

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

UNIVERSITE BLIDA 1



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

**Evaluation in vitro de l'effet nématocide de plantes sur les nématodes
à galle du genre *Meloidogyne* spp. (Nematoda-Meloidogynidae)**

Présenté par : Bachouche Fatma Zohra et Laghouati Shahinez

Soutenu devant le jury composé de :

M ^{me} CHAICHI W.	M.C.A.	U.B.1	Présidente
M ^{me} SABRI K.	M.A. A	U.B.1	Examinatrice
M ^{me} NEBIH D.	M.C.A.	U.B.1	Promotrice
M ^{elle} REGUIGE B.	Doctorante	U.B.1	Copromotrice

ANNEE UNIVERSITAIRE :2020/2021

Remerciements

Avant tout nous remercions "DIEU" tout puissant de nous avoir guidé tout au long de nos années d'études et de nous avoir donné le courage pour réaliser ce travail

Nous exprimons nos reconnaissances à :
Notre promotrice 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 également M^{me} CHAICHI W. pour l'honneur
qu'elle nous a fait de présider le jury et
M^{me} SABRI K. d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous tenons à remercier les membres de laboratoire surtout à
M^{me} YAMINA, pour sa disponibilité et sa patience.

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

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à mes Très chère
parents qu'ils trouvent ici ma plus profonde
gratitude et mon amour pour leur soutien tout au
long de mes études je leur souhaite une longue vie.*

*A mes chère frères et sœurs pour leur appui et
leur encouragement.*

*A mon mari Djamel et mes enfants pour leur
soutien tout au long de mon parcours
universitaire.*

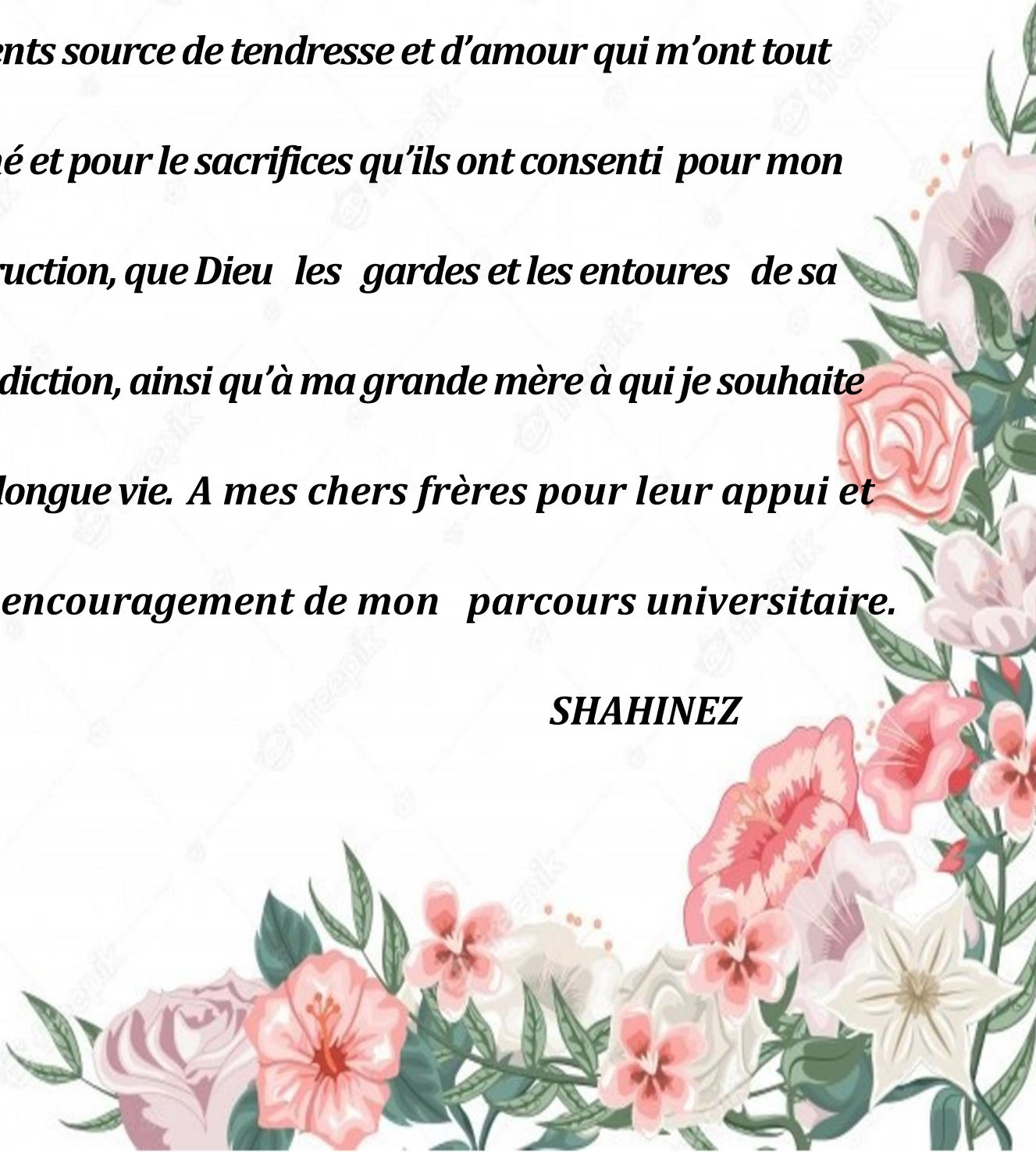
Fatma Zohra



Dédicace

***Je dédie ce modeste travail à mes Très chère
Parents source de tendresse et d'amour qui m'ont tout
donné et pour le sacrifices qu'ils ont consenti pour mon
instruction, que Dieu les gardes et les entoures de sa
bénédiction, ainsi qu'à ma grande mère à qui je souhaite
une longue vie. A mes chers frères pour leur appui et
leur encouragement de mon parcours universitaire.***

SHAHINEZ



التقييم في المختبر لتأثير مبيد النيमतودا للنباتات على نيमतودا عقدة الجذر من جنس *Meloidogyne spp*. (نيमतودا _
ميلودوجينيديا)

الملخص

ركز عملنا على الدراسة في المختبر للتأثير المبيد للنيमतودا للمستخلصات المائية للنباتات الطبية (*Juniperus* و *Marrubium Vulgare* و *J. communis*) على اليرقات (L2) من جنس نيमतودا عقدة جذر الطماطم من جنس *Meloidogyne*. تحضير المستخلصات المائية للأعضاء المختلفة للنباتات المختبرة هو عملية النقع المائي. لهذا الغرض، تم تحضير ثلاث جرعات (5غ، 10غ، 15 غ) من المسحوق من مختلف أعضاء كل نبات (أوراق وأغصان وفواكه) وتم تعليقها بـ 125 مل من الماء المقطر. بعد الاختبارات البيولوجية أظهرت النتائج أن الحد الأقصى لمعدل الوفيات لوحظ عندما تكون الجرعة أعلى وأثناء فترة التعرض الأطول وبعد 72 ساعة من الغمر، لذلك يتم الحصول على أعلى معدلات الوفيات مع خليط المستخلصات (أغصان الأوراق) في اثنين من النباتات الطبية. بلغ معدل نفوق يرقات *Meloidogyne* إجمالاً (100%) من أول 24 ساعة بتركيزات (15 غ / 125 مل). تكشف المعالجات التي تعتمد على *J. communis* أن خليط المستخلصات من الأوراق أو الأغصان مع تلك الموجودة في الفاكهة يقلل بشكل كبير من القدرة السامة للمستخلصات المائية للفاكهة، وينتج تأثير مضاد بين الجزينات النشطة بيولوجيًا في الخلائط.

الكلمات المفتاحية: نشاط مبيد للنيमतودا، مستخلصات مائية، *Meloidogyne*، نباتات طبية

Evaluation in vitro de l'effet nématocide de plantes sur les nématodes à galle du genre *Meloidogyne* spp. (Nématode_ Meloidogynidae)

Résumé

Notre travail a porté sur l'étude *in vitro* de l'effet nématocides des extraits aqueux des plantes médicinales (*Marrubium Vulgare* et *Juniperus communis*) sur les juvéniles (L2) des nématodes à galles de la tomate genre *Meloidogyne*. La préparation des extraits aqueux des différents organes des plantes testées est le procédé de la macération aqueuse. Pour cela trois doses (5, 10 et 15g) de poudre des différents organes de chaque plante (feuilles, rameaux et fruits) ont été préparées et sont mises en suspension avec 125ml d'eau distillée. Après les tests biologiques Les résultats ont montré que le taux maximal de mortalité a été noté lorsque la dose est plus élevée et durant la période d'exposition plus longue et après 72h d'immersion, ainsi les taux de mortalité les plus important sont obtenus avec le mélange des extraits (feuilles-rameaux) chez les deux plantes médicinales. La mortalité des larves de *Meloidogyne* est totale (100%) dès les premières 24h aux concentrations (15g/125ml). Les traitements à base de *J. communis*, révèlent que la mixture des extraits des feuilles ou des rameaux avec ceux des fruits, diminue significative le potentiel toxique des extraits aqueux des fruits, un effet antagoniste c'est produit entre les molécules bioactives des mélanges.

Motsclés : Activité nématocide, extraits aqueux, *Meloidogyne*, plantes médicinales

In vitro evaluation of the nematicidal effect of plants on root knot nematodes of the Genus *Meloidogyne* sp. (Nematoda _ Meloidogynidae)

Abstract

Our work focused on the in vitro study of the nematicidal effect of aqueous extracts of medicinal plants (*Marrubium Vulgare* and *Juniperus communis*) on juveniles (L2) of tomato root-knot nematodes genus *Meloidogyne*. The preparation of the aqueous extracts of the different organs of the plants tested is the process of aqueous maceration. For this, three doses (5, 10 and 15g) of powder from the different organs of each plant (leaves, twigs and fruits) were prepared and are suspended with 125ml of distilled water. After the biological tests The results showed that the maximum mortality rate was noted when the dose is higher and during the longer exposure period and after 72 hours of immersion, thus the highest mortality rates are obtained with the mixture of extracts (leaves-twigs) in the two medicinal plants. Mortality of *Meloidogyne* larvae is total (100%) from the first 24 hours at concentrations (15g / 125ml). Treatments based on *J. communis* reveal that the mixture of extracts from the leaves or twigs with those from the fruits significantly reduces the toxic potential of the aqueous extracts of the fruits, an antagonistic effect is produced between the bioactive molecules of the mixtures.

Keywords: Nematicidal activity, Aqueous extracts, *Meloidogyne*, Medicinal plants

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Morphologie des <i>Meloidogynes</i>	6
Figure 2 : Cycle biologie des nématodes à galles (<i>Meloidogyne spp.</i>).....	7
Figure 3 : Masses d'œufs de <i>Meloidogyne incognita</i> sur racines de tomate. Le cercle entour des masses d'œufs matures de couleur orangée.....	8
Figure 4 : Dégât sur racines de tomate,carrote,concombre,laitue et melon en plein champ	11
Figure 5 : Champignon nématophage (<i>Arthrobotrys irregularis</i>). Vue en microscopie électronique d'un nématode pris au piège dans des anneaux de constriction d'un champignon nématophage : <i>Arthrobotrys irregularis</i>	13
Figure 6 : Caractéristiques morphologiques de <i>Marrubium vulgare</i>	17
Figure 7 : Morphologie de la plante <i>J. communis</i>	20
Figure 8 : Les étapes de préparation des plantes	24
Figure 9 : les étapes d'extraction aqueuse à partir des plantes	25
Figure 10 : Préparation des pH des mélanges des extrait aqueux.....	26
Figure 11 : Les échantillons de racines de la tomate infestées par les nématodes à galles <i>Meloidogyne spp</i>	27
Figure 12 : Présentation les étapes d'extraction des masses d'œufs.	28
Figure 13 : Présentation les étapes de l'éclosion des œufs	29
Figure 14 : La purification des nématodes par passage actif	30
Figure 15 : Le mode opératoire des tests nématocides in vitro	31
Figure 16 : L'effet des doses des extraits aqueux du mélange feuilles-rameaux de <i>M. vulgare</i> sur la mortalité de larve de <i>Meloidogyne</i>	33
Figure 17 : L'effet des doses des extraits aqueux du mélange feuille- rameaux de <i>J. Communis</i> sur la mortalité de larve de <i>Meloidogyne</i>	34
Figure 18 : Variation de la toxicité des mélanges des extraits des deux plantes sur les larves de <i>Meloidogyne</i>	35
Figure 19 : L'effet des différentes concentrations des extraits aqueux du mélange fruit-feuilles de <i>J. communis</i> sur le taux de mortalité moyen de larve de <i>Meloidogyne</i>	36
Figure 20 : L'effet des différentes concentrations des extraits aqueux du mélange fruit-rameaux de <i>J. communis</i> sur le taux de mortalité moyen de larve de <i>Meloidogyne</i>	37
Figure 21 : L'effet des différentes concentrations des extraits aqueux du mélange feuilles-fruit-rameaux de <i>J. communis</i> sur le taux de mortalité moyen de larve de <i>Meloidogyne</i>	37
Figure 22 : Variation de la toxicité des différents traitements en fonctions des doses et du temps d'exposition des larves de <i>Meloidogyne</i>	38

LISTE DESTABLEAUX

Tableau1 : Cultivars résistants aux <i>Meloidogyne</i> et leur(s)gène(s)de résistance.....	15
Tableau2 : Position systématique du <i>Marrube</i>	16
Tableau3 : Position systématique du <i>Juniperus communis</i>	19
Tableau4 : Valeur des pH des mélanges des extraits testés.....	26
Tableau5 : Modèle G.L.M. appliqué au pouvoir nématocide des traitements de <i>M. vulgare</i> utilisées en fonction du temps d'exposition et des dilutions utilisées.....	35
Tableau6 : Analyse statistique (Model G.L.M.) appliqué au pouvoir nématocide des Traitements utilisés.....	38

LISTE DESABREVIATIONS

AMM : Autorisation de Mise sur le Marché

APG: Angiosperm Phylogeny Groupe

ATCC: American Type Culture

Collection J2 : la juvénile du deuxième stade

OMS : Organisation mondiale de la Santé

TABLE DES MATIERES

REMARCIEMENTS

EDICACES

ملخص

RESUME

ABSTRACT

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1.Synthèse bibliographique sur le nématode à galle <i>Meloidogyne</i> spp.....	4
I.1.1. Généralités.....	4
I.1.2. Classification systématique des <i>Meloidogyne</i> spp.....	4
I.1.3. Caractères morphologiques.....	5
I.1.4. Biologie et cycle de vie.....	6
I.1.5. Les facteurs de développement de <i>Meloidogyne</i>	8
I.1.5.1. Les facteurs abiotiques	8
I.1.5.1.1. L'eau.....	8
I.1.5.1.2. La température.....	8
I.1.5.1.3. L'air.....	9
I.1.5.1.4. pH.....	9
I.1.5.1.5. Le sol.....	9
I.1.5.2. Les facteurs biotiques.....	9
I.1.5.2.1. Matière organique.....	9
I.1.5.2.2. Exsudat racinaire.....	9
I.1.5.2.3. Organisme du sol.....	10
I.1.6. Symptômes, dégâts et seuil de nuisibilité <i>Meloidogyne</i>	10
I.1.6.1. Symptômes.....	10
I.1.6.2. Les dégâts et seuil de nuisibilité.....	10
I.7. Méthodes de lutte contre le <i>Meloidogyne</i>	11
1.7.1.les mesures prophylactiques.....	11
1.7.2. Méthodes physiques.....	11

1.7.3. Méthodes chimiques.....	12
1.7.4. Méthodes biologiques.....	12
1.7.3.1. Les microorganismes.....	12
1.7.3.2. Les plantes nématocides	13
1.7.3.3. Les huiles essentielles.....	14
1.7.3.4. Lutte génétique.....	15
I.2.Synthèse bibliographiques sur les plantes testées.....	16
I.2.1. Données bibliographiques sur <i>le Marrubium vulgare</i>	16
I.2.1.1 Généralités.....	16
I.2.1.2. Propriété thérapeutique.....	16
I.2.1.3. Position systématique.....	16
I.2.1.4. Description botanique.....	17
I.2.1.5. Composition chimique.....	17
I.2.1.6. Toxicité.....	18
I.2.2. Données bibliographiques sur le <i>Juniperus communis</i>	18
I.2.2.1. Généralités.....	18
I.2.2.2. Propriété thérapeutique.....	18
I.2.2.3. Position systématique.....	19
I.2.2.4. Description botanique.....	19
I.2.2.5. Composition chimique.....	20
I.2.2.6. Toxicité	20
I.2.3. Importance économique des plantes testées.....	20
Chapitre II : Matériel et Méthodes.....	24
II.1. L'objectif.....	24
II.2. Les méthodologies	24
II.2.1 Matériel végétal.....	24
II.2.2. Préparation des extraits aqueux.....	24
II.2.2.1. Préparation des mélanges et Mesures des pH.....	25
II.2.3. Les prélèvements des échantillons.....	26
II.2.4. La méthode d'extraction des larves de <i>Meloidogyne</i>	27
II.2.4.1. Outils d'extraction des masses d'œufs.....	27
II.2.4.2. Extraction des masses de <i>Meloidogyne</i>	27
II.2.4.3. L'obtention des larves(J2) de <i>Meloidogyne</i>	28

