



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



UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA 1

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE ET AGRO-ECOLOGIQUE

Faculté des sciences de la nature et de la vie

MEMOIRE

En vue de l'obtention de diplôme de Master Académique en Science
Agronomique

Spécialité : Phytopharmacie et Protection des Végétaux

Étude de l'effet d'une Brassicaceae adventice sur les nématodes à galles

Présenté par :

M^{lle} SAIDI AMINA

ET

M^{lle} DIAFI ILHAM

Devant les jurys

Président :	M MOUSSAOUI k.	MCA	Université de Blida
Examinatrice :	M ^{me} SABRI K.	MCA	Université de Blida
Promoteur :	M ^{me} ALLAL BENFKIH L.	Pr	Université de Blida
Co Promotrice :	M ^{lle} DJELABEKH M.	Doctorante	Université de Blida

Année universitaire 2024 - 2025

Remerciements

Nous remercions avant tout ALLAH, Le Tout-Puissant, de nous avoir guidés tout au long de ces années d'études, et de nous avoir accordé la volonté, la patience et le courage nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à Madame ALLAL, notre promotrice, pour avoir accepté d'encadrer ce mémoire. Sa disponibilité, ses conseils avisés et son accompagnement tout au long de ce parcours ont été d'une grande richesse.

Nos remerciements sincères vont également à Mademoiselle DJELABEKH, notre co-promotrice, pour son appui constant, sa bienveillance et son implication dans le suivi de ce travail.

Nous remercions beaucoup les membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce travail.

Merci à Monsieur MOUSSAOUI de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de ce travail. nous tiens à remercier également Madame SABRI, qui a accepté d'examiner ce travail.

Nos remerciements vont également à toutes les personnes du département et du laboratoire ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Enfin, nos sincères remerciements à toutes ceux et celles qui nous ont soutenus, encouragés et accompagnés tout au long de ce parcours, en particulier nos camarades de promotion, pour leur solidarité et les bons souvenirs partagés.

Dédicace 1

À celui qui a dit : « Je suis capable », et l'a prouvé...

Et moi, je l'étais aussi. Même si elle m'a résisté, je l'ai conquise.

Le chemin n'a pas été court, le rêve n'a jamais été tout près, et la route n'a pas été tapissée de fleurs...

Mais je l'ai fait, je suis arrivée, et j'ai atteint mon but.

À celui qui a orné mon nom du plus beau des titres, celui qui m'a soutenue sans condition, et qui m'a offert sans jamais rien attendre en retour.

À celui qui m'a appris que la vie est un combat, et que son arme est la science et le savoir.

À celui qui a semé en moi les plus nobles valeurs... Mon refuge après Dieu, ma fierté et mon honneur : **mon père.**

À celle dont Dieu a placé le paradis sous ses pieds, celle dont le cœur m'a enveloppée avant même ses bras, celle qui a facilité mes épreuves par ses prières... À ce cœur qui ne connaît que le don, ma force, mon réconfort, et la lumière de mon chemin : **ma mère.**

À la combattante silencieuse, la main invisible, celle qui a veillé sur moi depuis l'enfance, et qui a attendu ce moment pour être fière de moi, à celle qui habite mon cœur à jamais... Ma chère **grand-mère.**

À mon pilier solide, à ma source d'inspiration, à ceux sur qui j'ai toujours pu compter, et auprès de **Anes et Meriem**, mes chers frère et sœur.

Qui j'ai puisé ma force : À celle qui fut une sœur et une amie, merci pour ton soutien constant, tu as toujours été la lumière dans mon chemin, et le réconfort sincère à chaque étape : **Amiral.**

Merci à ma compagne de route, partenaire dans l'effort et les défis, celle qui a su rendre ce parcours plus doux et plus beau : **Amina.**

À mes chers amis, ceux qui ont été mon appui, ma joie, ceux qui ont dessiné des sourires dans les moments d'épuisement, et illuminé mes jours sombres : **Chaïma, Marwa, Meriem et Nour El Houda**, merci pour votre présence, votre soutien, et vos cœurs purs. Et enfin...

À moi-même,

Celle qui a résisté, patienté, et poursuivi malgré tout,

tu as été le vrai soutien,

Et l'espoir qui n'a jamais faibli.

Merci à moi.

Ilham

Dédicace 2

Me voilà arrivée...Pas comme je l'avais rêvé au début, ni au moment que je pensais être le mien, mais j'y suis arrivée...Après chaque chute, après chaque larme silencieuse, j'ai tenu bon... et j'ai atteint mon but.
Mon diplôme n'est pas qu'une réussite académique, celle qui rêvait de devenir médecin, mais qui a dû transformer sa douleur en un nouveau rêve, et avancer avec patience... jusqu'à l'accomplissement.

