P, (2001)**. Encyclopédie des plantes Médicinales : Identification, Préparations, Soins. Londres: Larousse. 335p.
46. **Jacquemond S., Agostini D et Cur K. (2009)**. *Les clémentiniers et autres petites agrumes*. Quae, 1er Ed., Paris.
47. **Jamoussi B., (1955)**. *Les maladies de dépérissement des agrumes Supplément colonial A la revue de Mycologie*, laboratoire de cryptogamie du museum national d'histoire naturelle. P1-9.
48. **Kallel S. et B'Chir M.M., (2005)**. *Détection par radiométrie d'un stress pathologique provoqué par Tylenchulus semipenetrans Cobb sur Citronnier greffé sur bigaradier*. Cahiers Agricultures 14, pp.241-248.
49. **Kallel, S., et Louhichi, A. (2005)**. Structure du site trophique induit par *tylenchulus semipenetrans* sur bigaradier observé en microscopie photonique, confocale et électronique à transmission. 8.
50. **Kasraoui M. F. Braham M. Denden M. Mehri H. Gracia M. Lamaze T et Attia F., (2006)**, Effet du déficit hydrique au niveau de la phase photochimique du PSII chez deux variétés d'olivier. *C. R. Biologies*. 98-105pp.

Références Bibliographiques

51. **Khanzada, S.A., Iqbal, A., Munir, A., Burney, K., Hameed, S. et Rehman, H.U. (2008).** *Incidence and distribution of citrus nematode *Tylenchulus semipenetrans* in citrus orchards of Punjab.* Pak.J. Nematol.,4:149-199.
52. **Labroussaa F. (2010).** Interactions entre le *Spiroplasma citri* et son insecte vecteur *Circulifer haematoceps*. La phosphoglycérate kinase de *S. citri* : une “actin-binding protein” impliquée dans la transmission du spiroplasma par la cicadelle. Thèse. Bordeaux (FRA) : Université Bordeaux 2. 159p
53. **Lee, D.L., (ed.). 2002.** *The biology of nematodes.* CRC Press. 635pp.
54. **Loussert R. (1989).** *Les agrumes-2-Productions.* Lavoisier, 1er Ed., Paris.
55. **Loussert R., (1989a)** - Les agrumes. Arboriculture. Ed. Lavoisier, Paris, vol n°1, 113p.
56. **Loussert R., (1989b)** - Les agrumes. Production. Ed. Lavoisier, Paris, vol n° 2, 157p.
57. **Maachou H., 2013-** Contribution à l'étude de la toxicité de deux types de formulations d'extraits aqueux d'*Urticadioica* sur les larves des Nématodes de Citrus *Tylenchulus semipenetrans* (Nematoda - Tylenchulidae). Projet de Fin d'Etude Master2, Science de la nature et de vie, Phytopharmacie appliquée, Départ. Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Agro-Vétérinaires et Biologiques, Université Saad Dahleb de Blida, 58p.
58. **Mokrini, F. et F. Abbad-Andaloussi. (2011).** *Identification of *Tylenchulus semipenetrans* biotype in Morocco.* Integrated Control of Citrus Fruit Crop 62:65-69.
59. **NebihHadj-Sadok D., 2015-** The toxic effect of aqueous extracts of *Brassica oleracea* L. and *Brassica oleracea* var *botrytis* on Citrus nematode (*T. semipenetrans*). International Conference on Latest Trends in Food, Biological & Ecological Sciences (ICLTFBE'15), Dubai (UAE) Oct. 11-12, 2015, (Abstract).
60. **Neher D.A.S.L., Peck J.O. Campbell C.L.R., (1995).** *Measures of nematode community structure and source of variability among and within fields.* Plant and Soil, 170:167-181.
61. **Nieto-Nafria, J. M., Alonso -Zarazaga., M. A., et Pérez Hidalgo., N. (2005).** *Toxoptera citricida* or *Toxoptera citricidus* ? The validity of a specific name (Hemiptera, Aphididae, Aphidini). Graellsia 61:141-142.
62. **Omar A. R. et Mohamed S. H., (1993),** plantes médicinales et aromatiques deuxième édition, installations connaissances d'Alexandrie, p:13-134.
63. **Polese J.M., (2008).** *La culture des agrumes,* Artemis . ISBN : 284416756X.p12.
64. **Quezel P (1978).** *Analyses of the flora Mediterranean and Saharan Africa.* Annals.