II.2.5. Tests biologiques.....	30
II.2.6. Analyse de la variance.....	31
Chapitre III : Résultats et Discussion.....	33
III.1. Evaluation de toxicité des extraits aqueux des deux plantes« <i>Marrubium vulgare</i> L.»et« <i>Juniperus communis</i> L » sur les larves (L2) de <i>Meloidogyne</i>	33
III.1.1. L'effet de la toxicité d'extrait aqueux du mélange feuilles-rameaux de <i>M.vulgare</i>	33
III.1.2. L'effet de la toxicité d'extrait aqueux du mélange feuille- rameaux de <i>J. communis</i> ...	34
III.1.3. Comparaison de la toxicité des mélanges des extraits aqueux feuilles-rameaux de <i>J.communis</i> et de <i>M.vulgare</i> via ANOVA(Model GLM).....	34
III.1.4. L'Effet de la toxicité d'extrait aqueux du mélange fruit-feuilles de <i>J.communis</i>	35
III.1.5. L'Effet de la toxicité d'extrait aqueux du mélange fruit-rameaux de <i>J.communis</i>	36
III.1.6. L'Effet de la toxicité d'extrait aqueux du mélange feuilles-fruit-rameaux de <i>J.communis</i>	37
III.1.7. Comparaison de la toxicité des différents traitements via ANOVA (Model GLM)	38
III.2. Discussion.....	39
Conclusion.....	44
Références Bibliographiques.....	46

INTRODUCTION

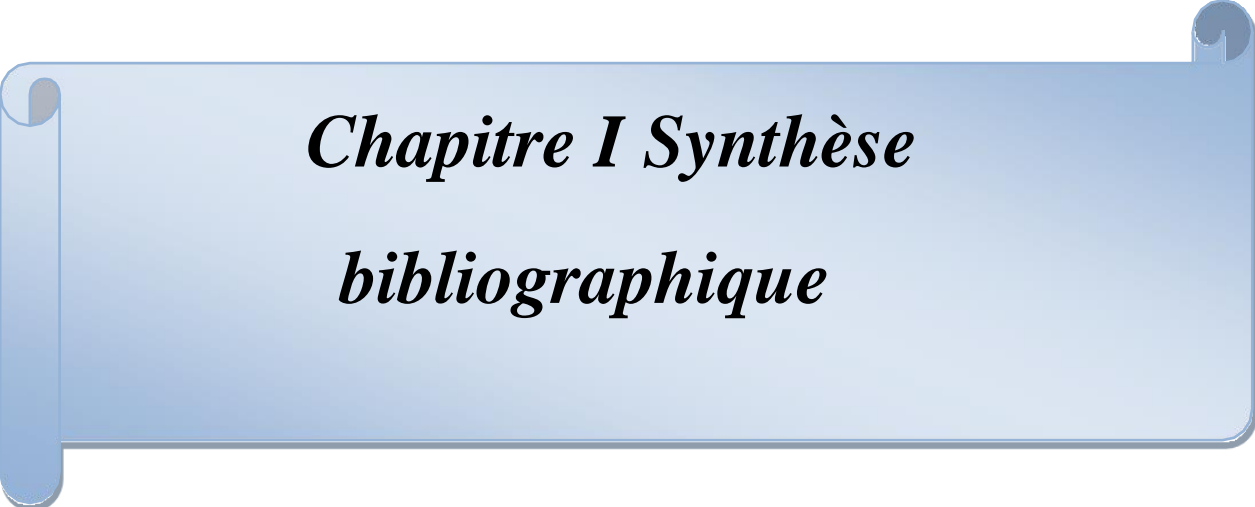
En Algérie les cultures maraîchères occupent une place importante dans l'économie du pays et ont connu une évolution considérable ces dernières années pour atteindre une production nationale de 130,2 millions de quintaux (qx) en 2017, avec un rendement de près de 300 qx/hectare (Anonyme, 2018). Cependant, l'intensification de ces cultures a favorisé le développement des bioagresseurs, parmi ces derniers les nématodes à galle, *Meloidogyne* spp (Sellami et al.,2010). Selon Nebih Hadj- Sadok et al., (2014) plusieurs travaux ont montré l'importance des infestations des cultures maraîchères par le genre *Meloidogyne*. Aussi bien dans les zones du littoral, avec des pourcentages d'infestations allant de 49 à 100 % que dans les zones sahariennes. Les pertes agricoles mondiales attribuables à l'infestation par ce nématode varient en moyenne de 14% (Agrios, 2005 in Sellami et al 2010) et à 25% (Whitehead, 1998 in Sellami et al.,2010). Ce genre de nématode font partie des ravageurs les plus dévastateurs en cultures légumières tel qu'asperge, aubergine, betterave potagère, carotte, céleris, chicorées, concombre, melon, potiron, courgette, épinard, haricots, laitue, oignon, poivron, tomate, pomme de terre, poireau, allant jusqu'à la perte totale de la récolte (Djiane-Caporalino ,2018).

En Algérie, le recours aux nématicides chimiques reste le moyen le plus utilisé par les agriculteurs pour désinfecter le sol. Ces produits posent de sérieux problèmes utilisés jusqu'à récemment, ils sont extrêmement toxiques pour l'Homme, pour les animaux mais aussi très polluants pour les nappes phréatiques et très dangereux pour la couche d'ozone (Sellami et al.,2010).

Ces molécules chimiques sont radicales face aux nématodes. En effet elles permettent de détruire 80 à 90% des parasites d'une culture infestée. Cependant, leur utilisation est limitée voire interdite à cause de leur toxicité sur l'environnement et pour les utilisateurs, de plus, ils existent plusieurs points négatifs à leur utilisation, Ils ne permettent de traiter que les 20 à 30 premiers centimètres du sol. Les nématodes des couches profondes ne sont donc pas détruits et attaquent les cultures suivantes, ce qui nécessite des traitements répétés (Dubois,2019). Ainsi, l'intérêt actuel de préserver l'environnement pour une agriculture durable nécessite la recherche de procédés alternatifs. Les biopesticides à base de microorganismes ou de plantes constituent une voie de recherche intéressante vu les avantages écologiques qu'elle présente. Ces plantes produisent des substances actives biochimiques, spécialement les huiles essentielles. Ces dernières sont souvent un mélange complexe de différents composés dotés de propriétés antioxydantes fongicides, bactéricides, insecticides, herbicides et nématicides (Sellami et al.,2010).

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail dont l'objectif consiste à évaluer l'effet nématicide de quelques

extraits aqueux obtenues à partir des organes de deux plantes très répandues en Algérie *Marrubium vulgare* et *Juniperus communi* sur les larves (L 2) du genre *Meloidogyne*.



*Chapitre I Synthèse
bibliographique*

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique

I.1.Synthèse bibliographique sur le nématode à galles *Meloidogyne spp.*

I.1.1. Généralités

D'après Djian-Caporalino (2009), les nématodes à galles des racines sont de redoutables bioagresseurs, on ne les voit pas ce sont des vers microscopiques. Selon Barbary (2014) ils sont des endoparasites sédentaires obligatoires de la famille des Heteroderidae. Plus de 90 espèces ont été décrites parmi lesquelles on en retrouve 23 en Europe. Les trois espèces principales que l'on rencontre autour du bassin méditerranéen ou sous serre dans le Nord de l'Europe sont *M. incognita*, *M. arenaria* et *M. javanica* où elles causent de gros dégâts au niveau des cultures maraîchères de Solanacées, de Cucurbitacées et de Légumineuses, on les retrouve également dans les zones tropicales où elles s'attaquent aux cultures de bananier, de café, de coton de canne à sucre ou encore d'ananas(Barbary,2014) . Ces nématodes accomplissent l'essentiel de leur cycle de vie à l'intérieur de la plante hôte. A part le mâle adulte, seul le stade larvaire (J2) est mobile et constitue le stade infectieux, ces nématodes sont véhiculés par le transport des plantes destinées à la replantation comme les tubercules de plants de pomme de terre, avec ou sans symptômes, et par toute plante enracinée (tomate, laitue, etc.) produite dans une parcelle infestée. Ils peuvent également être introduits par l'apport de terre infestée (Anonym,2017). Une fois que ces nématodes sont installés dans une région, ils peuvent se propager à la faveur du mouvement de terre adhérente aux machines ou à des produits végétaux ou organiques. Ils sont extrêmement polyphages et sont capables de se développer sur de nombreuses plantes cultivées Ils sont donc très difficiles à éradiquer. Les nématodes à galle constituent des ravageurs susceptibles d'avoir d'importantes conséquences agronomiques sur les cultures en Europe le statut de parasites réglementés de quarantaine imposant de strictes mesures de lutte obligatoire pour en prévenir la dissémination (Anonym,2017).

I.1.2. Classification systématique des *Meloidogyne spp*

Les nématodes à galles faisant autrefois partie du genre *Heterodera* où ils étaient considérés comme une espèce : *H. marioni* (= *H. radicola*), Chitwood les en sépara en 1949 réservant le genre *Heterodera* aux nématodes à kystes. Les nématodes du genre *Meloidogyne* appartiennent à l'embranchement des *Nemathelminthe*, à la classe des *Nematoda* (pas de cils vibratiles, œsophage différencié, appareil excréteur glandulaire) et à la sous classe des *Phasmida*.

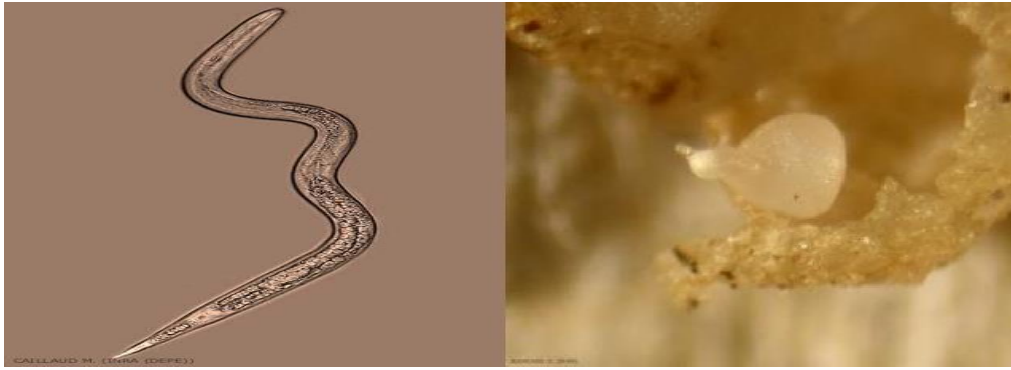
La systématique du genre se présente d'après anonyme 2019 comme suit :

- Ordre : Tylenchida.
- Sous-ordre : Tylenchina.
- Super-famille : Tylenchoidea.
- Famille : Heteroderidae.
- Sous-famille : Meloidogynenae.

Le genre *Meloidogyne* compte environ 60 espèces. Leur identification se base sur des critères anatomiques dont certains sont bien souvent impossibles à discerner. Identification se base également sur l'utilisation des gammes de plantes hôtes, sur l'étude électrophorétique des protéines et des isoenzymes des femelles comme pour certaines espèces *M. incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria*. Parmi les nombreuses espèces connues, quatre sont particulièrement dangereuses, *Meloidogyne halpa*, *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria*. Elles sont très répandues en Afrique du Nord, notamment au Maroc et en Tunisie, et peuvent être rencontrées en Europe du Sud (Anonyme,2019).

I.1.3. Caractères morphologiques

Morphologiquement La juvénile du deuxième stade qui va contaminer les racines passe d'un stade vermiforme à une forme enflée en forme de saucisse après l'infection (Anonym,2014). Elle est libre dans le sol constitue le stade infestant, à extrémité postérieure effilée, sa longueur varie de 300 à 500 μ tandis que la largeur est de 10 μ environ. Le stylet fin est composé de renflements basaux et possède un bulbe médian bien développé. Les œufs en forme d'haricot mesurent 90 μ m de longueur et 40 μ m de largeur (Mezerket,2010). Cependant Le mâle adulte est filiforme de longueur allant de 1 à 3 μ m, la tête est arrondie munie d'un stylet court et puissant avec des renflements basaux très marqués. Leur action est secondaire sur l'hôte, ils sont mobiles et généralement rares (Mezerket,2010) (Figure 1). La femelle, après une période de croissance rapide, prend une forme globuleuse en poire typique, incluse dans les tissus de l'hôte et mesure environ 0,5 mm de diamètre (figures 1) et La masse des œufs qui perce à travers le cortex, devient alors visible à la surface de la racine (Anonym,2014).



Juvénile du deuxième stade

La femelle : forme globuleuse en poire

Figure 1 : Morphologie des *Meloidogyne* (Anonyme,2014).

I.1.4. Biologie et cycle de vie

Les nématodes *M. incognita*, ainsi que *M. arenaria* et *M. javanica*, sont des endoparasites obligatoires qui se reproduisent par parthénogénèse mitotique – autrement dit, sans reproduction sexuée. Les nématodes *M. incognita* se développent dans des gammes de températures entre 18 et 30°C avec un optimum à 27°C. Cependant, la majorité des populations est retrouvée dans des zones où la gamme de température moyenne annuelle est comprise entre 24-30°C (Eisenback et Triantaphyllou 1991 in Vialle, 2016) conditions environnementales (Barbary,2014). Pour *M. incognita* sur tomate à une température de 29°C, les premières femelles adultes apparaissent au bout de 2 semaines (13-15 jours) ; et la première ponte au bout de 3 semaines (19-21 jours). Au cours de leur cycle, les nématodes vont passer par plusieurs stades successifs : quatre stades juvéniles et un stade adulte. Le cycle se compose de deux phases distinctes (Barbary,2014), (Figure 2).

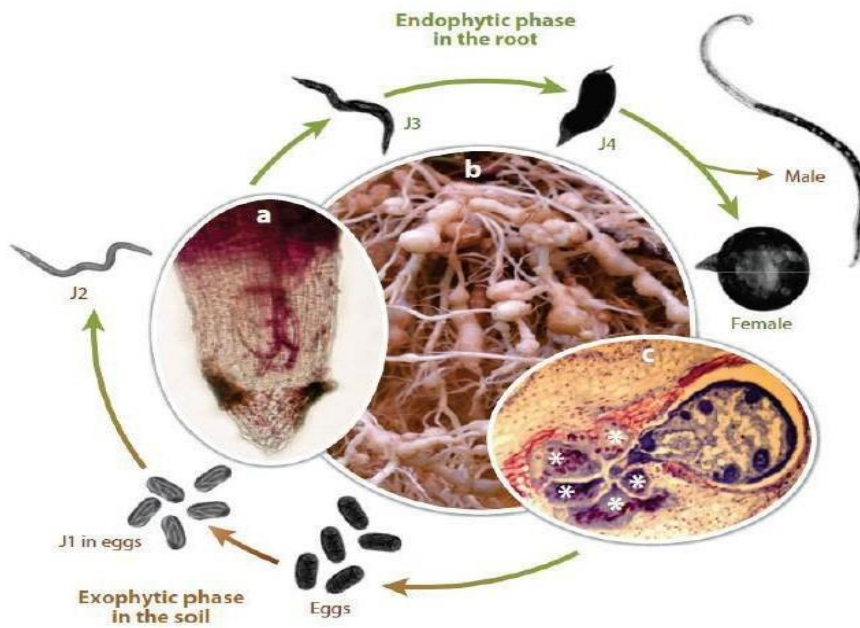


Figure 2 - Cycle biologique des nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.).

a : Nématode dans la racine, remontant le cylindre central. **b** : galles racinaires. **c** : femelle et site nourricier constitué de plusieurs cellules géantes symbolisées par des astérisques. J1 à J4 : différents stades juvéniles. (Barbary,2014).

La Phase exophyte Selon Dubois (2019) :

-Le stade larvaire L1 se développe dans l'œuf. La larve effectue sa première mue et détruit l'œuf dans lequel elle se situe.

Une larve de stade L2 va donc être libérée.

-La larve L2 est la forme libre qui se dissémine dans le milieu extérieur. Elle est attirée vers les racines par chimiotactisme

La phase endophyte commence par la pénétration des larves juvénile (J2) au niveau de la zone d'élongation de la racine. Celles-ci remontent jusqu'au niveau du cylindre centrale où ces dernières vont sédentariser et former un site nourricier. Ce site nourricier est à l'origine de la formation de la galle au niveau de la racine et correspond à une modification des quelques cellules qui entourent la tête de la larve juvénile (J2) formant un syncytium, plus communément appelé « cellule géante ». Les larves juvéniles vont subir successivement trois mues pour devenir adultes et se transformer en femelles pyriformes, ou plus rarement en mâles. La femelle pond les œufs à l'extérieur de la racine au sein d'une gangue mucilagineuse (Figure 3). La quantité d'œufs au sein d'une même masse varie entre 300 et 3000 œufs (Barbary,2014). Comme précisé précédemment, les œufs peuvent éclore de manière étalée dans le temps, et les larves libérées auront la capacité d'infecter une nouvelle plante – et rentreront dans un nouveau cycle (Barbary,2014). La durée du cycle des *Meloidogyne* varie de 3 à 10 semaines en fonction des conditions environnementales (Barbary,2014).