À mon père, mon premier modèle, mon pilier, toi qui as semé en moi l'amour du savoir, qui m'as portée dans les moments de doute, et illuminé mon chemin...Ce travail t'est dédié, en signe de reconnaissance infinie.
À l'âme pure de ma mère, partie trop tôt, mais toujours vivante dans mon cœur et mes prières...Ce diplôme est un hommage pour toi, comme tu l'avais un jour espéré pour moi. Qu'Allah te couvre de Sa miséricorde, et fasse que ce travail soit à ton compte de bonnes actions.

À Manel, ma sœur de cœur et
d'âme, à **Abdel Raouf**, la
prunelle de mes yeux,

À Loudjain, la petite princesse de
sa tante, à mon cher époux, et à tous
ceux qui m'ont dit un jour :

« Continue, tu es capable, tu mérites cette réussite.

» Ce succès est autant le vôtre que le mien.

À Ilham, ma précieuse partenaire de parcours scientifique,
ton énergie positive et ta patience ont rendu ce chemin plus
doux, et le travail plus léger...

Merci du fond du cœur.

À mes amies chères : **Kawther**, **Fathia** et **Meriem**, vous
avez été le baume de mon cœur, le réconfort de mon âme.

Merci pour votre présence, vos mots sincères et votre soutien sans faille.

Votre amitié est un trésor que je chéris profondément.

Quant à moi...

Je suis le fruit d'une longue attente, de fatigue et d'espoir.

Mon histoire est arrivée en retard,

Mais elle est venue comme Dieu l'a voulue pour
moi : pleine de sens, de vérité, et de gratitude.

Amina

Sommaire

Remerciements

Dédicaces1

Dédicaces 2

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des

abréviations

Résumé

Introduction générale. 1

PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Le radis sauvage *Raphanus raphanistrum*

1. Classification.	4
2. Description morphologique	5
3. Propriété biologique.....	5
4. Propriétés chimiques.....	6
5. La répartition géographique.....	7

Chapitre II : Généralités sur les nématodes du genre *Méloïdogyne*

1. Classification.	8
2. Généralités sur les nématodes à galle	9
3. Écologie	9
4. Caractères morphologiques.....	9
5. Biologie et cycle de vie.....	10
6.Épidémiologie.	11
7. Symptômes et dégâts	11
8. Répartition géographique.....	12

9. Gamme d'hôte.....	13
Partie II : Partie expérimentale	
Chapitre III : Matériel et méthodes	
Objectif	14
1. Matériel et méthodes.....	15
1.1. Matériels et solvants utilisés au laboratoire	15
1.2. Matériel biologique	15
1.2.1. Matériel végétal de la plante étudiée	16
1.2.2. Matériel végétal infesté par les nématodes à galles	17
2. Méthodes d'extraction du matériel biologique	18
2.1. Extraction initiale à partir de <i>Raphanus raphanistrum</i>	19
2.1.1. Concentration de l'extrait brut	20
2.2. Extraction de masses d'œufs de <i>Meloidogyne</i> sp.	20
2.3. Fractionnement de l'extrait brut par solvants	21
- Ordre des solvants et types de composés extraits	21
2.3.1. Concentration des fractions extraites.....	23
3. Disposition expérimentale	23
Chapitre V : Résultats et discussion	
1. Résultats.....	24
1.1. Évaluation de la toxicité et de l'effet de <i>R. raphanistrum</i>	24
1.1.1. Variabilité des mortalités de larves J2 à 24h	24
1.1.2. Variabilité des mortalités de larves J2 à 48h	25
1.1.3. Variabilité des mortalités de larves J2 à 72h	26
1.2. Interprétation statistique des effets des traitements	27
-Aspect des nématodes traités.....	27
1.2.1. Analyses de variance (ANOVA)	28
1.2.2. Analyses de TUKEY	29
- TUKEY traitements	30
- TUKEY facteur temps	31
- TUKEY facteur dose.....	32

- TUKEY Fractions*temps	33
- TUKEY Fractions*Dose	34
- TUKEY Temps*Dose	35
- TUKEY Temps*Dose*Fractions	36
2. Discussion.....	37
2.1. Comparaison des résultats statistiques (ANOVA + TUKEY).....	39
Conclusion	41
Références bibliographiques	42

Liste des abréviations

% : Pourcentage

C°: Degré Celsius

F1 : Fraction à l'hexane

F2 : Fraction au dichlorométhane

F3 : Fraction à l'acétate d'éthyle

F4 : Fraction au n-butanol

Fa : Faible dose

Fb : Forte dose

ITAF : Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière

ITCMI : Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles

J2 : Deuxième stade larvaire des nématodes (juvénile stage 2)

MC : Mortalité cumulée

R : Raphanus

r : raphanistrum

Témoin-N : Témoin négatif (eau distillée)

Témoin-P : Témoin positif (produit de référence)

Liste des figures

Figure 1 : Description morphologique de *Raphanus r L.*

Figure 2 : Carte géographique de la répartition de *Raphanus r L.* dans le monde d'après la base de données Global Biodiversity Information Facility (2025).