Références Bibliographiques

65. **Quezel P., Santa S (1963).***Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. In: CNRS (Ed.), Vol. 1-2.Paris.
66. **Quilici S., (2003a).** Analyse du Risque Phytosanitaire (ARP) : Filière de production : AGRUMES, Organisme nuisible : *Panonychus citri*, Zones ARP : Martinique Guyane. Edition CIRAD,32p.
67. **Quilici S., (2003b).** Analyse du risque phytosanitaire (ARP); organisme nuisible : *Parlatoria ziziphi* sur les agrumes, 28p.
68. **Rashidifard, M., Shokoohi, E., Hoseinipour, A., & Jamali, S. (2015).** *Tylenchulus semipenetrans*(Nematoda:Tylenchulidae)onpomegranateinIran.AustralasianPlant Disease Notes, 10(1), 2.<https://doi.org/10.1007/s13314-014-0157-7>
69. **Reynolds H.W. et O'bannon J.H. , (1963).** *Decline of grapefruit trees in relation to Citrus nematode population s and tree recovery after chemical treatment* . *Phytopath.*, vol . 53, n°9, p . 1011-1015.
70. **Roistacher C.N. (1991).** Graft transmissible disease of citrus. Handbook for Detection and Diagnosis. FAO (eds), Rome,p286
71. **Roistacher C.N. (2010).** La tristezza des agrumes.EcoPort slide showsww.ecoport.org
72. **Sellami S.-**département de botanique- I.N.A- Cours de nématologie- Année2007/2008.
73. **Siddiqi, M. R., (2000).** in C.I.H Descriptions of Plant Parasitic Nematodes Set 3,No45. 35 (Commonwealth Institute of Parasitology, C.A.B.International.
74. **Sigwalt B., (1971).** Les études de démographie chez les cochenilles Diaspines à l'Oranger en Tunisie. Cas particulier d'une espèce a générations chevauchantes : *Parlatoria ziziphi* Lucas, applications à trois espèces nuisibles. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, 8 (1), pp 5–15.
75. **Sinhal S. K., R. Vijendra RA O. et M. S. Deepak (2012),** Influence of climate onthe total vessel lumen area in annual rings of teak(*Tectona*)
76. **Sorribas FJ, Verdejo-Lucas S, Forner JB, Alcaide A, Pons J, Ornat C. (2000).** Seasonality of *Tylenchulus semipenetrans* Cobb and *Pasteuria* sp. in citrus orchards in Spain. *Journal of Nematology* 32:622/632. L'adresse Visité le 29/08/20 https://www.researchgate.net/publication/24186407_Seasonality_of_Tylenchulus_semipenetrans_Cobb_and_Pasteuria_sp_in_Citrus_Orchards_in_Spain.
77. **Sumenkova, N.I., (1988).***Nematodes of plants and soils: Neotylenchoidea*. Brill. 280 pp.

Références Bibliographiques

78. **Tanha Maafi Z. and Damadzadeh M. (2008)**. Incidence and control of the citrus nematode *Tylenchulus semipenetrans* Cobb, in the north of Iran. *Nematology* 10 (1): 113–122. DOI:10.1163/156854108783360096
79. **Tanha Maafi Z., Amani M., Stanley J.D., Inserra R.N., Van Den Berge E. & Subbotin S.A. (2012)**. Description of *Tylenchulus musicola* sp. n. (Nematoda: Tylenchulidae) from banana in Iran with molecular phylogeny and characterization of species of *Tylenchulus* Cobb, 1913. *Nematology* 14 (3): 353–369. DOI: 10.1163/156854111X596242
80. **Temagoult O., (1988)** ;*Inventaire et répartition du Genévrier thurifère (Juniperus thurifera L.)*. Memoire Ing. I.N.E.S Agronomie, BATNA. 61P.
81. **Van Gundy (1985)**, -the lifehistory of the citrus nematodes *Tylenchulus semipenetrans* Cobb. *Nematologica*, 3,283-294.
82. **Verdejo-Lucas, S. (1992)**. *On the occurrence of the “Mediterranean biotype” of Tylenchulus semipenetrans in Spain*. *Fundamental and Applied Nematology* 15:475-477.
83. **Verdejo-Lucas, S., Sorribas, F. J., Pons, J., Forner, J. B. and A. Alcaide. (1997)**. *The Mediterranean biotypes of Tylenchulus semipenetrans in Spanish citrus orchards*. *Fundamental Applied Nematology* 20:399-404.
84. **Vilardebo, A.et Luc M. (1961)**. Le «slow decline» des citrus dû au nématode *Tylenchulus semi-penetrans* Cobb.10.
85. **Virbel-Alonso C. (2011)**.*Citron et autres agrumes*. Eyrolles, 1er Ed.,Paris.
86. **Yeates, G.W., Bongers, T., De Goede, R.G.M., Freckman, D.W., Georgieva, S.S., (1993)**.*Feeding habits in soil nematode families and genera-an outline for soil ecologists*. *Journal of Nematology*,25:315-331.
87. **Yokomi R.K., Mello A.F.S., Saponi M. et Fletcher J. (2008)**.*Polymerase chain reaction –based detection of Spiroplasmacitri associated with Citrusstubborn disease*. *Plant Disease*, 92:253-260.

Liens :

1. *citrus nematode—Tylenchulus semipenetrans (Cobb, 1913)*. Consulté 29 août 2020, à l’adresse http://entnemdept.ufl.edu/creatures/nematode/citrus_nematode.htm.
2. *Tylenchulus semipenetrans (citrus root nematode)* Consulté 29 août 2020, à l’adresse <https://www.cabi.org/isc/datasheet/61059>

Références Bibliographiques

3. http://commons.wikimedia.org/wiki/Citrus?uselang=fr#mediaviewer/File:OrangeBloss_w_b.jpg
4. <http://ephytia.inra.fr/fr/C/16577/hypp-Biologie-du-ravageur>
5. <http://www.fredon-corse.com/ravageurs/cochenille-australienne.htm>
6. <http://www.fredon-corse.com/ravageurs/cochenille-serpette-des-agrumes.htm>
7. <http://www.usda.gov>
8. https://diptera.info/forum/viewthread.php?thread_id=57916&pid=247859https://www.cabi.org/isc/datasheet/28432
9. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/40831>