Figure3 - Masses d'œufs de *Meloidogyne incognita* sur racines de tomate. Le cercle entoure des masses d'œufs matures de couleur orangée (Vialle,2016).

I.1.5. Les facteurs de développement de *Meloidogyne*

I.1.5.1. Les facteurs abiotiques

I.1.5.1.1. L'eau

La variation de la teneur en eau du sol a une répercussion considérable sur la nématofaune (Sabri, 2008). L'eau de ruissellement, de drainage et d'irrigation provoque la dissémination passive des œufs et des larves ces dernières se déplacent activement sur de courtes distances dans les sols humides (Blancard,2021).

I.1.5.1.2. La température

Meloidogyne spp ont été signalés comme se développant le plus rapidement à environ 27 °C. la température optimale pour l'éclosion des larves chez *M. incognita* est de 30°C (Gajanan,2018). La température du sol est primordiale en dessous de 12 °C et au-dessus de 22 °C, les juvéniles se déplacent difficilement (Hoefflerlin, 2018). Entre 0 et 5°C, les juvéniles survivent pendant sept jours mais ne sont plus infectants et meurent en vingt jours à 45 °C, ils ne survivent pas plus de 4h (Tsai, 2008 ; in Hoefflerlin, 2018) et la survie des œufs baisse également s'ils sont maintenus 3 h à 45 °C. En conséquence, les contaminations sont limitées en hiver sous nos latitudes, d'autant plus que le cycle de développement des nématodes est ralenti par le froid, c'est le cas en culture hivernale de salades sous abri. En revanche, pendant cette période, les J2 se conservent relativement bien dans le sol. Dès le printemps et jusqu'en automne, avec le réchauffement du sol, les contaminations sont très importantes (Hoefflerlin, 2018).

I.1.5.1.3. L'air

La teneur d'un sol en gaz carbonique et en oxygène a une influence considérable sur la nématofaune, un manque d'oxygène bloque les larves du premier stade et augmente le nombre d'œufs en diapause (Tebib,2006). L'éclosion des œufs peut être inhibée par manque d'oxygène (Hoefflerlin,2018).

I.1.5.1.4. pH

Selon Hoefflerlin (2018), les J2 préfèrent des pH compris entre 4 et 6 néanmoins ils restent actifs dans toute la gamme de pH et peuvent se maintenir jusqu'à pH8

I.1.5.1.5. Le sol

Les nématodes à galles, prospèrent dans les sols à texture sableuse. Ces sols facilitent leur mouvement et la rencontre entre mâles et femelles permettant la reproduction et conséquemment l'augmentation rapide des populations (Haougui et al 2013). Selon Hoefflerlin (2018), la pénétration des J 2 dans les racines est optimale lorsque la taille des particules de la sole avoisine les 115 µm ce qui correspond à des sables fins. Les J2 sont alors capables de bouger horizontalement et verticalement, la migration décroît lorsque la teneur en argile dans le sol augmente, elle n'est plus possible lorsque le sol contient 30% d'argile donc les dégâts sur culture sont plus importants en sol sableux qu'argileux.

I.1.5.2. Les facteurs biotiques

I.1.5.2.1. Matière organique

Les migrations de *Meloidogyne* sont également plus faibles dans les sols riches en matières organiques, ce qui serait dû à l'action d'antagonistes et/ou à la libération d'acides organiques toxiques pour les nématodes (Hoefflerlin, 2018).

I.1.5.2.2. Exsudat racinaire

Les exsudats racinaires de la plante hôte sont nécessaires pour stimuler l'éclosion de œufs (Bélair ,2005).L'état physiologique de la plante-hôte a un effet sur la durée du cycle de développement des *Meloidogynes* et de nombreuses plantes par l'intermédiaire de leurs exsudats exercent sur les nématodes une attraction très nette; ainsi l'éclosion des œufs de *Meloidogyne incognita* est inhibée par les exsudats racinaires, Cependant le jus des racines résistantes (*Cornus florida*) diminue l'infection par *M.incognita* sur tomate(Tebib,2006).

I.1.5.2.3. Organisme du sol

D'après Sabri (2008) l'amendement organique stimule l'activité des micro-organismes du sol qui sont des antagonistes des nématodes parasites des plantes. La décomposition de la matière organique et son accumulation dans le sol peut être un nématicide car ce produit et principalement biologique peut parvenir des friches, déchets agricoles. Il peut donc améliorer le contrôle des nématodes parasites des plantes et la fertilisation du sol et ils le proposent comme un plan égal avec d'autres méthodes (alterner avec les plantes résistantes, les parasites ; champignons, bactéries, lutte biologique...).

I.1.6. Symptômes, dégâts et Seuil de nuisibilité de *Meloidogyne*

I.1.6.1. Symptômes

Les nématodes à galle sont très polyphages. Ils s'attaquent à plusieurs plantes hôtes (tomate, pastèque, melon, courge, courgette). Le principal symptôme visible est la présence de galle sur le système racinaire. Dans le cas d'une racine attaquée par les nématodes à galle, on observe la présence d'un renflement isodiamétral. Lorsque on applique une incision au niveau du renflement, à l'aide d'un objet tranchant (lame fine), une personne à l'œil avisé peut potentiellement apercevoir, au sein d'un tissu à priori normal, de petites perles de couleur blanche, à la taille d'une demi-tête d'épingle (femelles adultes du parasite), (anonym,2019).

Le parasitisme des *Meloidogyne* ne provoque pas l'apparition de symptômes spécifiques sur la partie supérieure de la plante hôte ce qui rend la tâche de les détecter très entreprenante. Il s'agit plutôt d'une déficience générale de la plante suite à une réduction des capacités d'absorption et d'assimilation du système racinaire de la plante. Cette réduction a pour première conséquence une diminution de l'alimentation minérale de la plante. La partie aérienne présente alors un aspect chétif : la croissance est retardée, les feuilles sont réduites et peuvent accuser des symptômes de déficience minérale. La floraison et la fructification peuvent être fortement diminuées, (Anonym ,2019).

I.1.6.2. Les dégâts et Seuil de nuisibilité

Selon Djiane-Caporalino (2009) les dégâts sont d'autant plus importants que la population est plus élevée au moment où l'on installe la culture. Si la population de départ est faible, la plante ne subit généralement pas de dégâts la première année. Cependant le parasite se multiplie à un point tel que la culture peut subir de graves dégâts dès la 2^{ème} année, plus ou moins vite selon les conditions de sol, de climat et la sensibilité de la culture. Le « seuil de nuisibilité » ou « limite de tolérance » de la plante est d'environ 100 à 1000 individus par kg de sol ou 10 à 100 par g de racine. On assiste alors à une forte diminution de la partie aérienne, due à la réduction des racines, qui se présente souvent par taches dans un champ et la récolte peut parfois être réduite à néant (Figure4).



Figure 4 : Dégât sur racines de tomate, carotte, concombre, laitue et melon en plein champ
Djian-Caporalino (2009)

I.7. Méthodes de lutte contre le *Meloidogyne*

Pour lutter contre les nématodes phytoparasites tels que les *Meloidogyne*, plusieurs méthodes existent mais présentent néanmoins des limites.

1.7.1. Les mesures prophylactiques

Ne favorisent pas l'élimination des nématodes mais permettent de contenir la propagation. Le nettoyage des outils de travail, la gestion des adventices autour des parcelles ainsi que l'alimentation en eau, l'utilisation de semences certifiées, l'adaptation du calendrier cultural (semis précoce ou tardif), le labour profond, ou encore la rotation culturale raisonnée (alternance cultures hôte / non hôte) sont une liste d'exemples de pratiques culturales non exhaustives qui permettent de limiter la propagation et la multiplication des nématodes de manière efficace. En revanche, la jachère n'est pas une solution convenable et économiquement viable pour les maraichers puisque les nématodes sont capables de se conserver très longtemps dans un sol (GRAB, 2001 ; Barbary, 2014).

1.7.2. Méthodes physiques

Ces méthodes ne permettent généralement pas d'éliminer une population de nématodes, mais de limiter plus ou moins efficacement leur propagation et leur multiplication. Les méthodes physiques ne sont que très peu utilisées car soit peu efficaces, soit trop onéreuses ou bien controversées du fait qu'elles peuvent dégrader la qualité du sol (perte de biocénose, lessivage, etc.) et elles sont au nombre de trois (GRAB, 2001 ; Barbary, 2014).

- La solarisation (bâchage de la parcelle pour atteindre une température létale pour les nématodes)
- la submersion (inondation de la culture pour asphyxier le pathogène) (GRAB,2001 ; Barbary, 2014).
- La désinfection par la vapeur (pulvérisation de vapeurs chaudes pour éliminer les nématodes) (GRAB, 2001 ; Barbary, 2014).

1.7.3. Méthodes chimiques

La méthode chimique consiste en l'utilisation de nématicides de synthèse. Ces produits sont des composés chimiques toxiques et non spécifiques. En affectant seulement la couche superficielle du sol (jusqu'à 30-40cm de profondeur), ces produits ont un impact limité en profondeur, ce qui implique une utilisation répétée. D'autres produits peuvent être utilisés (vialle,216).

Ceux sont les nématicides systémiques, comme les carbamates (ex : aldicarbe, carbofuran, oxamyl) ou les organophosphorés (ex : fosthiazate, phenamiphos, etc). En revanche, ces produits sont interdits en culture maraichère puisque diffusent dans la plante. Depuis la mise en application de la directive européenne 9/414/EEC en 2009, uniquement trois produits disposent d'une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) en tant que nématicides avec des restrictions d'usages (Barbary,2014) :

Le dazomet (une seule application tous les 3 ans)

Le fosthiazate (uniquement sur pomme de terre et banane)

L'oxamyl (fin de l'AMM en 2016)

Dans le cadre du plan ECOPHYTO, qui vise à réduire de moitié l'utilisation de produits phytosanitaires sur une période de 10 ans, ces produits chimiques devront à terme être remplacés par des méthodes de luttés alternatives (physique, biologique ou culturale) (Vialle, 2016).

1.7.4. Méthodes biologiques

IL existe plusieurs types de méthodes biologiques, utilisant soit des microorganismes (prédateurs de nématodes ; parasites des œufs et des larves), soit des plantes dites « nématicides » ou « plantes pièges ».

1.7.4.1. Les micro-organismes

Plusieurs champignons sont nématophages et forment des organes de capture comme des anneaux de constriction par exemple (Figure 5). Peuvent être cités : *Arthrobotrys irregularis*, *A. oligospora* ou encore *A. conoides*. D'autres sont des parasites pour les œufs de nématodes : *Paecilomyces lilacinus*, *P. fumosoroseus* et *Pochonia chlamydospora*. Des bactéries sont parasites de larves comme par exemple *Pasteuria penetrans* (Dijan-Caporalino,2009 ; Barbary,2014). L'inconvénient de ces auxiliaires naturels reste le niveau d'efficacité, dépendant fortement du pH et de la composition du sol. De plus les interactions avec les nématodes sont très spécifiques. Le coût de développement et de production de ce type de produits est également à prendre en compte.



Figure 5 - Champignon nématophage (*Arthrobotrys irregularis*). Vue en microscopie électronique d'un nématode pris au piège dans des anneaux de constriction d'un champignon nématophage : *Arthrobotrys irregularis*. (Vialle, 2016)

1.7.4.2. Les plantes nématicides

Il existe un grand nombre de plantes dites « nématicides », ayant une action répulsive, inhibitrice, toxique ou encore de piégeage. Plus de 200 espèces ont été identifiées par Dijan-Caporalino (Barbary, 2014).

Parmi Les plantes nématicides les plus connues et les plus utilisées selon Chamont (2018) sont :

- les tagètes ou oeillet d'Inde (Asteraceae, marygold) sont connues depuis longtemps ayant des effets nématicides, contre les *Meloidogynes* Chez les tagètes, ce sont des molécules de type bithyényl et alpha-terthiényl produits dans les exsudats racinaires qui ont effet léthal sur les différentes phases de développement des nématodes.
- les légumineuses (Fabaceae) surtout certaines espèces tropicales comme *Crotalaria spectabilis* ou *Indigofera tinctoria* sont connues pour leur efficacité contre les nématodes (surtout les *Meloidogyne*) en plus de l'apport d'azote fixée par les racines.
- les crucifères (*Brassicaceae*) avec principalement *Raphanus sativus* (radis fourrager) et la moutarde brune (*Brassica juncea*). Le broyage de la végétation provoque la mise en contact et l'hydrolyse des glucosinolates comme la sinigrine par l'enzyme myrosinase dans les cellules des plantes, produisant des thiocyanates et différentes formes d'isothiocyanates (ITC) volatiles à effet nématicides spécialement sur les *Meloidogyne* (nématodes à galles). Ces plantes sont très utilisées dans les techniques de biofumigation permettant le nettoyage des sols maraichers car les molécules produites ont aussi un effet fongicide sur certains champignons parasites des racines.
- Des plantes d'autres familles botaniques ont des propriétés nématicides, c'est le cas du ricin (*Ricinus communis*, euphorbiacées) ou de la coriandre (*Coriandrum sativum*, ombellifères) ainsi que des *Allium* dont

les composés soufrés issus de la cystéine sont efficaces contre *Meloidogyne. Asparagus officinalis* (l'asperge) produit un glycoside, l'acide asparagique à effet larvicide sur *Globodera rostochiensis*, *Meloidogyne hapla* et *Pratylenchus penetrans*

De nombreux travaux ont montré l'efficacité des extraits de plusieurs plantes appartenant à plusieurs familles botaniques vis à vis des *Meloidogyne* comme les *Asteraceae* (*Artemisia* spp), les *Zygophyllaceae* (*Peganum harmala*, les *Meliaceae* (*Melia azedarach*, *Azadirachta indica*), les *Lamiaceae* (*Origanum* spp, *Ocimum basilicum* (Mezerket,2010) .

D'autres travaux ont défini le rôle du tourteau de quelques plantes dans la lutte contre les nématodes. Ainsi le tourteau du Margousier : *Azadirachta indica* (*Meliaceae*) réduit sensiblement l'intensité de l'invasion des nématodes à galle sur tomate (Kalaiarasan, 2007 ; Javed et al., 2008). L'utilisation d'amendements des tourteaux de Sésame : *Sesamum indicum* (*Pedaliaceae*) et de l'Olivier : *Olea* spp (*Oleaceae*) réduit le nombre de juvéniles dans le sol et de galles de *Meloidogyne incognita* sur tomate (Radwan et al., 2009).

Ainsi, au Maroc ; le tourteau d'Argan : *Argania spinosa* (*Sapotaceae*), a engendré une suppression très forte des galles et des larves de *Meloidogyne incognita* sur les racines de concombre avec une amélioration de rendement (Khalid, 2005).

Actuellement, l'utilisation de ces plantes dites « de service » n'est pas encore très employée. En cas d'infestation trop importante, le problème ne peut être résolu en une seule année. Il faut coupler cette méthode avec des méthodes physiques et culturales afin de maximiser son efficacité (Vialle,2016).

1.7.4.3. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des produits complexes, volatiles et naturels, caractérisés par une odeur forte et sont formés par les plantes comme métabolites secondaires (Bakkali et al., 2008). Elles peuvent être synthétisées par toutes les parties de la plante ; bourgeons, fleurs, feuilles, tiges, graines, fruits, racines et bois ou écorce. Actuellement, plusieurs travaux ont montré l'importance des huiles essentielles dans le domaine phytosanitaire comme dans la lutte contre les ennemis de cultures. Ainsi, en Algérie l'efficacité des huiles essentielles de *Salvia officinalis* (*Lamiaceae*), *Origanum glandulosum* (*Lamiaceae*) et *Artemisia herba alba* (*Asteraceae*) à l'égard de *Meloidogyne incognita* a été rapportée par Sellami et al. (2010) ainsi que celle de *Artemisia herb alba*, *Juniperus phoenicea* (*Cupressaceae*) et *Schinus molle* (*Anacardiaceae*) contre *Rhizopertha dominica* (*Coleoptera ; Bostrichidae*) (Khalfi et al., 2009). Les produits allélochimiques ainsi peuvent être exploités de plusieurs façons. L'introduction des rotations et des engrais verts dans les systèmes de culture et l'application des méthodes appropriées pour les composés allélochimiques augmentent l'efficacité et la cohérence de ces composés pour le contrôle des nématodes (Medjahed,2010).

1.7.4.4. Lutte génétique

Enfin, la méthode de lutte par l'utilisation de variétés résistantes est sans doute la plus prometteuse. Il existe de nombreuses sources de résistances aux nématodes au sein des populations végétales sauvages, qui peuvent être introgressées aux variétés sensibles. C'est le cas chez la tomate (*Solanum lycopersicum*) pour laquelle le gène de résistance Mi-1 a été introduit chez des variétés commerciales sensibles à partir d'une espèce sauvage de tomate (*Solanum peruvianum*). Ce gène de résistance confère une résistance aux trois principales espèces de nématodes phytoparasites du genre *Meloidogyne* (*M. incognita*, *M. arenaria* et *M. javanica*). Cependant, le contournement de la résistance reste un facteur limitant à l'utilisation de la lutte génétique (Barbary, 2014).