Figure 3 : Schémas de la morphologie des nématodes à galles du genre *Meloidogyne*, tant pour les femelles (A) que pour les mâles (B) (2019).

Figure 4 : Cycle de vie de *Meloidogyne* (2017).

Figure 5 : Dissémination mondiale des principaux nématodes à galles.

Meloidogyne spp. (2024).

Figure 6 : Google Earth. (06.2025). Image satellite de Beni Tamou, Blida (Algérie).

Figure 7 : préparation de matériel végétale *Raphanus r.* (**A. récoltes**, **B. séchage**, **C. broyage**).

Figure 8 : Google Earth. (06.2025). L'ITCMI région de Staouali Image satellite de (Algérie).

Figure 9 : les racines de tomate fortement infestées à galle.

Figure 10 : Extraction et observation des masse d'œuf de *Meloidogyne* sp à travers de loupe binoculaire.

Figure 11 : fractionnement d'extrait brute de *Raphanus r.* par des solvants de polarité croissante.

Figure 12 : Variabilités des moyennes de mortalité de *Meloidogyne* sp. par traitement à 24h

Figure 13 : Variabilités des moyennes de mortalité de *Meloidogyne* sp. par traitement à 48h

Figure 14 : Variabilités des moyennes de mortalité de *Meloidogyne* sp. par traitement à 72h

Figure 15 : Exploitation des résultats par analyse statistique de variance (ANOVA)

Figure 16 : variable MC% (mortalité cumulée) selon les différentes fractions avec test tukey

Figure 17 : variable MC% (mortalité cumulée) selon les différents temps avec test tukey

Figure 18 : variable MC% (mortalité cumulée) selon les différentes Dose avec test tukey

Figure 19 : variable MC% (mortalité cumulée) deux à deux Fractions*temps avec test Tukey
Liste des figures

Figure 20 : variable MC% (mortalité cumulée) deux à deux Fractions *Dose avec test Tukey

Figure 21 : variable MC% (mortalité cumulée) deux à deux temps*Dose avec test Tukey

Figure 22 : variable MC% (mortalité cumulée) deux à deux temps*Dose*fractions avec test Tukey

Liste des tableaux

Tableau 1. Matériel et solvants utilisés au laboratoire

Tableau 2. Ordre des solvants et types de composés extraits

Tableau 3. Les paramètres d'expérimentation

Tableau 4. Comparaisons multiples de Tukey appliqué à la variable MC% (mortalité Cumulée) selon les différents temps

Tableau 5. Comparaisons multiples de Tukey appliqué à la variable MC% (mortalité cumulée) selon les différents temps

Tableau 6. Comparaisons multiples de Tukey appliqué à la variable MC% (mortalité Cumulée) selon les différentes Dose

Tableau 7. Comparaisons multiples de Tukey appliqué à la variable MC% (mortalité Cumulée) deux à deux Fractions*temps

Tableau 8. Comparaisons multiples de Tukey appliqué à la variable MC% (mortalité Cumulée) deux à deux Fractions *Dose

Tableau 9. Comparaisons multiples de Tukey appliqué à la variable MC% (mortalité cumulée) deux à deux temps*Dose

Tableau 10. Comparaisons multiples de Tukey appliqué à la variable MC% (mortalité cumulée) deux à deux temps*Dose*fractions

Thème : Effet des Brassicacées adventices sur les nématodes à galles

Résumé :

Face aux limites de la lutte chimique contre les nématodes à galles, cette étude explore une alternative biologique fondée sur l'utilisation d'extraits végétaux issus de *Raphanus r.* Un extrait brut ainsi que quatre fractions, obtenues à l'aide de solvants de polarité croissante (hexane, dichlorométhane, acétate d'éthyle et n-butanol), ont été évalués in vitro pour leur activité nématocide sur les larves J2 de *Meloidogyne spp.*, à deux concentrations (250 et 500 µg/ml) et selon trois durées d'exposition (24 h, 48 h, 72 h).

Les résultats révèlent que l'efficacité des traitements dépend de la nature chimique de la fraction, de la dose appliquée et du temps d'exposition. La fraction F4 (n-butanol) et l'extrait brut se sont montrés les plus performants, induisant jusqu'à 100 % de mortalité dès 24 heures à forte concentration. Après 72 heures, tous les traitements (sauf le témoin négatif) ont entraîné une mortalité totale ou quasi totale des larves.