Tableau 1-Cultivars résistants aux *Meloidogyne* et leur (s)gène (s) de résistance.

(Dijan-Caporalino,2013 ; Barbary2014)

Cultivars	Genes de resistance	Resistance contre :
« Yoo Wonder » (YW)	Me5	<i>M.javanica</i> et <i>M.arenaria</i>
« Criollo de Morelos »	Me3(=Me7) Mech1	<i>M.incognita</i> , <i>arenaria</i> et <i>javanica</i> <i>M.chitiwoodi</i>
« Carolina Wonder » « Charleston Belle »	N	<i>M.incognita</i> , <i>arenaria</i> et <i>javanica</i>
HD149	Me3	<i>M.incognita</i> , <i>arenaria</i> et <i>javanica</i>
HD330	Me1	<i>M.incognita</i> , <i>arenaria</i> et <i>javanica</i>
F1[HD149xHD330] (Dijan-Caporalino,2013) Pyramiding	Me1etMe3	<i>M.incognita</i> , <i>arenaria</i> et <i>javanica</i>
« Doux Long des Landes » (DDL)	Aucun	Très sensible

I.2. Synthèse bibliographique sur les plantes testées.

I.2.1. Données bibliographiques sur le *Marrubium vulgare*

I.2.1.1. Généralités

Marrubium vulgare ou marrube blanc (Figure 06) est une espèce de la famille des Lamiacées, endémique en Europe, en Afrique du Nord et en Asie (Bruneton,2016). C'est une espèce très répandue dans le bassin méditerranéen et utilisé pour ses vertus thérapeutiques (Djahra ,2013). Elle se trouve aussi en Afrique du nord ; Asie ; Lieux incultes ; décombres ; terrains vagues ; prairies chaudes et sèches ; garrigues, en général sur les sols calcaires (Anonyme,2019). Le nom botanique latin de la plante "*Marrubium*" provient de "Maria urbs" une ancienne ville d'Italie (Ahvasi *et al.*, 2017). En Algérie appelé communément "Mariwa" (Boutabia *et al.*,2020). *M.vulgare* a l'odeur de thym, ressemblant légèrement à la menthe (Laouedj,2014).

I.2.1.2. Propriété thérapeutique

Marrubium vulgare est largement utilisée en médecine traditionnelle (Haouli,2015). Cette plante possède des Propriétés médicinales thérapeutiques Tel qu'expectorant ; fluidifiant des sécrétions bronchiques ; antitussif ; anti-infectieux ; stomachique ; diurétique ; tonique ; cholagogue ; cardiotonique ; fébrifuge ; Désinfectant. Traite les rhumes, les gorges irritées, la toux, les bronchites ; soulage la douleur ; stimule l'appétit, apaise les troubles digestifs, les gaz et les ballonnements ; calme les palpitations cardiaques et les extrasystoles. Traitement des ulcères et des plaies en usage externe (Cardenas, 2017). Ces les huiles essentielles sont utilisées en cosmétique maintient la peau en bon état, Aide à alléger l'inconfort de la peau ou du cuir chevelu (Anonyme 2021). La plante est utilisée entière (Delille,2010).

I.2.1.3. Position systématique

Tableau 2 Position systématique du *Marrube* D'après (APG III, 2009) :

Règne	Végétal
Sous-règne	Plantes vasculaires
Embranchement	Magnoliophyta
Division	Magnoliophytes
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	<i>Marrubium</i>
Espèce	<i>Marrubium vulgare</i>
Nom commun	Marrube blanc



Figure 6 : Caractéristiques morphologiques de *Marrubium vulgare* (Adouane,2016).

I.2.1.4. Description botanique

Le marrube blanc est une plante herbacée vivace pouvant atteindre 80cm de hauteur, à tige quadrangulaire cotonneuse. Les feuilles pétiolées, ovales ou arrondies, à limbe crénelé sur les bords sont blanchâtres et duveteux sur la face inférieure. Les fleurs petites, blanches, avec un calice à dents crochues sont groupées en verticilles globuleux à l'aisselle des feuilles. Toute la plante dégage une odeur forte, sa saveur et âcre (qui irrite les organes du goat et de l'odorat) et amère (Aouadhi, 2010).

I.2.1.5. Composition chimique

Les analyses effectuées pour déterminer le profil chimique des extraits de *M. vulgare*, ont permis d'identifier la teneur relative en composés dans les échantillons, La présence, composés phénoliques totaux de l'acide gallique Labdane diterpènes flavonoïde ,acide férulique, acide p-coumarique, acide caféique, rutine (Gavarić et *al.*, 2021),.M. vulgare produit des traces d'huile essentielle, généralement entre 0,03 % et 0,06 % [7,8] avec des monoterpènes tels que le camphène, le p-cymol, le fenchène, le limonène, le -pinène, le sabinène et le α -terpinolène lupéol et -amyrine de triterpénoïde ,lutéoline, des sesquiterpéniques, de l'acide gras saturé, de l'acide cinnamiques, le carnosol, de tanins et, parmi les sesquiterpènes, le trans-caryophyllène av (Aćimović et *al.*, 2020).La partie aérienne de *Marrubium vulgare* contient plusieurs métabolites secondaires tels que la marrubine responsable de la majorité des propriétés biologiques de la plante, des flavonoïdes (apigénine et lutéoline), ainsi que plusieurs phénylpropanoïdes esters (Naouaoui, 2019).

I.2.1.6. Toxicité

La plante est faiblement toxique mais toutes les parties de la plante deviennent toxiques à fortes doses (Kolangi et al, 2018). Selon Admin (2013) La boisson excessive de l'infusion peut provoquer des troubles cardiaques et une chute brusque du taux de sucre dans le sang. Elle déconseiller aux femmes enceintes possède un effet abortif (Laouedj,2014).

I.2.2. Données bibliographiques sur le *Juniperus communis*

I.2.2.1. Généralités

Juniperus communis (Aarar). Appartient à la famille Cupressacées, est un arbuste ou petit arbre à feuilles persistantes, originaire d'Europe, d'Asie du Sud et d'Amérique du Nord (Bais et al., 2014). Rare en Afrique, en Algérie, il est abondant sur les crêtes du Djurdjura, et plus rare dans les Aurès et les Babors, il se situe dans l'étage de la cédraie (Quezel et Gast., 2011). Dans un bioclimat humide froid à perhumide froid (Yahi, 2007 ; Meddour, 2010). Selon Adams (2011) in Toumi (2015), *J.communis* a plusieurs variétés par exemple communis, hemisphaerica, megistocarpa ,depressa ,charlottensis *jackii* , *saxatlis*,et *nipponica*.

I.2.2.2. Propriété thérapeutique

Le genévrier commun est bien documenté dans le domaine de la médecine traditionnelle pour ses valeurs médicinales contre les diarrhées, les douleurs abdominales, les tumeurs, la bronchite et l'indigestion (Mansouri et al., 2011). Selon Cardenas (2017) cette plante possède des propriétés médicinales Sphère digestive anorexie, dyspepsie, inappétence, digestion lente, fermentation intestinale. Sphèreuro-génitale, infections urinaires, grâce aux baies qui augmentent le volume des urines (cystites, règles douloureuses). Inappétence et états de fatigue. Rhumatismes, arthrite : en application locale, l'huile essentielle permet de soulager les douleurs musculaires et articulaires. Elle est utilisée pour l'arthrose et la goutte. Prévention et traitement des maladies infectieuses. Obésité et cellulite. Parasites externes. Eczéma et affections de la peau, acné, plaies, traitement de l'herpès ou des boutons de fièvre. Diminution de la pression artérielle. Réduction du taux de sucre dans le sang. Maladies respiratoires, toux. Névralgies dentaires. L'huile essentielle de *J.communis* utilisé en particulier dans des préparations pour les maladies de peau. Elle entre aujourd'hui également en cosmétique dans la composition de quelques shampoings du commerce. (Régis et al.,2010). Les parties utilisées de cette plante les baies et le bois des parties aériennes (Delille,2010).

I.2.2.3. Position systématique

Tableau3 : Position systématique du *Juniperus communis* d'après Small et Dentsch (2001).

Règne	Plantae
Embranchement	Spermaphyte
S/Embranchement	Gymnosperme
Classe	Coniféroside
Famille	Cupressaceae
Genre	<i>Juniperus</i>
Espèce	<i>Juniperus communis</i>

I.2.2.4. Description botanique

Cette espèce jouit d'un port plutôt érigé. Les sujets mâles ont en général un port moins dense, des rameaux plus souples et plus échevelés (Figure 7). Son écorce se desquame en longues bandelettes. Son feuillage, de couleur vert-bleu, est persistant et épineux. Ses feuilles, qui sont en fait des épines, présentent une bande vert clair longitudinale sur leur face interne. Elles répandent une agréable odeur balsamique. Il s'agit d'une espèce dioïque, avec des fleurs femelles très petites, de couleur verdâtre, s'épanouissant en mars-avril à l'aisselle des feuilles et des fleurs mâles jaunâtres. Ses fruits sont des baies sphériques de 4 à 8 mm de diamètre, bleu-noir à maturité et qui restent sur l'arbre, en mettant deux années à mûrir (Caron,2021). Le plus souvent, cônes mâles et femelles se développent sur des plantes séparées. Les cônes mâles, de 3 à 5 mm de diamètre, sont sphériques ou ovoïdes, jaunes. Les *genévriers* femelles produisent des fruits souvent sphériques, charnus, ressemblant à des baies, de 4 à 10 mm de diamètre, contenant 1 à 10 graines. Ces fruits sont persistants, parvenant à maturité en deux ou 3 ans (Prévot et Portal, 2020).



Figure7 : Morphologie de la plante *J.communis* (Toumi,2015).

I.2.2.5. Composition chimique

Le genévrier commun est une source importante de métabolites, son étude phytochimique a montré la présence de plus de 60 composants, les rameaux de *J. communis* fournissent un rendement en huile essentielle d'environ de 0,02 à 0,23 %. Cette huile essentielle est riche en composés monoterpéniques (81,68 %) dont principalement le sabinène (27,51 %), le limonène (16,19 %), l' α -pinène (8,82 %) et le terpinène-4ol (6,52 %) (Aidli et al 2013). Il contient des flavonoïdes, huile volatile et coumarines. Les Baies contiennent de l'apigénine, de la rutine, de la lutéoline, de la quercétine, 3-O-arabinosyl-glucoside, quercétine-3-o-rhamnoside quercitrine, scutellaréine, népétine, amentoflavone et bilobétine, le β -pinène, l'apigénine, le β -sitostérol, le campestérolcupres suflavone (Bais et al.,2014). Autre constituants tel que les oligosaccharides, tanins, catéchiques, biflavones, leucoanthocyanes, acides diterpeniques (Giraud et Perrin,2012).

I.2.2.6. Toxicité

La plante agit sur la glycémie chez les diabétiques et les femmes enceintes, des problèmes rénaux peuvent surgir en cas d'usage prolongé ou surdosage (Delille, 2010).

I.2.3. Importance économique des plantes testées

L'importance des plantes médicinales à l'ère moderne, Une vague a balayé le monde ces derniers temps, appelant au retour à la nature, que ce soit dans l'alimentation ou la médecine, et ciblant même le mode de vie et de vie. La phytothérapie est considérée en tête de liste de ces aspirations, car son pouvoir de guérison est connu depuis des milliers d'années et cette capacité est encore évidente aujourd'hui. Ces plantes sont le réservoir de composés potentiels attribués aux métabolites secondaires, qui ont l'avantage d'être d'une grande diversité de structure chimique, elles possèdent d'éventuelles activités biologiques et sont utilisées en médecine traditionnelle pour prévenir et guérir les maladies infectieuses (Boudjelal,2013).

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime que 80% de la population mondiale utilise actuellement des herbes comme traitement médical primaire. Parmi les plantes médicinales les plus utilisées on mentionne la plante *Marrubium vulgare* est utilisée en médecine traditionnelle comme expectorants et pour leurs propriétés antispasmodiques, dans les bronchites aiguës ou chroniques, toux, asthme et en général pour les infections respiratoires. Ils sont également utilisés en cas de manque d'appétit et de dyspepsie et encore comme antiseptique, antispasmodique, antidiabétique, diurétique, tonique (Boudjelal *et al.*, 2012). Aussi contre les problèmes cardiaques, hépatiques et digestifs et comme substitut de la quinine pour traiter la malaria est aujourd'hui surtout employé pour les troubles respiratoires. On vend des bonbons à base de Marrube contre la toux (Marrabout, 2014). Les extraits des feuilles du *M.vulgare* possèdent un pouvoir antibactérien important et peuvent rivaliser les produits chimiques synthétiques et les antibiotiques utilisés dans les traitements des maladies infectieuses (Boutabia *et al.*, 2020 in Bouterfas *et al.*, 2014). L'extrait méthanoïque de la plante possède une activité anti-*Helicobacter pylori* ATCC 43504 significative, cela est dû au flavonoïde (la quercétine) qui a un effet inhibiteur sur l'uréase de la bactérie (Cushnie *et al.*, 2011). Une autre étude réalisée par Molina-Salinas *et al.* en (2011) a révélé que l'extrait méthanoïque, aqueux, l'extrait de l'acétone et de l'hexane de la plante ont un effet inhibiteur efficace contre *Mycobacterium tuberculosis* agent causatif de la tuberculose. Selon Djerrou (2015) l'extrait brute de *M.vulgare* a une activité antibactérienne significative contre *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris* et *Pseudomonas aeruginosa*. Ce potentiel d'activités biologiques est dû à la richesse de *M.vulgare* en principes actifs. D'après (Acimović *et al.*, 2020) de nombreuses études, ont montrées que *M.vulgare* renferme un mélange complexe de composés phénoliques utilisés comme répulsif contre les poux de poulet, herbicide et insecticide naturel contre les larves de moustiques et molluscicide naturel. En médecine vétérinaire, *M.vulgare* peut être utilisé comme anthelminthique contre les œufs et les larves de parasites strongles bovins, et comme antibiotique contre la mammites bovine causée par des souches bactériennes résistantes. Une autre étude réalisée par Dib et Boutelja en 2017 sur l'activité insecticide montre que les extraits végétaux (aqueux et éthanolique) obtenus à partir des feuilles de *M.vulgare* ont un effet très important sur les adultes et les larves d'*Aphis nerii* (puceron de laurier rose et agrume) cela est due à la richesse de la plante en tanins, coumarines et alcaloïdes (Bensaleh, 2014 ; Djahra *et al.*, 2014 ; Azzi *et al.*, 2014). En ce qui concerne *Juniperus communis* est largement utilisé comme phytothérapie depuis l'Antiquité. Traditionnellement, la plante est potentiellement utilisée comme antidiarrhéique, anti-inflammatoire, astringent et antiseptique et dans le traitement de divers troubles abdominaux (Bais *et al.*, 2014). Son bois dur, très odorant, un grain fin, est utilisé pour le tournage ou la sculpture : il est réputé imputrescible. Par distillation du bois, on obtient d'ailleurs une huile essentielle à odeur puissante le cade, utilisée comme antiseptique et parasiticide (Prévot et Portal, 2020). Selon Fe Andrés *et al.* (2012) des tests réalisés ont

prouvé que les huiles essentielles de *J.communis* possèdent un effet nématocide contre le nématode *Bursaphelenchus xylophilus* nématode du bois. D'après Bais *et al.*,(2014).*J. communis* est une plante médicinale importante en raison de la présence de nombreux constituants chimiques actifs qui sont responsables de diverses propriétés médicinales et pharmacologiques cette plante possède une activité antimicrobienne, activité antioxydante , activité antihypercholes térolémique , Activité analgésique une activité antidiabétique et antihyperlipidémique significative, activité antibactérienne, les extraits de feuilles (méthanol, éthanol, chloroforme et hexane aqueux) de *J.communis* ont été évalués contre les bactéries pathogènes multirésistantes (*Erwinia chrysanthemi*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Agrobacterium tumefaciens* et *Xanthomonas phaseoli*), *Staphylococcus aureus* et *Hafniaalvei*. Les huiles ont ensuite été testées pour leur activité antifongique (*in vitro*) contre deux champignons, *Rhizoctoniasolani* et *Rhizopusstolonifer*. L'huile essentielle obtenue à partir de cette plante a ensuite été testée pour son activité antipaludique sur *Plasmodium falciparum* (Bais *et al.*,2014).

Chapitre II

Matériel et méthodes

Chapitre II *Matériel et méthodes*

I.1.L'objectif

L'objectif de notre travail est d'évaluer les potentialités biocides des mélanges des extraits aqueux de différents organes de plantes médicinales *Marrubium vulgare* et *Juniperus communis* sur les larves (L2) du nématode de la tomate *Meloidogyne* spp.

II.2. Les méthodologies

II.2.1 Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour tester l'activité biocide dans le présent travail, est représenté par les différents organes (feuilles rameaux et fruits) de *J.communis* et (feuilles rameaux) de *M.vulgare*. La récolte de ces dernières a été effectuée, pendant la période de janvier 2020 au niveau de la région de Boussaâda.

Après séchage des plantes à l'air libre pendant trois mois, elles ont été broyées et tamisées en une poudre fine puis rangé dans des Sachets étiquetées. Les poudres obtenues sont pesées et utilisées pour la préparation des extraits aqueux qui seront testés in vitro (**Figure8**).



Figure8 : Les étapes de préparation des plantes (original,2020)

II.2.2. Préparation des extraits aqueux

Le procédé d'extraction utilisé dans nôtre expérimentation est la macération aqueuse qui consiste à maintenir la poudre des organes des plantes en contact avec l'eau à une température ambiante pendant un laps de temps afin de libérer les molécules actives existantes dans la plante (Djellout, 2009). Pour cela trois quantités (5,10 et 15g) de poudre des différents organes de chaque plante feuilles, rameaux et fruits ont été préparées et sont mises séparément en suspension avec 125ml d'eau distillée dans des flacons hermétiquement fermé et parfaitement enveloppé par du papier aluminium. Ces derniers sont ensuite agités manuellement chaque 2 heures pendant 72h.

Après ce temps, les extraits sont filtrés à l'aide du papier filtre dans des bouteilles en verre stérile de 250ml, entièrement couverte par du papier aluminium afin d'éviter toute dégradation des molécules actives par la lumière, et sont ensuite conservés au réfrigérateur à 4°C jusqu'au moment de son utilisation. Le jour de leur utilisation les filtrats préparés sont centrifugés pendant 10 min à 3000t/min (**Figure 9**)

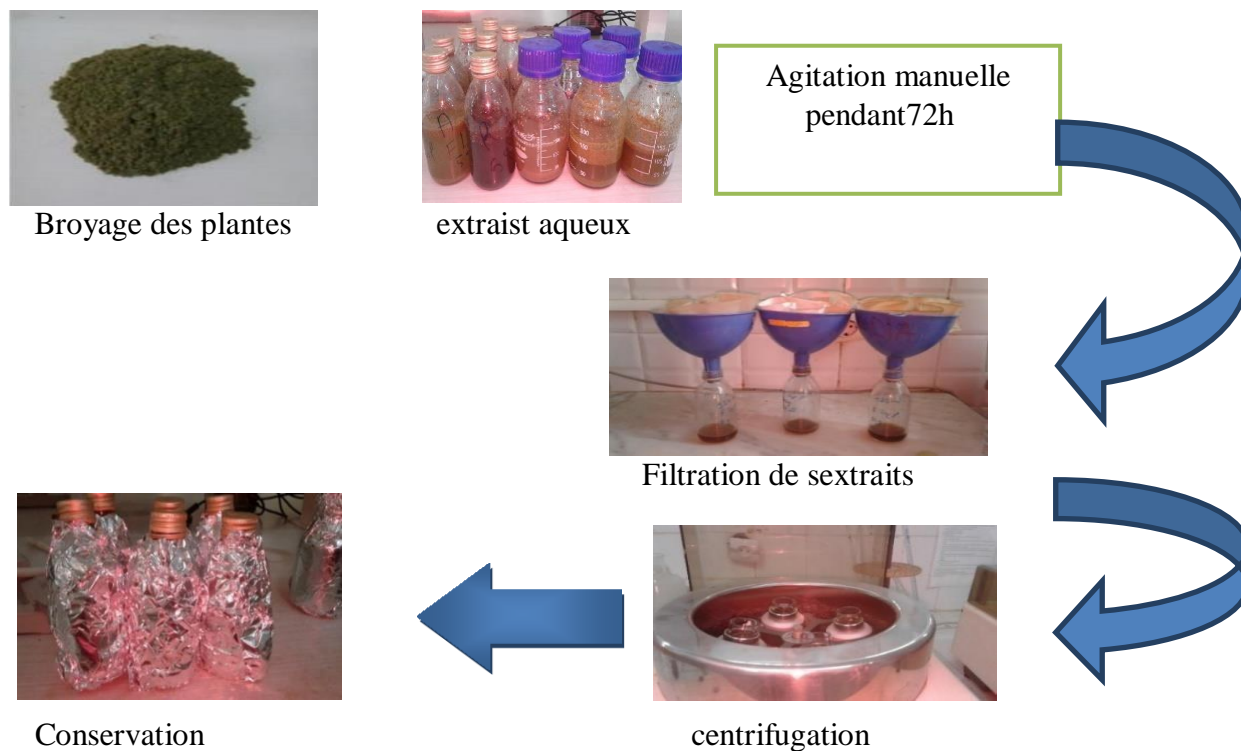


Figure9 : les étapes d'extraction aqueuse à partir des plantes (Original,2021)

II.2.2.1. Préparation des mélanges et Mesures des pH

Après centrifugation nous avons préparé les mélanges des extraits aqueux des différents organes. Pour cela nous avons prélevé (2,5ml) de chaque extrait aqueux des plantes pour préparer nos solutions de mélanges de (5ml) sont mises séparément dans des tubes qui seront testées. Un nombre de 15 solutions mélanges ont été opérées et sont consignées dans le tableau 4 avec leurs pH respectifs (Figure10).



Figure10 : Préparation des pH des mélanges des extraits aqueux (Original, 2021)

Tableau 4 : Valeur des pH des mélanges des extraits testés

Plantes	Solutions Mélanges 2,5ml/2,5ml	Doses (g/125ml)	pH	Plantes	Solutions Mélanges	Doses (g/125ml)	pH
<i>Marrubium vulgare</i>	(Feuille/ Rameau)	5	6,75	<i>Juniperus communis</i>	(Feuille /Fruit)	15	4,53
	(Feuille/ Rameau)	10	7,20		(Rameau/ Fruit)	5	4,02
	(Feuille/ Rameau)	15	7,84		(Rameau/ Fruit)	10	6,22
<i>Juniperus communis</i>	(Feuille/ Rameau)	5	6,05		(Rameau/ Fruit)	15	4,70
	(Feuille/ Rameau)	10	6,12		(Feuille/ Rameau/ Fruit)	5	3,93
	(Feuille/ Rameau)	15	6,16		(Feuille/ Rameau/ Fruit)	10	3,96
	(Feuille /Fruit)	5	3,93		(Feuille/ Rameau/ Fruit)	15	3,90
	(Feuille/Fruit)	10	4,57		Témoin	Eau distillée	///

II.2.3. Les prélèvements des échantillons

Le groupe zoologique utilisé dans notre essai est représenté par les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*. Les échantillons de racines de la tomate cultivée sous serre infestées par les nématodes à galles *Meloidogyne* spp ont été collectés pendant le mois de mai dans la zone de ITCMI (Institut technique des cultures Maraichères et Industrielles) de Staoueli qui se situe à l'ouest de la wilaya d'Alger puis ramenés dans des sachets en plastiques au laboratoire (Figure11).



Figure11 : Les échantillons de racines de la tomate infestées par les nématodes à galles
Meloidogyne spp

II.2.4. La méthode d'extraction les larves de *Meloidogyne*

Pour extraire les larves (J2) des nématodes à galles des racines de la tomate nous avons suivis les étapes suivantes :

II.2.4.1. Outils d'extraction les masses d'œufs

- Cristalliseur - Pissette d'eau - Boite de pétri- Des tamis en plastique- Des assiettes en plastique
- Tube à essai - L'étuve - Épingle entomologique

II.2.4.2. Extraction des masses de *Meloidogyne*

Cette opération est effectuée manuellement, Les racines infectées de galles sont lavées à l'eau courante puis à l'eau distillée et fragmentées et mises dans une boite de Pétri en verre contenant de l'eau distillée pour extraire les masses d'œufs. Cette opération s'est déroulée sous une loupe binoculaire au grossissement (Gr.x10) et Gr.x25) par la méthode de forceps en utilisant deux aiguilles entomologiques (figure 12).



Le rinçage de galles infectées

image de Galles (Gr.10x 10)

extraction des masses d'œufs



Femelle (Gr.10x0,8).



Masses d'œufs (Gr.10x25)

Figure 12 : Présentation les étapes d'extraction des masses d'œufs (Original, 2021).

II.2.4.3. L'obtention des larves (J2) de *Meloidogyne*

Les masses d'œufs isolées des femelles de *Meloidogyne* sont déposées dans de petits tamis en plastiques de 2 à 4 cm de diamètre. Ces derniers sont placés dans des boîtes de Pétri contenant de l'eau distillée puis sont mises à l'étuve à 28°C en vue d'éclosion massive. Le contrôlé des éclosions des œufs se déroule quotidiennement sous loupe binoculaire (Gr.10x25). Les larves (J2) de *Meloidogyne* fraîchement éclos sont récupérées et concentrées dans des tubes à essais puis sont passées à la purification (figure13).



Les tamis plains de masses d'œufs



éclosion des masses d'œufs à l'étuve à 28°C



Le contrôle des éclosions



Les larves (J2) de *Meloidogyne* (Gr.10x 25)

Figure13 : Présentation les étapes de l'éclosion des œufs (Original,2021).

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**) (Figure14). Le mode opératoire consiste à mettre à travers des tamis en plastique couverts les filtres Kleenex humidifiés la solution de nématode obtenue après incubation des masses. Cette méthode permet de sélectionner que les nématodes vivants et actifs.

Pour cela des tamis en plastique avec des filtres kleenex humidifier sont préparés. Le contenu des boîtes de Petri est passée à travers les tamis précédemment préparés. Ces derniers sont placés dans des assiettes en plastiques remplies d'eau jusqu'à affleurement de la surface de tamis. Après 72 h le contenu de chaque assiette est versé dans un tube à essai (100ml). Il est laissé se décanter pendant 1 heure. Ensuite l'eau des tubes est diminuée pour concentrer la solution de nématodes qui seront comptés et prélevés sous la loupe binoculaire (**Gr. X10 à X25**), afin de réaliser des tests nématocides in vitro des tests nématocides in vitro.



Filtration des larves

passage actif

solution de nématodes

Figure14 : La purification des nématodes par passage actif (Originale2021)

II.2.5. Tests biologiques

Tous les traitements à base de plantes préparée sont servis pour les tests biologiques (**Figure15**). Les tests sont effectués dans des puits de microplaque de culture cellulaire renfermant 12 puits, chaque puits contient une solution de nématode de (20 ± 5) larves du deuxième stade préalablement comptées et aspirée à l'aide d'une seringue stérile dans une quantité d'eau de 0.01ml. Les différents traitements aux mélanges des extraits aqueux des plantes et leurs concentration (5, 10 et 15 g/l) sont alors ajoutés à la suspension de larves à raison de 1 ml chacun (Agbenin et *al.*, 2005). Pour comparer l'efficacité des traitements, nous avons préparé un témoin à l'eau distillée.

L'effet toxique des différents traitements est évalué après un temps d'immersion de 24, 48 et 72 heures. Chaque traitement est répété quatre (4) fois. Les résultats sont exprimés en pourcentage de mortalité selon la formule suivante :

$$\text{Pourcentage de mortalité} = \frac{\text{Nombre de larves mortes}}{\text{Nombre de larves vivantes}} \times 100$$



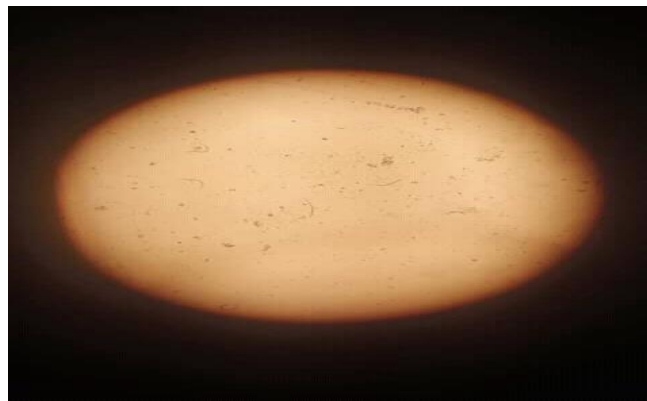
Les mélanges des extraits aqueux



Observation sous la loupe binoculaire



Les tests biologiques in vitro



Observation des larves mortes après 72h

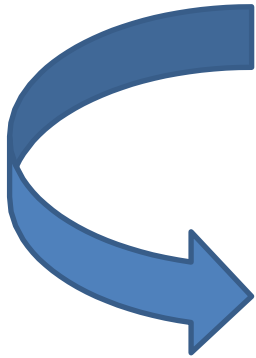


Figure15 : Le mode opératoire des tests nématocides in vitro (Original, 2021)

II.2.6. Analyse de la variance

La présentation des résultats sur l'efficacité des différents traitements testés sous forme de tableaux ou graphiques sur les pourcentages des larves non vivantes ou mortes afin d'émaner leur potentiel toxique vis-à-vis des nématodes *Meloidogyne* spp. L'opération a été réalisée avec le logiciel EXCEL. Les analyses statistiques sont effectuées avec les logiciels SYSTAT version 1.2, SPSS 2009). Les données brutes sont soumises à une analyse de la variance (GLM), Les valeurs de p inférieures à 0.05 sont considérées comme significatives



Chapitre III
Résultats et Discussion

Chapitre III

Résultats et Discussion

III.1. Evaluation de toxicité des extraits aqueux des deux plantes « *Marrubium vulgare* L. » et « *Juniperus communis* L. » sur les larves (L2) de *Meloidogyne*.

Dans cette partie, nous allons présenter l'ensemble des résultats sur l'effet biocide des différents mélanges des extraits aqueux des organes de *Marrubium vulgare* et *Juniperus communis* sur les larves (L2) de *Meloidogyne* dans les conditions de laboratoire en comparaison avec le témoin eau distillée.

III.1.1. L'effet de la toxicité d'extrait aqueux du mélange feuilles-rameaux de *M. vulgare*

La figure (16) illustre l'évolution des pourcentages des mortalités moyennes par rapport au témoin en fonction du temps et des doses des traitements à base du mélange feuilles-rameaux du marrube blanc.

D'après la figure (16) le taux de mortalité des larves (L2) de *Meloidogyne* est généralement proportionnel aux concentrations testées. Il s'avère que la dose D1 (5g) est toxique dès les premières 24h elle a occasionné plus de (70%) de mortalité. C'est aux ont augmenté après 48 et 72h pour atteindre respectivement (81,43%) et (82,86%). Pour la dose D2 (10g), la toxicité est plus élevée par rapport à D1. Les taux de mortalité enregistrées après 24, 48 et 72 heures sont respectivement de (87,63 ; 91,75 et 91.75%). Alors que pour la concentration élevée D3 (15g) la mortalité des larves de *Meloidogyne* dès les premières 24h est totale (100%) en comparaison avec le témoin « l'eau distillée » le taux de mortalité sont nuls.

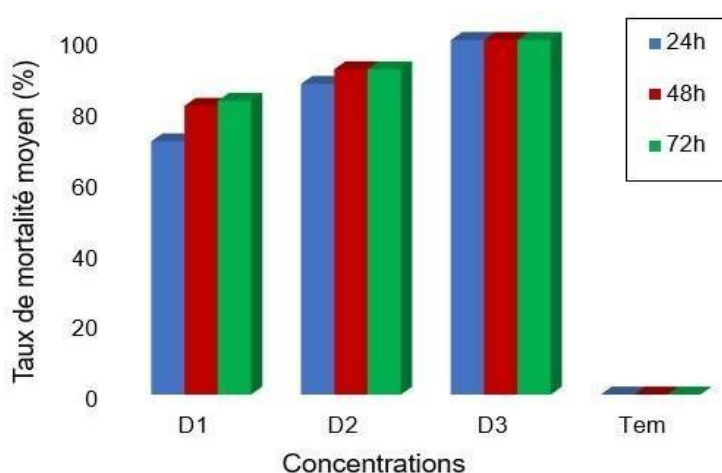


Figure 16 : L'effet des doses des extraits aqueux du mélange feuilles-rameaux de *M. vulgare* sur la mortalité de larve de *Meloidogyne*.

III.1.2. L'effet de la toxicité d'extrait aqueux du mélange feuille- rameaux de *J. Communis*.

D'après la figure (17) l'extrait aqueux du mélange feuille- rameaux à marquer un effet toxique aux doses testées.

Ils s'avèrent que la faible dose D1 a présenté un effet toxique dès les 24h d'exposition des larves (L2) de *Meloidogyne*. Les taux de létalité enregistrés sont supérieurs à 50%. Après 48 et 72h ; la mortalité augmente sensiblement pour atteindre respectivement (78,12 et 81.25%). Quant aux concentrations élevées la toxicité et les taux de mortalité augmentent. En effet avec la dose (15g/125ml) la mortalité des larves enregistré après 24, 48 et 72h est respectivement de (85,71, 90 et 94,28%). Quant à la dose 15g la mortalité des larves de *Meloidogyne* est totale dès les premières 24h (100%).