Ces résultats mettent en évidence le potentiel de *Raphanus* en tant que source prometteuse de composés bioactifs pour la lutte biologique contre *Meloidogyne spp.*

Mots clés : Contrôle biologique, Fractions végétales, *Meloidogyne spp.*, Mortalité, Nématodes, *Raphanus r.*

Title: Effect of Wild Brassicaceae on Root-Knot Nematodes

Abstract:

Due to the limitations of chemical control against root-knot nematodes, this study investigates a biological alternative based on the use of plant extracts derived from *Raphanus raphanistrum*. A crude extract and four fractions obtained using solvents of increasing polarity (hexane, dichloromethane, ethyl acetate, and n-butanol) were evaluated in vitro for their nematocidal activity against second-stage juveniles (J2) of *Meloidogyne spp.*, at two concentrations (250 and 500 µg/mL) and over three exposure durations (24 h, 48 h, and 72 h).

Results show that the efficacy of the treatments depends on the chemical nature of the fraction, the applied dose, and the exposure time. Fraction F4 (n-butanol) and the crude extract were the most effective, inducing up to 100% mortality as early as 24 hours at the highest dose. After 72 hours, all treatments (except for the negative control) resulted in total or near-total larval mortality.

These findings highlight *Raphanus raphanistrum* as a promising source of bioactive compounds for the biological control of *Meloidogyne spp.*

Keywords: Biological control, Fractions, *Meloidogyne spp.*, Mortality, Nematodes, *Raphanus raphanistrum*.

موضوع : تأثير الأعشاب الضارة Brassicacée على نيماتودا العقد الجذرية.

الملخص:

أمام محدودية المكافحة الكيميائية ضد نيماتودات العقد الجذرية (*Meloidogyne spp.*)، تسعى هذه الدراسة إلى استكشاف بديل بيولوجي يعتمد على استخدام مستخلصات نباتية مستخرجة من *Raphanus raphanistrum*. تم اختبار مستخلص خام وأربع كسور مستخلصة باستعمال مذيبات ذات قطبية متزايدة (الهكسان، ثنائي كلور الميثان، أسيتات الإيثيل و-n-بيوتانول) في الزجاج (in vitro) من أجل تقييم فعاليتها النيماتودية على يرقات الطور الثاني (J2) من *Meloidogyne spp.* وذلك بتركيزين (250 و 500 ميكروغرام/ل) ولمدة تعريض مختلفة (24 ساعة، 48 ساعة، 72 ساعة).

أظهرت النتائج أن فعالية المعاملات تعتمد على الطبيعة الكيميائية للكسور، والجرعة المطبقة، ومدة التعريض. وقد برهنت الكسور F4 (n-بيوتانول) والمستخلص الخام عن أعلى فعالية، حيث أحدثتا نسبة وفيات بلغت 100% ابتداءً من 24 ساعة عند التركيز العالي. وبعد 72 ساعة، سجلت جميع المعاملات (باستثناء الشاهد السلبي) وفيات كلية أو شبه كلية لليرقات.

تؤكد هذه النتائج الإمكانات الكبيرة لنبات *Raphanus raphanistrum* كمصدر واعد لمركبات فعالة حيويًا يمكن استغلالها

في المكافحة البيولوجية ضد *Meloidogyne spp.*

الكلمات المفتاحية : المكافحة البيولوجية، الكسور النباتية، *Meloidogyne spp.*، الوفيات، النيماتودا، *Raphanus raphanistrum*.

Introduction

La santé du sol est sa capacité à fonctionner au sein des limites de l'écosystème afin de soutenir la productivité biologique, de maintenir la qualité environnementale et de favoriser la santé des plantes et des animaux, (Doran, Sarrantonio, & Liebig, 1996).

Un sol sain doit pouvoir soutenir des processus vitaux tels que l'ancrage des plantes et l'apport en nutriments, conserver des propriétés optimales de l'eau et du sol, soutenir les réseaux trophiques, recycler les nutriments, maintenir la diversité microbienne, éliminer les polluants et séquestrer les métaux lourds. Les phytopathologistes affirment que la suppression des maladies devrait également être fonction de la santé du sol (Wang & McSorley, 2005).

La productivité agricole mondiale est constamment menacée par la pression croissante des agents pathogènes du sol, parmi lesquels les nématodes à galles, appartenant au genre *Meloidogyne*, représentent l'un des ravageurs les plus redoutables. Capables d'infecter plus de 3000 espèces végétales, ces parasites provoquent des malformations racinaires caractéristiques, nuisent à l'absorption des éléments nutritifs et engendrent des pertes économiques considérables, notamment dans les cultures maraîchères et fruitières (Jones et al., 2013).

Pour limiter ces dégâts, les agriculteurs ont longtemps eu recours à des nématicides chimiques, dont l'efficacité immédiate s'accompagne toutefois d'effets secondaires graves tels la contamination des sols et des eaux, l'impact sur la santé humaine, l'accumulation de résidus dans les aliments, et le développement de résistances chez les organismes cibles (Desaeger et al., 2020). Ces limites ont suscité un intérêt croissant pour la mise en place de méthodes alternatives, écologiquement viables et moins toxiques.