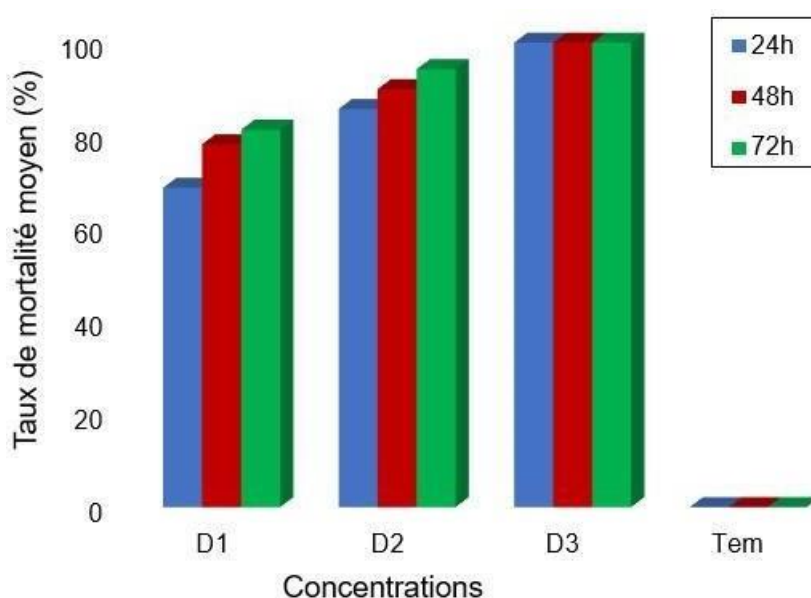


Figure17 : L'effet des doses des extraits aqueux du mélange feuille- rameaux de *J. Communis* sur la mortalité de larve de *Meloidogyne*

III.1.3. Comparaison de la toxicité des mélanges des extraits aqueux feuilles-rameaux de *J. communis* et de *M. Vulgare* via ANOVA (Model GLM)

L'application du modèle G.L.M. (Table. X) a permis de déduire que les traitements à base du mélange des extraits aqueux des feuilles-rameaux de *M. vulgare* et du mélange des mêmes organes de *J. communis* ont dévoilé un effet biocide similaire avec une différence non significative la probabilité de ($p=0,615 > p=0,05$). Cependant, les dilutions et le temps d'immersion des larves présentent une variation très hautement significative ($P=0.000 ; p < 0.05$).

Tableau5 : Modèle G.L.M. appliqué au pouvoir nématocide des traitements de *M.vulgare* utilisés en fonction du temps d'exposition et des dilutions utilisées.

Source	Somme carrés	Df	Moyenne carré	Fratio	P
Traitements	6,125	1	6,125	0,256	0,615
Doses	6380,528	2	3190,264	133,098	0.000
Temps	649,36	2	324,681	13,546	0.000
Erreur	1581,972	66	23,969		

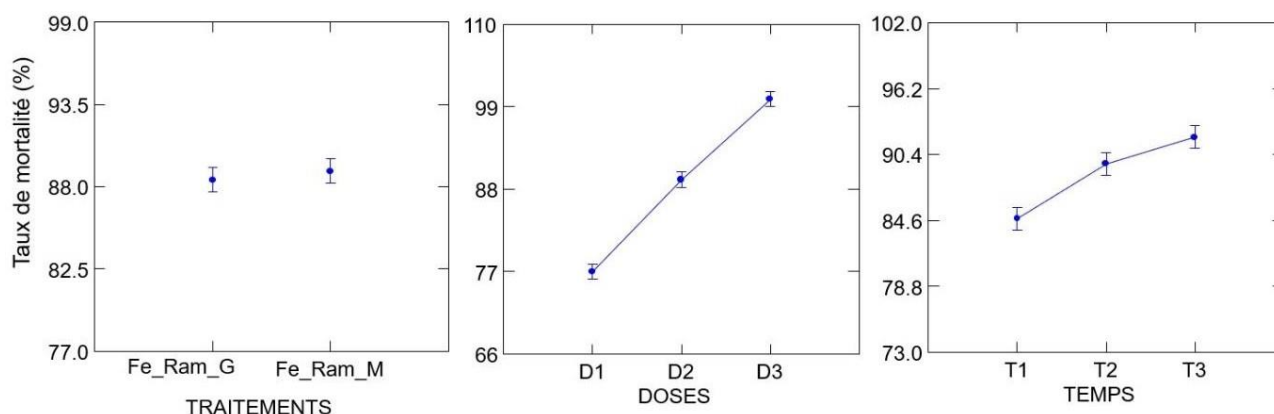


Figure18 : Variation de la toxicité des mélanges des extraits des deux plantes sur les larves de *Meloidogyne*

La figure (18), confirme la toxicité des traitements de *M. vulgare* et de *J. communis* vis-à-vis des larves de *Meloidogyne*, toutefois l'effet de ces bioproduits est comparable. En ce qui concerne les concentrations des traitements, l'analyse révèle que la toxicité des mélanges préparés est proportionnelle aux doses testées. En effet, la mortalité des larves atteint son maximum à la (D3). Par ailleurs, cette toxicité augmente dans le temps d'exposition. Elle est plus élevée après 72h d'exposition.

III.1.4. L'Effet de la toxicité d'extrait aqueux du mélange fruit-feuilles de *J. communis*

La figure (19) illustre l'évolution des pourcentages moyens des mortalités par rapport au témoin en fonction du temps et des doses du mélange du genévrier testé. La toxicité varie en fonction de différentes doses et du temps d'exposition de larve (L2) de *Meloidogyne*. Les taux de mortalité signalés après 24h d'exposition sont faibles quel que soit la dose testée. Ces taux atteignent les 50% avec la forte concentration du traitement (15g/125ml). Alors que pour les doses élevées D2 (10g) et D3 (15g) la toxicité augmente, notamment pour la (D3). Les taux de mortalité pour cette même dose après 48 et 72h sont respectivement de (67,26 et 81.83%).

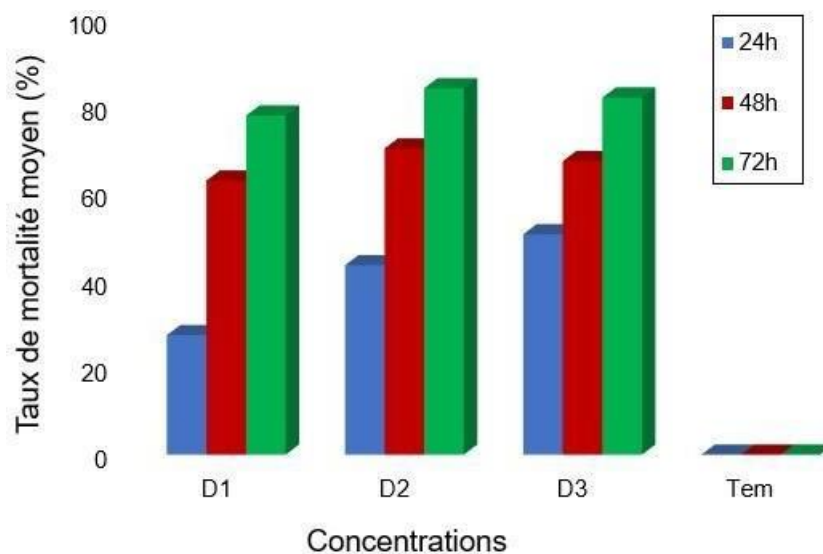


Figure19 : L'effet des différentes concentrations des extraits aqueux du mélange fruit-feuilles de *J. communis* sur le taux de mortalité moyen de larve de *Meloidogyne*

III.1.5. L'Effet de la toxicité d'extrait aqueux du mélange fruit-rameaux de *J. communis*

En comparaison avec le témoin, le graphe (20) dévoile les taux de létalité provoqués par l'extrait aqueux du mélange fruit-feuilles de genévrier. Aux doses D1 et D2 (5g et 10g) nous avons enregistré des taux de mortalité similaires après 24, 48 et 72h. Les taux respectifs sont (66,90, 70,92 et 87,15%). Par contre, l'effet biocide augmente avec la troisième dose (D3 : 15g) mais il n'est pas total (100%). Le taux de mortalité maximal obtenu atteint (80,98%) après 72h.

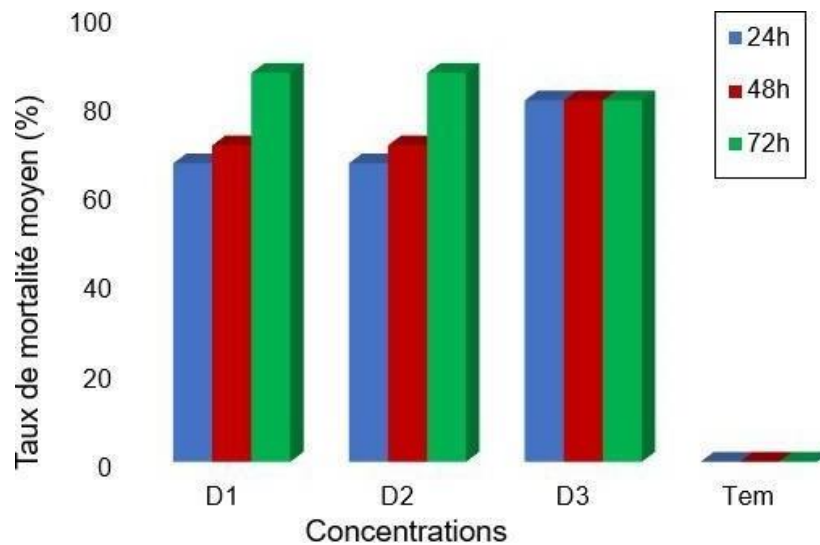


Figure 20 : L'effet des différentes concentrations des extraits aqueux du mélange fruit-rameaux de *J.communis* sur le taux de mortalité moyen de larve de *Meloidogyne*

III.1.6. L'Effet de la toxicité d'extrait aqueux du mélange feuilles-fruit-rameaux de *J. Communis*

D'après le graphe (21) l'activité biocide des extraits testés est importante quelques soit la dose (5, 10 ou 15g). En effet, les taux de mortalité obtenus avec ces doses sont comparables quelques soit le temps d'exposition des larves, notamment après 48 et 72h. Les taux de mortalité enregistrés avec les doses sus-citées après 48 et 72h varient entre (86 et 100%).

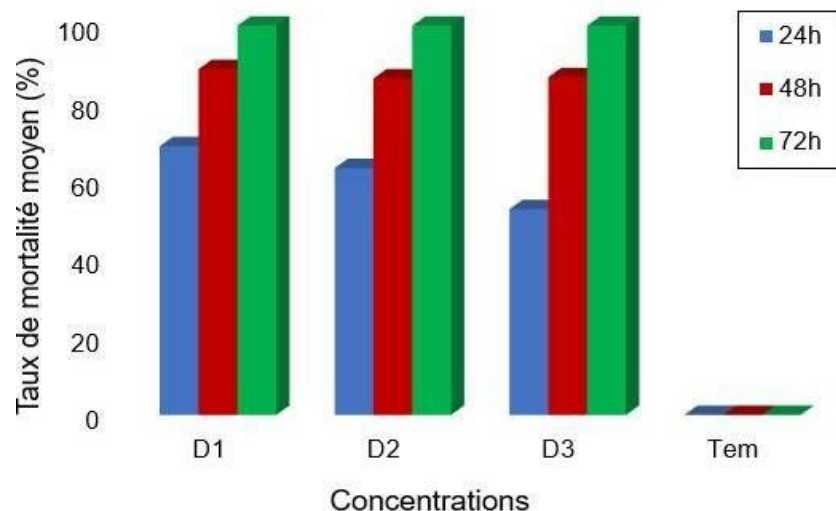


Figure21 : L'effet des différentes concentrations des extraits aqueux du mélange feuilles-fruit-rameaux de *J.communis* sur le taux de mortalité moyen de larve de *Meloidogyne*

III.1.7. Comparaison de la toxicité des différents traitements via ANOVA (Model GLM)

Les données recueillies sur l'efficacité des mélanges des extraits aqueux des organes des plantes testés sont analysées statistiquement afin d'évaluer leur potentiel toxique vis-à-vis des larves de *Meloidogyne*.

Tableau 6 : Analyse statistique (Model G.L.M.) appliqué au pouvoir nématicide des traitements utilisés

Source	Sommes carrées	df	Moyenne carrée	F-ratio	P
Plantes	6,125	1	6,125	0,041	0.839
Mélanges	13472,243	3	4490,748	30,327	0,000
Temps	13983,700	2	6991,850	47,127	0.000
Doses	3805,233	2	1902,617	12,849	0.000
Erreur	25321,622	117	148,080		

L'application du modèle G.L.M. (Tableau 6) a révélé que l'effet biocide des deux plantes médicinales (*M. vulgare* et *J. communis*) est comparable ; la différence est non significative ($p=0,839$; $p>0,05$). Cependant les différences sont très hautement significatives entre les mélanges testés et leurs doses ainsi que le temps d'immersion des larves, les probabilités respectives sont ($p=0,000$; $p < 0,05$).

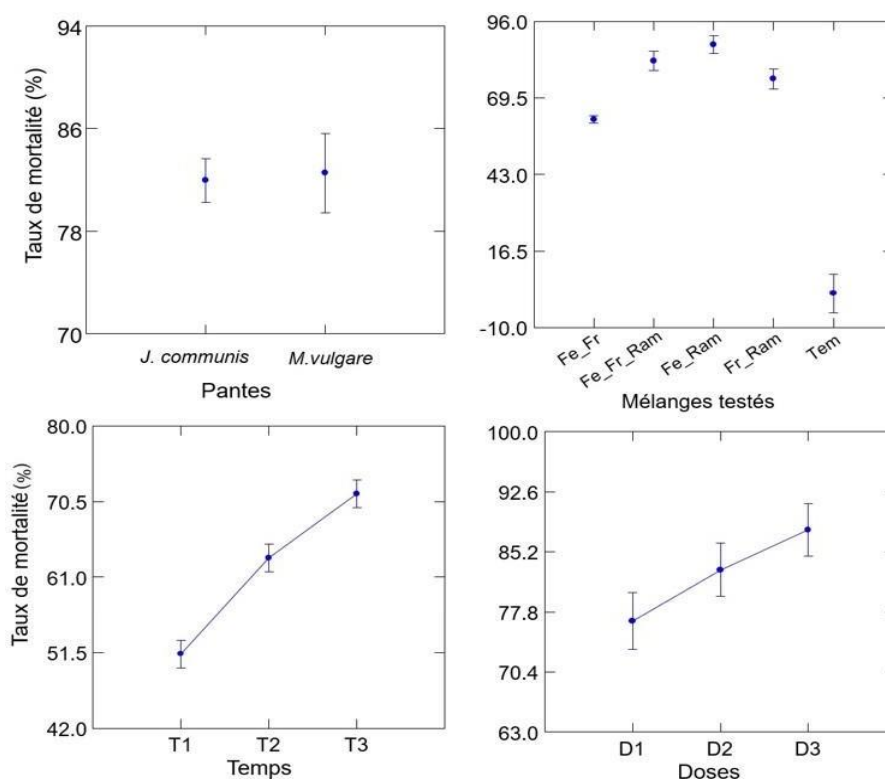


Figure 22 : Variation de la toxicité des différents traitements en fonction des doses et du temps d'exposition des larves de *Meloidogyne*

La figure (22), affirme que les deux plantes *M. vulgare* et *J. communis* dont les extraits aqueux des organes ont été testé en mélange ont dévoilé d'une manière générale un effet biocide similaire. Concernant la toxicité des mélanges des organes des plantes testés, les taux de mortalité les plus important sont obtenus avec le mélange des extraits (feuilles-rameaux) quelques soit la plante testée, suivi par le mélange (feuilles-fruits-rameaux) et celui du mélange (fruits-rameaux) alors que la mortalité diminue sensiblement avec le mélange (feuilles-fruits) les taux de mortalité n'atteignent les 50%.

En ce qui concerne les concentrations des traitements, l'analyse révèle que la toxicité des traitements augmente proportionnellement avec les doses testées. En effet, la mortalité des larves atteint son maximum à la (D3). Par ailleurs, cette toxicité augmente dans le temps d'exposition. Elle est plus élevée après 72hd'exposition.

III.2. Discussion

Les plantes et leurs métabolites secondaires sont une source importante de molécules pour le développement de nouveaux biopesticides. La reconnaissance du rôle important de ces composés a augmenté, notamment pour limiter la résistance aux ravageurs et aux maladies. L'utilisation intensive des pesticides de synthèse et leurs risques environnementaux et toxicologiques ont généré la nécessité de développer d'autres sources de substances naturelles à intérêt dans la gestion des ravageurs des plantes (Cavoski *et al.*, 2011 ; 2012). Ces composés sont les alcaloïdes, les diterpènes, les acides gras, les glycosinolates, les isothiocyanates, les phénols les sesquiterpènes et les thienyls (Chitwood, 2002 et Mezerket, 2010).

Actuellement, les extraits des plantes commencent à avoir un intérêt très promoteur comme une source potentielle de molécules naturelles bioactives. Ils ont fait l'objet de plusieurs études pour leur éventuelle utilisation comme alternative aux traitements chimiques (insecticides, bactéricides, nématicides et fongicides) (Yakhlef, 2010). Plusieurs auteurs ont mis en évidence la présence de molécules actives tels que les composés phénoliques efficace dans la lutte contre les nématodes (Faouzi, 2002).

La plus part des recherches réalisées pour *M. vulgare* et *J. communis* ont été consacrées beaucoup plus sur leurs activité insecticide et bactéricide et fongicide ,ces études ont montres à titre d'exemple que :

-l'extrait brute de *M. vulgare* a une activité antibactérienne significative contre *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris* et *Pseudomonas* (Djerrou ,2015). Ainsi les extraits végétaux (aqueux et éthanolique) obtenus à partir des feuilles de *M. vulgare* ont un effet insecticide très important sur les adultes et les larves d'*Aphis nerii*

(puceron de laurier rose et agrume) (Dib et Boutelja,2017)

-l'extrait des feuilles de *J. communis* possède une activité antibactérienne contre les Bactéries pathogènes multirésistantes (*Erwinia chrysanthemi*, *Escherichia coli*, *Bacillus Subtilis*, *Agrobacterium tumefaciens* et *Xanthomonas phaseoli*), *Staphylococcus aureus* et *Hafniaalvei*. Les huiles ont ensuite été testées pour leur activité antifongique (in vitro) Contre deux champignons, *Rhizoctoniasolani* et *Rhizopusstolonifer*. (Bais et al.,2014).

Autre étude sur les composés chimiques (les huiles essentielles) de *Juniperus phoenicea* (*Cupressaceae*) contre *Rhizoperthadominica* (*Coleoptera* ; *Bostrichidae*) a prouvée l'effet insecticide (Khalfi et al.,2009).

Plusieurs plantes appartenant à la même famille botanique que *M. Vulgare* et *J.Communitis* ont fait l'objet d'études on note *Origanum glandulosum* (*Lamiaceae*) à l'égard de *Meloidogyne incognita* a été apportée par Sellami et al.,(2009). On note d'autre plante (*Lamiaceae*) telque *Melissa officinales*, *Lavandula*, *Mentha*, *Oreganum*, *Ocimum*, *Rosmarinus*, *Thymus*, *Salvia*, *Coridothymus capitatus* , *Foeniculum vulgare* , *Laurus nobilis* *Micromeria fruticosa*, contre *Meloidogyne* spp (Fe Andrés et al., 2012).Aussi ont effectués des études sur trois espèces de *Juniperus* (*J. communis*,*J. oxfordrus* et *J. virginia*) ces derniers ont dévoilé un effet nématocide contre le nématode du pin *Bursaphelenchus xylophilus* (Fe Andrés et al., 2012).

Ces études nous ont incités à utiliser les extraits aqueux de ces deux espèces médicinales « *M.vulgare*, et *J.communis* » et évaluer leurs potentialités biocides sur les larves (L2) du nématode à galles *Meloidogyne*. Les résultats de ce présent travail ont dévoilé une toxicité différente sur les juvéniles de ce phytoparasites.Nos résultats sont en concordance avec les travaux de certains auteurs qui affirment l'effet biocide des extraits de plantes sur diverses espèces de nématodes à savoir D'Addabbo et al. (2010 ; 2013) sur *Globodera sp* ; Insunza (1994) sur *Ditylenchusdipsaci*, *Heteroderashachtii*et *Pratylenchuspenetrans* ; Touahri (2015) sur *Xiphinema* et Wiratno et al. (2009) ; Wondimeneh Taye et al (2012) ; Mayad et al. (2006) sur les nématodes à galleset (Hadj-Sadok et al., 2014) sur les nématodes à galles *Meloidogyne*.

Par ailleurs, l'activité des mélanges des extraits aqueux testée dépend d'une manière significative des concentrations testées et du temps d'exposition des larves (L2) de *Meloidogyne*. En général, l'exposition des larves dans les extraits à fortes concentrations et après 72h d'immersion ont dévoilé une toxicité très hautement significative. Ce résultat rejoint les travaux de Mayad et al (2006), Nebih Hadj-Sadok et al. (2014) et Smahi et Fekir (2021) sur les *Meloidogyne* et Mezerket (2010) sur *M. incognita*.

Les résultats sur l'effet biocide des cinq traitements à base des mélanges de extraits aqueux des organes de *M. vulgare* et *J. communis* ont révélés d'une manière générale une toxicité significative dès les premières heures vis à vis des larves de *Meloidogyne* avec des pourcentages supérieurs à 50%. Ces résultats sont comparables aux travaux de Dahmane (2011) avec les extraits de *Mentha spicata* (*Lamiaceae*) et *Origanum glandulosum* (*Lamiaceae*) (Sellami et al., 2010) contre *Meloidogyne incognita* ainsi que les

résultats obtenus avec les huiles essentielles de *J. communis* contre le nématode du pin *Bursaphelenchus xylophilus* (Fe Andréset *al.*, 2012).

Par ailleurs, l'analyse statistique « Model GLM » appliquée aux traitements à base du mélange des extraits aqueux des (feuilles-rameaux) de *M. vulgare* et du mélange des même organes de *J. communis* a dévoilé un effet biocide similaire avec une différence non significative ($p=0,615 > p=0,05$). Les extraits aqueux des organes (feuilles et rameaux) des mêmes plantes testées séparément (Smahi et Fekir, 2021) ont montré que les extrait des feuilles et ceux des rameaux de *M. vulgare* présentent des potentialités nématocides plus élevé que ceux de *J. communis* contre les larves (L2) de *Meloidogyne*.

L'analyse des donnés sur le potentiel toxique des testés à base des extraits aqueux des mélanges deux plantes a révélé une différence très hautement significative entre ces traitements ($p=0,000$; $p<0,05$). Les taux de mortalité les plus important sont obtenus avec le mélange des extraits (feuilles-rameaux) quelques soit la plante testée, suivi par les mélanges de *J. communis* dans l'ordre d'efficacité(feuille-fruits-rameaux) ; (fruits-rameaux). Cependant, la mortalité diminue sensiblement avec le mélange (feuilles-fruits) de *J. communis*, les taux de mortalité n'atteignent pas les 50%. Les résultats des travaux de Smahi et Fekir (2021) sur l'effet biocide de ces plantes médicinales dont les extraits aqueux des organes ont été testées séparément ont dévoilé que la toxicité des fruits de *J. communis* occupent la première position suivie par les rameaux et les feuilles de *M. vulgare* et de *J. communis* contre les larves (L2) de *Meloidogyne*. Il en ressort des résultats obtenus est que la mixture des extraits des feuilles ou des rameaux avec ceux des fruits, diminue significative le potentiel toxique des extraits aqueux des fruits.il est probable qu'un effet antagoniste c'est produit entre les molécules bioactives des mélanges. Cette hypothèse rejoint les travaux de Nebih Hadj-Sadok et *al.* (2015) qui confirme l'effet antagoniste de la mixture (feuilles-racines) du chou-fleur sur les larves de *Tylenchulus semipenetrans*.

Par ailleurs, la réponse toxicologique des larves (L2) de *Meloidogyne* aux différents traitements peut être attribuée d'une part à ces caractéristiques morpho-anatomique en relation avec la perméabilité de la cuticule (Davies et Curtis,2011) et d'autre part aux différentes propriétés chimiques des composés des plantes (D'Addabbo et *al.*, 2013). Les travaux d'Oka et *al.* (2000) et Chitwood (2002) signalent plusieurs composés à activité nématocides dans les plantes. Parmi eux les alcaloïdes, les diterpènes, les acides gras, les glucosinolates, les isothiocyanates, les phénols, les polyacétylènes, les flavonoïdes, les sesquiterpènes et les thienyls. Plusieurs études sur le screening phytochimiques ont prouvées l'existence de ces composés actifs au niveau des parties aériennes *J. communis* (Giraud et Perrin 2012 ; Aidli et *al.*, 2013 ; Bais et *al.*, 2014). De même la composition chimique de *M. vulgare* renferme ces composés actifs ce qui est prouvé par Acimovic et *al.* (2020). Les investigations d'Oka et *al.*, (2000) signalent que les plantes appartenant à la famille des *Lamiaceae* renferment des molécules bioactives comme le limonène et

le menthol possède une forte activité nématocide ce qui pourrait expliquer le potentiel toxique des extraits aqueux des deux plantes médicinales testées sur les larves de *Meloidogyne*,



Conclusion

Conclusion

Les nématodes du genre *Meloidogyne* constituent une menace pour la majorité des cultures maraîchères -plastique. Le recours aux nématicides reste le moyen le plus utilisé, cependant l'intérêt actuel de préserver l'environnement pour une agriculture durable nécessite la recherche de procédés alternatifs et les biopesticides à base de microorganismes ou de plantes constituent une voie de recherche intéressante vu les avantages qu'elle présente.

Cette étude nous a permis de mettre en évidence l'efficacité *in vitro* des mélanges d'extraits aqueux de deux plantes qui appartiennent à deux familles botaniques différentes, la première *M. vulgare* (Lamiaceae) et la deuxième de *J. communis* (Cupressaceae) sur la mortalité des larves (L2) de *Meloidogyne*.

Les résultats ont montré que le taux maximal de mortalité a été noté lorsque la dose est plus élevée et durant la période d'exposition plus longue et après 72h d'immersion. Par ailleurs, les taux de mortalité les plus importants sont obtenus avec le mélange des extraits (feuilles-rameaux) quel que soit la plante testée.

L'analyse statistique « Model GLM » appliquée aux traitements à base du mélange des extraits aqueux des (feuilles-rameaux) de *M. vulgare* et du mélange des mêmes organes de *J. communis* a dévoilé un effet biocide similaire avec une différence non significative. Concernant les mélanges à base des organes de *J. communis*, l'effet biocide varie selon les mélanges préparés, nous avons dans l'ordre d'efficacité (feuilles-fruits-rameaux) ; (fruits-rameaux). Cependant, la mortalité diminue sensiblement avec le mélange (feuilles-fruits) de *J. communis*.

Il ressort des résultats obtenus que la mixture des extraits des feuilles ou des rameaux avec ceux des fruits, diminue significativement le potentiel toxique des extraits aqueux des fruits. Il est probable qu'un effet antagoniste s'est produit entre les molécules bioactives des mélanges. Ces plantes ouvrent la voie à la possibilité de leur utilisation dans le cadre d'un programme de lutte intégrée.

En perspective, des recherches restent à développer, principalement dans :

- La caractérisation des matières actives existantes chez chaque organe des espèces étudiées dans le but de formuler des bio-nématicides conformes aux attentes des producteurs et applicables dans le domaine agricole.

- Les méthodes d'application de ces bio-nématicides.

- Étendre les essais de ces plantes sur d'autres espèces de nématodes à importance agronomique.



***Références
Bibliographiques***

Références Bibliographiques

1. **AĆIMOVIĆ M., JEREMIĆ K., SALAJ N., GRAVARI N., KIPROVSKI B., SIKORA V., et ZEREMSKI T., 2020** -*Marrubium vulgare L. : A Phytochemical and Pharmacological Overview. Molecules, 25(12), 2898 : pp.1-24*
2. **ADAMOU H., GHAZALI CHAIBOU I., MAMANE K. N., ASSOUMANE M, KARIMOU ISSA, DELMAS P., 2013** -*Fiche technique, Comment lutter contre les nématodes parasites des cultures maraichères par la solarisation. I.N.R.A.N. BP 429 Niamey Niger ; RECA -Niger, BP686 NiameyNiger,5 pages.*
3. **ADAMSR.,2011** -*Junipers of the world: Thegenus Juniperus 3rdEdition.Traffordrev,Ouvrage426 p.*
4. **ADMIN, 2013** -*Propriétés médicinales du marrube blanc : Marrubium vulgare [en ligne] : <https://medecine.savoir.fr> >. (Consulter le 16/07/2021).*
5. **ADOUANE S., 2016** - *Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région méridionale des Aurès. Mémoire de magister. Département des sciences agronomiques. Université Mohamed Khider-Biskra. 203 pages.*
6. **AGBENIN N.O., EMECHEBE A.M., MARLEY P.S., AKPA A.D., 2005** -*Evaluation of nematicidal action of some botanicals on Meloidogyne incognita in vivo and in vitro. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics, 106: 29–39. Am. J. Dis. Child. 107 : 109-112.*
7. **AGRIOS G.N., 2005** - *Plant diseases caused by nematodes. In: Plant pathology, 5 editions. Elsevier. Academi Press, San Diego, California, USA,922pp.*
8. **AHVAZI M., BALALI GR., JAMZAD Z., SAEIDI H., 2018** - *A Taxonomical, Morphological and Pharmacological Review of Marrubium vulgare L., An Old Medicinal Plant in Iran. Journal of Medicinal Plants, 17(65). pp.7-24*
9. **AIDLI L., BOUADAM S., et MEHDAOUI K., 2013** - *Contribution à l'étude de la composition et de l'activité antioxydante des substances actives des feuilles et des baies du genévrier commun (Juniperus communis) du Parc Nationale de Djurdjura. Mémoire de Master. Option : pharmacologie moléculaire université Abderrahmane Mira de Bejaia faculté des sciences de la nature et de la vie. Département de biologie physico-chimie. 35 pages.*
10. **ANONYM.,2018.** *Culture maraichère : une production nationale de plus de 130. Algérie presse service-tous droits réservés (APS-TD) - [En ligne] : <https://www.aps.dz> > économie > 755 (Consulter le 25/06/2021).*
11. **Anonyme, 2014** - *Meloidogyne spp. Caractéristiques du ravageur et de ses dégâts.*
12. **Anonyme, 2017** - *Pomme de terre - Meloidogyne spp. (Nématodes à galle). [En ligne] : <http://ephytia.inra.fr> >. Consulter (le 12/06/2021).*

13. **Anonyme, 2019** - Bio-enligne.com « *Lutte biologique, maladies et ravageurs des plantes* » *Nématodes à galles : biologie, systématique, cycle et dégâts*. [En ligne]: <https://www.bio-enligne.com> > 94-ne... (Consulter le 27/06/2021)
14. **Anonyme, 2019** -*Marrubium.v.* [En ligne] : <http://uiabotanique.free.fr/activite/plantesimple/marrub.htm>. (Consulté le 18/06/2021).
15. **AOUADHI S., 2010** - Atlas de risques de la phytothérapie traditionnelle à l'étude de 57 plantes recommandées par les herboristes." *Mém. Mas. En toxicologie. Faculté de médecine de Tunisie*.203 pages.
16. **APG III, 2009** -*An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APGIII.Bot.J.Linn.Soc.161:105-121.*
17. **AZZI R., LAHFA F. et DJAZIRI R., 2014** - Phytochemical, antihyperglycemic and antihyperlipidemic study of crude hydroalcoholic extract of aerial parts of *Marrubium vulgare* L. in normal and streptozotocin induced-diabetic wistar rats. *IntJ Pharm Sci Res: 5(5): 2006-13.*
18. **BAERMANN G., 1917.** Eine einfache Methode zur Auffindung von Ankylostomum (Nematoden) Larven in Erdproben. *Genees kunding Tijdschrift voor Nederlandsch-Indie*57 :131–137.
19. **BAKKALIF., AVERBECK S., AVERBECK D.etIDAOMARM., 2008** –*Biological effects of essential oils –A review. Food and Chemical Toxicology*46, pp. 446-475.
20. **BARBARY A., 2014** - *Bases génétiques de la résistance vis-à-vis des nématodes du genre Meloidogyne chez le piment*. Diss. Université Nice Sophia Antipolis.p 48 ,49, 51.
21. **BELAIR G., 2005** -*Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes... par la racine. Phytoprotection*, 86(1), 65-69.
22. **BLANCARD D., 2021** - *Nématodes à galles - Meloidogyne spp.Ephytia* [En ligne] <http://ephytia.inra.fr> > fr > Tropileg-... consulter (le 12/06/2021).
23. **BOUDJELAL A., HENCHIRI C., SIRACUSA L., SARI M., RUBERTO G., 2012** - *Compositional analysis and in vivo anti-diabetic activity of wild Algerian Marrubium vulgare L. infusion. Fitoterapia* 83, p286–292.
24. **BOUTABIA L., TELAILIA S., et MENAA, M., 2020** - *Utilisations thérapeutiques traditionnelles du Marrubium vulgare L. par les populations locales de la région de Haddada (Souk Ahras, Algérie).*" *Ethnobotany Research and Applications* 19 : pp1-11.
25. **BOUTERFAS, K., MEHDADI, Z., LATRECHE, A. et AOUAD, L., 2014** –*Pouvoir antimicrobien des flavonoïdes extraits des feuilles de Marrubium vulgare L. en provenance du mont de Tessala (Algérie occidentale).* *Phytothérapie*, 12(1), 6-14.
26. **BRUNETON J., 2016** -*Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales* (5^e ed.).Paris : Lavoisier1504 p.