Parmi les approches étudiées, l'utilisation de plantes produisant des métabolites secondaires bioactifs apparaît comme une piste prometteuse. C'est notamment le cas de la famille des Brassicaceae, reconnue pour sa richesse en glucosinolates, dont l'hydrolyse libère des composés à fort potentiel nématicide tels que les isothiocyanates (Zasada & Ferris, 2004 ; Dutta et al., 2019). Ces molécules sont capables d'affecter directement les larves de nématodes, en perturbant leur métabolisme ou en détruisant leur cuticule.

En Algérie, la problématique des ravageurs telluriques est également préoccupante. Les nématodes à galles sont responsables de nombreux cas de dépérissement dans les serres comme en plein champ, notamment sur des cultures sensibles telles que la tomate, le poivron, l'aubergine et la pomme de terre. Des enquêtes phytosanitaires menées dans

différentes régions agricoles du pays ont révélé une infestation fréquente par *Meloidogyne incognita* et *Meloidogyne javanica*, avec des pertes de rendement pouvant dépasser 50 % dans les cas sévères (Bessadok et al., 2021 ; Bentounsi et al., 2012).

Dans le but de développer des stratégies de lutte intégrée et d'améliorer les conditions des pratiques respectueuses de l'environnement, la présente étude vise à évaluer l'activité nématocide de l'extrait brut et de ses quatre fractions obtenues à partir de *Raphanus raphanistrum*, testées à deux concentrations, sur la mortalité des larves J2 de *Meloidogyne* spp., au laboratoire.

L'objectif est d'explorer les traitements les plus efficaces , de déterminer les types de composés bioactifs potentiellement impliqués, et d'explorer le potentiel de cette plante comme alternative naturelle aux nématocides chimiques dans une approche de gestion durable des ravageurs.

Première partie : Etude bibliographique¹

Chapitre I : Le radis sauvage *Raphanus raphanistrum*

Depuis l'Antiquité, les plantes sauvages comestibles sont collectées par les humains pour être utilisées comme nourriture source. De plus, en raison de la présence de composés biologiquement actifs, nombreuses de ces plantes, ou leurs parties, sont également utilisées en médecine traditionnelle (Ferreira, Morales, & Barros, 2016).

Les Brassicacée, connues sous le nom de Crucifères ou de famille de la moutarde, forment un groupe monophylétique qui regroupe environ 338 genres et près de 3 709 espèces réparties à travers le monde. Cette famille recèle de nombreuses espèces à fort intérêt économique, utilisées tant pour l'ornement que pour la culture maraîchère, la production d'huiles industrielles et alimentaires, le fourrage, ou encore pour leurs condiments, (Al-Shehbaz et al., 2006).

Parmi elles, *Raphanus r* est une mauvaise herbe annuelle, bisannuelle ou vivace abondante dans les vignes, les décombres, les bords de chemins. Selon Cheam et Code (1995), le mot « Raphaël » dériverait du grec, combinant « Ra », signifiant « rapidement », et « phanomai », qui évoque la germination et la croissance rapide des semis.

1. Classification

La classification taxonomique de *Raphanus r* selon (Linné, 1753) est la suivante :

- **Règne** : Plantae
- **Sous-règne** : Tracheobionta (plantes vasculaires)
- **Division** : Magnoliophyta (Angiospermes, plantes à fleurs)
- **Classe** : Magnoliopsida (Dicotylédones)
- **Sous-classe** : Dilleniidae
- **Ordre** : Brassicales
- **Famille** : Brassicaceae (Crucifères)
- **Tribu** : Brassiceae
- **Genre** : *Raphanus* L.

Espèce: *Raphanus raphanistrum* L.

1 . Description morphologique :

Raphanus r est une espèce annuelle hivernale présentant une hauteur de 30 à 60 cm (Warwick et al., 2000a). Les feuilles inférieures sont pennées et profondément disséquées, comportant de 2 à 5 paires de folioles espacées ainsi qu'un terminal à grand segment. Les feuilles supérieures, quant à elles, sont simples, non divisées et se rétrécissent en un court pétiole (Anonyme, 2024b) Les fleurs, blanches ou jaunes, sont marquées par des veines violettes bien visibles (Lyshede, 1982) (figure 1).