27. **CARDENAS J., 2017 (a)** - Marrube blanc. La rédaction de Doctissimo. Validation médicale ...Propriétés médicinales du... · [En ligne] : <https://www.doctissimo.fr> > ... (consulter le 03/06/2021)
28. **CARDENAS J., 2017 (b)** - Genévrier (*Juniperus communis*) : propriétés, bienfaits de La rédaction de Doctissimo. [En ligne] : <https://www.doctissimo.fr> > ... > Plantes médicinales (consulter le 03/06/2021)
29. **CARON M., 2021** - *Définition Genévrier commun -Juniperus communis*. [En ligne] : <https://www.futura-sciences.com> > bo... (consulter le 26/08/2021).
30. **CAVOSKI, I., CABONI, P. et MIANO, T., 2011.***Natural pesticides and future perspective. In: Pesticides in the Modern World - Pesticides Use and Management, Stoytcheva, M. (Ed.), 169-190. ISBN 978-953-307-459-7.*
31. **CAVOSKI, I., CHAMI, Z.A., BOUZEBBOUDJA, F., SASANELLI, N., SIMEONE, V., MONDELLI, D., MIANO, T., SARAI, G., NTALLI, N.G. et CABONI, P., 2012** – *Melia azedarach* controls *Meloidogyne incognita* and triggers plants defense mechanisms on cucumber. *Crop Protection*, 35, 85-90.
32. **CHAMONT S., 2018** -*Les plantes nématocides. Hypp-encyclopedie-en-protection-des plantes*. [En ligne] :<http://ephytia.inra.fr/fr/C/2021> .(Consulter le 09/07/2021).
33. **CHITWOOD, D.J., 2002** - *Phytochemical based strategies for nematode control. Annual Review of Phytopathology*, 40, 221-249
34. **CUSHNIE T.P.T. et LAMB A.J., 2011** - *Recent advances in understanding the antibacterial properties of flavonoids, Int J Antimicrob Agents*, 38: 99-107p.
35. **D'ADDABBOT., CARBONARAT., ARGENTIERIM. P., RADICCIV., LEONETTIP., VILLANOVA L., AVATO P.,2013** - *Nematicidal potencial of Artemisia annua and its mainmetabolites. Eur J Plant Pathol* 137: 295-304.
36. **D'ADDABBO T. et CARBONARA T., 2010** - *Control of plant parasitic nematodes with active saponins and biomass from Medicago sativa. Phytochemistry Reviews*:1-17.
37. **DAHMANE T., 2011** - Contribution à l'Etude de l'Activité Nématocide de Quelques Extraits de Plantes Contre *Meloidogyne incognita* (White et Kofoid, 1919) Chitwood 1949 (Nematoda: Meloidogynidae). Memoire de Magister en Sciences Agronomiques. Spécialité : Zoologie. Option : Ecologie des Communautés Biologiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique-ELHarrach-Alger.107 pages
38. **DAVIES K. G., et CURTIS, R. H. C., 2011** - *Cuticle surface coat of plant-parasitic nematodes. Annual Review of Phytopathology*, 49, 135–156
39. **DELILLE A., 2010** -*Plantes médicinales d'Algerie.2^{eme} édition Berti*, 239 p.

- 40. DIB S. et BOUTELDI M.R., 2017.** Effets insecticides de l'extrait des feuilles du *Marrubium vulgare* L. (Marrube blanc) sur le puceron *Aphis nerii* (Homoptera: Aphididae). Mémoire de master. Domaine : SNV. Filière : Sciences Agronomiques. Spécialité : Santé des plantes. Université de Bouira. 55 pages.
- 41. DJAHRA A. B., BORDJIBA O., et BENKHERARA S., 2013** - Extraction, séparation et activité antibactérienne des tanins de marrube blanc (*Marrubium vulgare* L.). *Phytothérapie* 11.6: 348-352.
- 42. DJAHRA, A. B., 2014** - Etude phytochimique et activité antimicrobienne antioxydante antihépatotoxique de Marrube blanc ou *Marrubium vulgare* L. Diss. Thèse de doctorat Unique. Université Badji Mokhtar–Annaba (Algérie) 114 p.
- 43. DJELLOUTH., 2009** -Evaluation de pouvoir antibactérien de quatre plantes spontanées Thèse. Ing. Phytopathol. Univ. Blida, 60p.
- 44. DJERROU Z., 2015** -*Chemical Characterization and Antibacterial Activity of Phases Obtained from Extracts of Artemisia herba alba, Marrubium vulgare and Pinus pinaster.* International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research 7(2):270-274 Université 20 août 1955-Skikda
- 45. DJIAN-CAPORALINO C., PALLOIXB A., FAZARIA A., MARTEUA N., SAGE PALLOIXB A. M., MATEILLEC T. et CASTAGNONE-SERENOA P., 2013** - *Evaluation expérimentale de stratégies de déploiement de gènes de résistance pour la gestion durable des nématodes à galles.* *Innovations Agronomiques*, 28, 187-199.
- 46. DJIAN-CAPORALINO C., VEDIE H., et ARRUFAT A., 2009** - Gestion des nématodes à galles : lutte conventionnelle et luttés alternatives. L'atout des plantes pièges." *Phytoma*, 624. P 1, 3, 7.
- 47. DUBOIS E., 2019** - Les nématodes parasites des plantes : description, moyens de lutte et impact sur la faim dans le monde (thèse), Faculté de Pharmacie - Université de Lille. 270p
- 48. EISENBACK J.D. et TRIANTAPHYLLOU H.H., 1991** - Chapitre 6: *Root-Knot Nematodes: Meloidogyne species and races.* In: *Manual of Agricultural Nematology.* Nickle W.R, édition Dekker, New York, pp. 191-274.
- 49. FAOUZI, A., 2002** - Etude sur l'utilisation des nématicides et la persistance du fenamiphos sur la culture de tomate sous serre dans la région de Sousse Massa mémoire de fin d'étude IAVH. Agadir ,p.55
- 50. Fe ANDRÉSM., GONZÁLEZ-COLOMA, A., SANZ, J., BURILLO J. et SAINZ P., 2012-** *Nematicidal activity of essential oils: a review* *Phytochemistry Reviews* volume 11. pp.371–390.
- 51. GRAB. (2001).** Lutter contre les nématodes à galles en Agriculture Biologique. Fiches techniques _ maraichage / fiche %20nematodesmini.pdf. [En ligne] : [http : //www. itab. Asso. fr/ downloads /.](http://www.itab.Asso.fr/downloads/)(Consulté le 10/06/2021)
- 52. GAJANAN M., 2018** - *Nematodes: Symptoms, Injury to Plants, Characteristics and Life Cycle / Parasites* .[En ligne] <https://www.biologydiscussion.com>.(Consulté le 7/04/ 2021).

53. GAVARIĆ, A., VLADIĆ J., AMBRUS R., JOKIĆ S., Szabó-RÉVÉSZ P., TOMIĆ M., BLAŽIĆ M., et VIDOVIĆ S., 2019 - Spray drying of a subcritical extract using *Marrubium vulgare* as a method of choice for obtaining high quality powder. *Pharmaceutics* 11, no. 10: pp.1-15.
54. GIRAUD M. et PERRIN J., 2012 - *Genévrier commun – Loreto*. [En ligne] : <http://www.floretox.fr > <dumas-00747587>). (Consulter 26/07/2021).
55. HAOULI N.EH., 2015 - Caractérisation phytochimique et biologique du contenu tannoïde de « *Marrubium vulgare* » et « *Urtica urens* » de zones arides et semi arides. Mémoire de magister, Université d'Oum El Bouaghi. 82p.
56. HOEFFERLIN, P., DJIAN-CAPORALINO, C., VILLENEUVE, F., GOILLON, C., JEANNEQUIN, B., NAVARRETE, MATEILLE T., TERRENTROY A., M., et SZILVASI, S., 2018 - *Les nématodes à galles. Meloidogyne SPP*. Infos CTIFL : pp 2-23.
57. INSUNZA V., 1994 - *Propried des nematicidas de plantas chilenas. Evaluation en bioensayos contres nematodes- fitoparásitos, fitopatologie* ,99:44 – 45
58. JAVED, N., GOWEN, S. R., EI-HASSAN S. A., INAM-UL-HAQ, M., SHAHINA, F., PEMBROKE, B., 2008. *Efficacy of Neem (Azadirachta indica) formulations on biology of root-knot nematodes (Meloidogyne javanica) on tomato*. *Crop Protection* 27,36-43.
59. KALAIARASAN P., SENTHAMARAI M., RAMESH D., et SUDHEERM. J., 2007 - *Anefficient organic amendment for them anagement of root-knot nematode, Meloidogyne incognita in tomato*. *Indian Journal of Nematology*. Vol.37(2).
60. KHALFIO., HABES O., BOUTEKDJIRET C. et HACIB H., 2009 – Evaluation du potentiel biocides de trois huiles essentielles de plantes Algériennes sur *Rhizopertha dominica* (Coleoptera ; Bostrichidae). Colloque International sur la Gestion des Risques phytosanitaires. Marrakech, Maroc, du 09 au 11 novembre. vol. 1, pp. 297-307.
61. KHALID A., 2005 - The nematicidal and the fertilizing effect of argan, castor and neem cake on cucurbits (cucumber and melon) grown under green house in Agadir region (South of Morocco). Thèse de Magister. Organic Farming, IAMB Mediterranean Agronomic Institute of Bari. 201 pages.
62. MANSOURI N., SATRANI B., GHANMI M., EL GHADRAOUI L., GUEDIRAA.H., AAFI A.R., 2011 - *Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle de Juniperus communis du Maroc*. " Bulletin de la Société royale des sciences de Liège. Vol. 80. pp. 791 – 805
63. MARRABOUT, 2014 – *Plante médicinale. France : Hachette*. 192p.

64. **MAYAD E.H., FERJI Z., CHEBLI B et IDRISSE HASSANI L.M., 2006** - Étude in vitro du potentiel nématicide de quelques extraits de plantes médicinales, BioAlliance Canada Morocco - 5(2), pp 37-40
65. **MEDDOUR R., 2010** - Bioclimatologie, phytogéographie, et phytosociologie en Algérie : Exemple des groupements forestiers et préforestiers de la kabylie djurdjuréenne. Thèse doc. Agr. Univ. Tizi-Ouzou, 397 p.
66. **MEDJAHED S., 2010** -Evaluation de l'activité nématicide de quelques extraits de plantes contre *Meloidogyne incognita* (White et Kofoid, 1919) Chitwood 1949 (nematoda: Meloidogynidae). Mémoire de magister en sciences agronomiques. Spécialité : Sciences et technologies des productions végétales. Ecole nationale supérieure agronomique ELHarrach-Alger. 126 pages
67. **MEZERKET A., 2010** - Evaluation de l'efficacité des huiles essentielles de quelques plantes contre *Meloidogyne incognita* (White et Kofoid, 1919) Chitwood 1949 (Nematoda: Meloidogynidae). Mémoire de magister en sciences agronomiques. Spécialité : Ecologie des communautés biologiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique ELHarrach-Alger. 86 pages
68. **MOLINA-SALINAS G.M., RAMOS-GUERRA M.C., VARGAS-VILLARREAL J., MATA-CARDENAS, BD., BECERRIL-MONTES P. et SAÏD-FERNANDEZ S., 2006** - *Bactericidal Activity of Organic Extracts from *Flourensiacernua DC* against Strains of *Mycobacterium tuberculosis**, Arc. Med. Res, 37. pp 45-49.
69. **MUSTAPHA L., 2014** -*Marrube blanc et ses bienfaits... – astuces de grand-mère* [en ligne] : <https://topbienetre.wordpress.com> › (Consulté le 18/06/2021).
70. **NAOUAOUI, S., 2019** - Néphrotoxicité des plantes médicinales Thèse n° 18 de doctorat en médecine interne au CHU Mohammed VI-Marrakech, p 106.
71. **NEBIH HADJ- SADOK D., HADROUG S et TAOUSSI F., 2014** - Activité nématicide *in vitro* des extraits aqueux des plantes médicinales « *artemisia campestris*, *ziziphus lotus*, *datura stramonium* et *urginea maritima* » sur des larves de *meloidogyne*, AFPP–dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture Montpellier. pp1-7
72. **NEBIH HADJ- SADOK D., SID I. et SAFIDDINE F., 2015** - *The toxic effect of aqueous extracts of Brassica oleracea L. and Brassica oleracea var botrytis on Citus nematode (T. semipenetrans)*. International Conference on Latest Trends in Food, Biological & Ecological Sciences (ICLTFBE'15), Dubai (UAE), (Abstract).
73. **NEBIH HADJ-SADOK D., DHAOUYA, NAWEL KHEIR et HADJIRA BELKAHLA, 2014** - effets des extraits Aqueux de deux espèces D'armoises Algériennes (*Artemisia Herba Alba* et

Artemesia Judaica) in vitro sur les larves (l2) De *Meloidogyne*. *Agrobiologia* .Volume 4, numéro 2, pages 82-87

74. OKA Y., NACAR S., PUTIEVSKY E., RAVID U., YANIV Z., et SPIEGEL Y., 2000 – *Nematicidal activity of essential oils and their components against the Root-Knot nematode*. *Phytopathology*, Vol.90, pp.710-715.
75. PREVOT, F. et PORTAL, M., 2020 -*Genévrier cade-juniperus communis*. [En ligne] : <https://www.senteurs du quercy.com> (Consulté le 12/04/2021).
76. QUEZEL P., GAST, M., 2011 - *Genévrier*. *Encyclopédie Berbère*, V.20: 3023 pages.
77. RADWAN M. A., EL-MAADAWY E. K., KASSEM S. I., et ABU-ELAMAYEM M. M., 2009 -Oil cakes soil amendment effects on *Meloidogyne incognita*, root-knot nematode infecting tomato. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. Vol.42(1). pp. 58-64.
78. RITTER, M., 1971 - *Les nématodes des cultures*. *Journées d'études et d'information*. Paris.A. C. T. A. FNGPC, Paris, pp : 9-65
79. SABRI K., 2008 - Variation de la mycoflore parasite et prédatrice des nématodes à galles (*Meloidogyne* spp) en fonction de quelques paramètres des sols. Mémoire de magister en sciences agronomiques. Spécialité : Protection des végétaux Option : Zoophytiatrie. Institut nationale agronomique Elharrache –Alger. 92 pages.
80. SASSER J.N., HARTMEN K.M. et FRECKMAN D.W., 1987 - Summary of Preliminary Crop Germplasm Evaluation for Resistance to Root-Knot Nematodes, Raleigh, NC: North Carolina State University and US Agency for International Development. pp. 1–88.
81. SELLAMI, S., A. MEZRKET, and T. DAHMANE, 2010 - Activité nématicide de quelques huiles essentielles contre *Meloidogyne incognita* Nematicidal activity of some essential oils against *Meloidogyne incognita*. *Nematologia Mediterranea*. Vol :38. pp.195-201.
82. SMAHI S. et FEKIR R., 2021 - Etude de l'activité nématicide in vitro de quelques plantes sur les nématodes phytophages. Mémoire Master : Phytopharmacie et Protection des végétaux. Blida : Université Blida 1 Saad DAHLEB, 77 pages.
83. SMALL E., DENTSCH G., 2001 - *Nos jardins de pays froids*. Ed.: CNRC press Canada. pp:90.
84. SOURAV HB., SINGH Gill N., NITAN R., et SHANDEEP S., 2014- *A phytopharmacological review on a medicinal plant: Juniperus communis*." *International Scholarly Research Notices* (2014) Pp .2-7
85. TEBIB M., 2006 - Infestation de quelques régions du littoral centre par les nématodes à galles. Mémoire de Magister en sciences agronomiques. Option : Zoologie Appliquée à la Protection des Végétaux. Institut National Agronomique El-Harrach. 112 pages

- 86. TOUAHRI H., 2015** - Evaluation de l'activité nématocide des extraits de plantes sur le nématode de la vigne de genre *Xiphinema* Projet de fin d'étude USDB, 47p
- 87. TOUMI A., 2015** - Etude structurale et cartographique de *Juniperus communis* et *Juniperus sabina* au Djurdjura. Mémoire de magister en sciences agronomiques. Spécialité foresterie. Option : Ecologie, biodiversité, et dynamique des espèces et des communautés forestières. Université Mouloud Mammeri. 51 pages.
- 88. TSAI B.y., 2008** - *Effect of temperature on the survival of Meloidogyne incognita*. *Plant Pathology Bulletin* 17.3 pp.203-208.
- 89. VIALLE F., 2016** - Mise au point d'un test de résistance du piment contre les nématodes à galles *Meloidogyne incognita*, Mémoire de Fin d'Etudes Master 2 Sciences Technologie Santé Mention Biologie et Technologie du Végétal Spécialité : Production et Technologie du Végétal ,29 pages.
- 90. WHITEHEAD A.G., 1998** - *Plant nematode control*. CAB International, Wallingford, UK, 384pp.
- 91. WIRATNO A. B., TANIWIRYONOC D., VAN DEN BERGB H., RIKSEND J.A.G, I. RIETJENSB. M.C.M. DJIWANTIA S.R, KAMMENGAD and MURKB NEMATICIDAL A.J., 2009** - *Activity of Plant Extracts Against the Root-Knot Nematode J.E, Meloidogyne incognita* *The Open Natural Products Journal*, 2, 77-85
- 92. WONDIMENEH TAYE I., SAKHUJA P. K., TEFERA T., 2012** - *Evaluation of plant extracts on infestation of root-knot nematode on tomato (Lycopersicon esculentum Mill)*, E3. J. Agric. Res. Dev, Vol. 2(3), pp 86- 91
- 93. YAHI N. (2007)** : Les cédraies d'Algérie : phytoécologie, phytosociologie, dynamique et conservation des peuplements." Mem. Doc. (ined.). Univ. Bab Ezzouar, Alger. 265 p.
- 94. YAKHLEF G., 2010** - Etude de l'activité biologiques de feuilles de *Thymus vulgaris* et *Laurus nobilis*. *Thès. mag. Univ. Batna*. 110P.