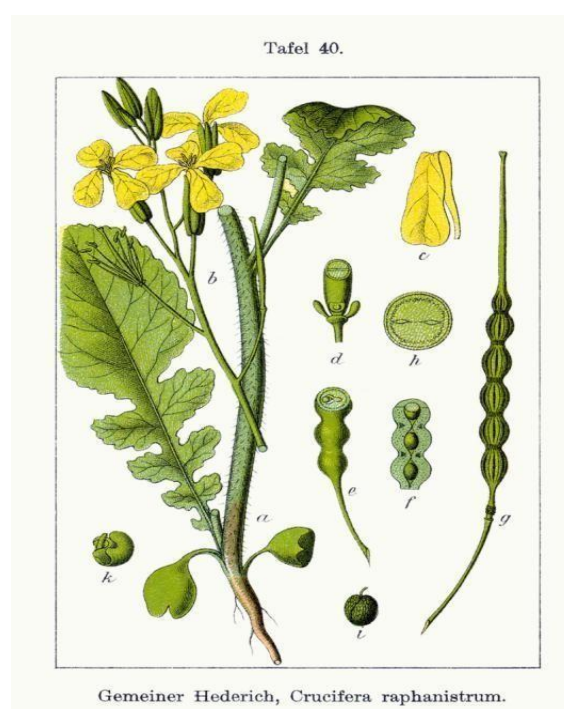


Figure 1 : Description morphologique de *Raphanus r* L.

(Jacob Sturm (1771–1848)).

2 Propriétés Biologiques :

La germination des graines de radis sauvage débute avec les premières pluies abondantes de mai, sans que la lumière n'ait un effet significatif sur ce processus (Mekenian et Willemsen, 1975). Un léger travail du sol, en enfouissant les graines, favorise leur germination. La majorité des graines germent dans les premiers centimètres du sol, mais certaines peuvent émerger jusqu'à 8 cm de profondeur. La floraison survient trois à six semaines après l'émergence et se prolonge durant environ sept semaines. En tant qu'espèce à floraison indéterminée, celle-ci s'étale de juin à septembre. La production de graines dépend fortement de la réussite de la pollinisation, le radis sauvage pouvant utiliser le pollen d'autres crucifères (Kay, 1976 ; Stanton, 1984 ;

Conner et al., 1995). Chaque silique renferme d'une à dix graines, avec une moyenne de 150 graines par plant, ce nombre pouvant augmenter selon la taille de la plante. Bien que les siliques restent fermées à maturité, elles se brisent facilement en plusieurs segments contenant chacun une graine, ce qui complique le battage et entraîne une dispersion partielle des graines dans le champ (Warwick et al., 2000).

3 Propriétés chimiques :

La composition phytochimique du radis sauvage (*Raphanus r*) est particulièrement riche en composés bioactifs (Mannai et al., 2021), notamment en glucosinolates, isothiocyanates et en composés phénoliques reconnus pour leurs effets inhibiteurs potentiels sur différents agents pathogènes, (Mannai et al., 2021).

Les glucosinolates (GSL) sont des composés soufrés que l'on retrouve naturellement dans certaines familles de plantes dicotylédones, en particulier chez les Brassicacées. Ils jouent un rôle central dans le système de défense de ces végétaux, en les aidant à se protéger contre divers ravageurs et agents pathogènes. Lors de leur dégradation, ces composés libèrent des substances bioactives capables d'influencer la composition des communautés microbiennes du sol, notamment les champignons, les nématodes et les bactéries. Parmi ces produits de dégradation, les isothiocyanates (ITC) se démarquent par leur forte activité biocide, ce qui leur confère un réel potentiel en lutte biologique.

Ils sont notamment efficaces contre certains parasites du sol tels que les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) (Reau et al., 2005).

4 Répartition géographique :

Le radis sauvage est une espèce originaire d'Afrique du Nord, d'Europe et de certaines régions d'Asie (Holm et al., 1991). Aujourd'hui, il est largement répandu à travers tous les continents (Warwick & Francis, 2005) (figure 2). En Algérie, cette plante est considérée comme relativement rare dans les cultures annuelles et pérennes, bien qu'on puisse également la retrouver dans des milieux perturbés comme les habitats rudéraux ou les zones de repos du bétail (Kazi Tani et al., 2021). L'espèce *Raphanus r*.

montre une préférence marquée pour les sols meubles, sablonneux et modérément riches en azote (Tela Botanica, 2024). Du point de vue agronomique, il est généralement classé parmi les adventices mineures. Sa présence, souvent sporadique et peu dense, limite son impact nuisible sur les cultures (Barralis, Michel, & Cavelier, 1991).

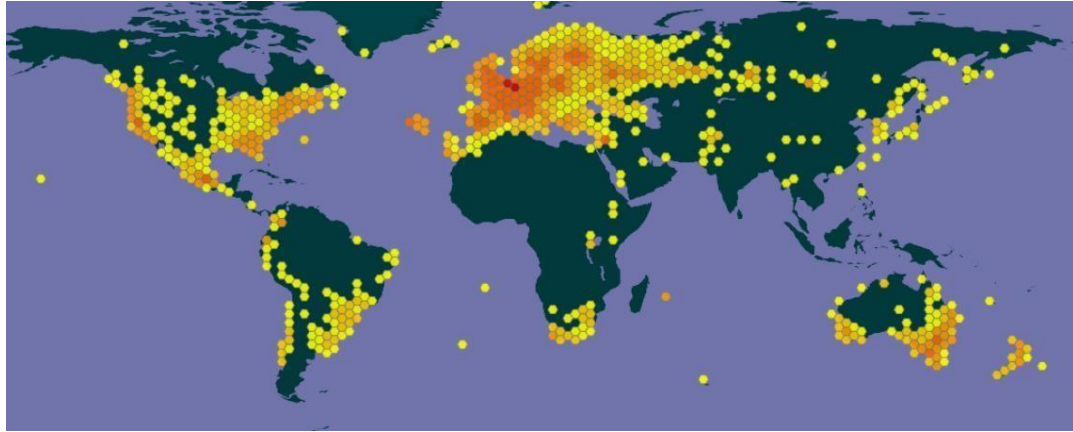


Figure 2 : Carte géographique de la répartition de *Raphanus raphanistrum* L. dans le monde (GBIF, 2025).

Chapitre II :
Généralités sur les nématodes du genre *Meloidogyne*

Les nématodes phytoparasites sont des ravageurs majeurs en agriculture, causant plus de 100 milliards de dollars de pertes annuelles à l'échelle mondiale. Ces vers microscopiques, transparents et munis d'un stylet creux, mesurent entre 300 et 1500 μm de long et 15 à 35 μm de diamètre, (Bélair, 2005).

Ces parasites du sol attaquent les systèmes racinaires des plantes, entraînant des pertes de rendement significatives en perturbant l'absorption des nutriments et de l'eau (Perry & Moens, 2011).

Diverses études ont été réalisées pour recenser les espèces connues en Algérie de nématodes phytoparasites associées aux cultures agricoles. Une recherche menée sur les cultures maraîchères a ainsi identifié 24 espèces de nématodes, dont 78,26 % sont des parasites des plantes. Selon (Université de Blida, s.d), parmi les genres les plus problématiques est signalé le genre (*Meloidogyne spp.*), responsable des galles racinaires. Le cycle biologique des *Meloidogyne spp* et leur capacité d'adaptation leur permettent d'infester un large éventail de cultures, rendant leur gestion particulièrement complexe. Leur impact économique est considérable, notamment dans les systèmes agricoles intensifs où la monoculture favorise leur prolifération (Jones et al., 2013).

1. Classification

La classification taxonomique selon (Reddy, 1983) est la suivante :

- **Règne** : Animalia
- **Embranchement** : Nematelminthes
- **Classe** : Nematoda
- **Sous classe** : Secernentea
- **Ordre** : Tylenchida
- **Sous ordre** : Tylenchina
- **Super famille** : Tylenchoidea
- **Famille** : Heteroderidae
- **Sous famille** : Meloidogynae
- **Genre** : *Meloidogyne*

3. Généralités sur les nématodes à galle

Les nématodes à galles (*Meloidogyne*), également connus sous le nom de Nématodes à nœuds racinaires (RKN), sont des parasites microscopiques appartenant à la famille des Tylenchida. Présents dans le sol, ces petits vers ronds s'attaquent à une large variété de cultures agricoles ainsi qu'à des plantes adventices. Leur mode de nutrition entraîne la formation de renflements caractéristiques, appelés galles, sur les racines des plantes qu'ils infestent. Cette situation compromet gravement leur

développement et réduit considérablement leur rendement. En cas d'infestation sévère, les galles peuvent envahir l'ensemble du système racinaire.

Les *Meloidogyne* sont des endoparasites sédentaires, ce qui signifie qu'ils s'installent à l'intérieur des racines vivantes et créent un site d'alimentation fixe pour mener à bien leur cycle de vie (Ye et al., 2019).

4. Écologie

Le développement des nématodes à galles est étroitement dépendant des conditions environnementales et le sol :

- **Température** : Un climat chaud (~25 °C) favorise leur cycle de vie en l'accéléralant. Toutefois, au-delà de 40 °C, leur activité est fortement ralentie, voire stoppée par un effet létal, exploité notamment lors des suppressions à la vapeur. Ainsi, les infestations débutent généralement en mars et s'atténuent progressivement jusqu'en octobre
- **Sol** : Les nématodes privilégient les sols légers et bien aérés, qui facilitent leurs déplacements, contrairement aux sols lourds, riches en argile ou en matière organique, qui les entravent. De plus, ces parasites peuvent s'enfoncer à plus de 50 cm de profondeur dans le sol. (Bertrand, 2001).

5. Caractères morphologiques

Les *Meloidogyne* se distinguent par un dimorphisme sexuel très marqué (figure 3). Ils possèdent des stylets jouant un rôle primordial dans leur nutrition.

Les femelles : présentent une morphologie piriforme et affichent des teintes blanches. Leur taille varie généralement entre 0,40 et 1,30 millimètres de longueur, avec une largeur oscillante entre 0,27 et 0,75 millimètres. Chacune de ces femelles a la capacité de féconder environ 500 œufs, qui sont par ailleurs encapsulés dans une substance gélatineuse (Perry, Moens, & Starr, 2009)

Le mâle : est vermiforme et mesure 1 à 2 mm de long et 30 μm de large. Son stylet est court mesurant 19 à 44 μm . Leur action est secondaire sur l'hôte (AGRIOS, 2005). La queue est courte et hémisphérique, les spicules sont robustes et le Bursa est absent (HUNT *et al.*, 2005).

Les larves : Les larves de deuxième stade (J2) de *Meloidogyne spp.* Constituent le stade infectieux. Elles sont vermiformes, élancées et mesurent en moyenne 400 à 500 μm de long pour 15 μm de large. Le stylet, robuste et long d'environ 12 à 15 μm , présente des nœuds distincts, tandis que la queue, conique et effilée, se termine par une région hyaline caractéristique. Ces caractères morphologiques sont essentiels pour l'identification des espèces du genre *Meloidogyne* (Perry, Moens, & Starr, 2009).

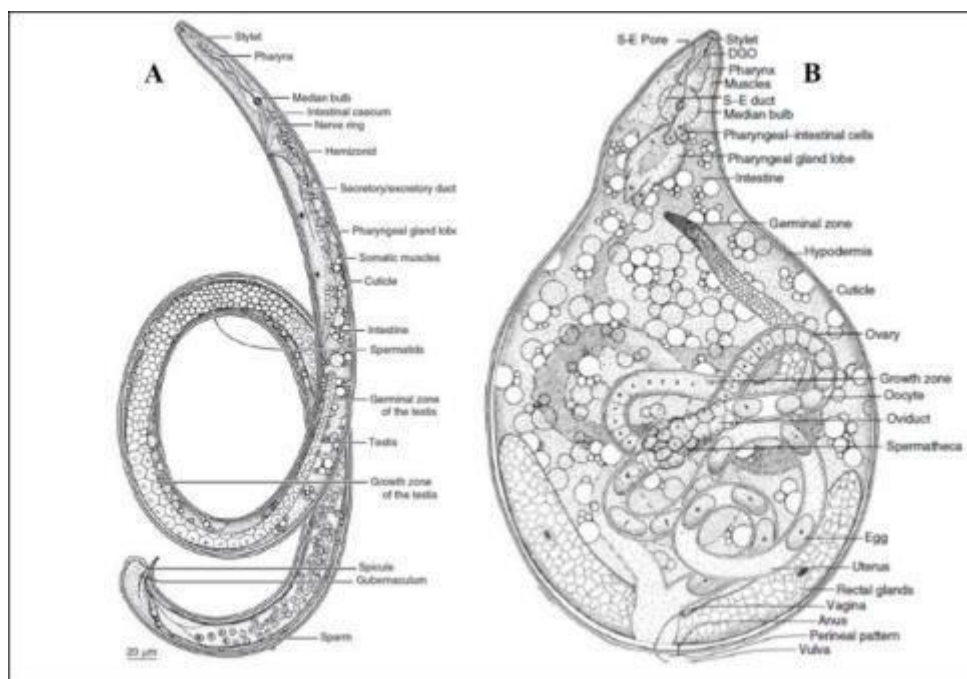


Figure 3 : Morphologie des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* (femelles (A), mâles (B) (Rashidifard., 2019).

6. Biologie et cycle de vie

Le cycle de vie des nématodes à galles comporte deux phases : une phase d'invasion racinaire au stade larvaire et une phase d'élaboration d'un site nourricier dans le cylindre central de la racine. Ce site, induit par les sécrétions salivaires du parasite, est composé

de 5 à 6 cellules géantes hypertrophiées permettant son alimentation sans déplacement. En 3 à 8 semaines, les larves évoluent en femelles obèses qui pèsent entre 300 et 3000 œufs dans une gangue mucilagineuse à l'extérieur des racines. Plusieurs cycles peuvent se succéder annuellement, avec des densités pouvant atteindre 200 000 larves par kg de sol. Les œufs, dotés d'une grande résistance aux conditions abiotiques défavorables, assurent la pérennité de l'espèce sur plusieurs années, bien que les températures soient basses. (Caporalino 2009).

7. Épidémiologie

Le cycle de vie commence à partir de l'œuf (figure 4). Le premier stade (J1) reste à l'intérieur de l'œuf, mue et devient J2, le seul stade mobile et infectieux. Le J2 pénètre dans les racines via les cellules intercellulaires et atteint la zone de différenciation, où il injecte des sécrétions œsophagiennes qui provoquent la formation de cellules géantes. Si le nématode meurt, les cellules géantes dégénèrent également (Mitkowski & Abawi, 2011).

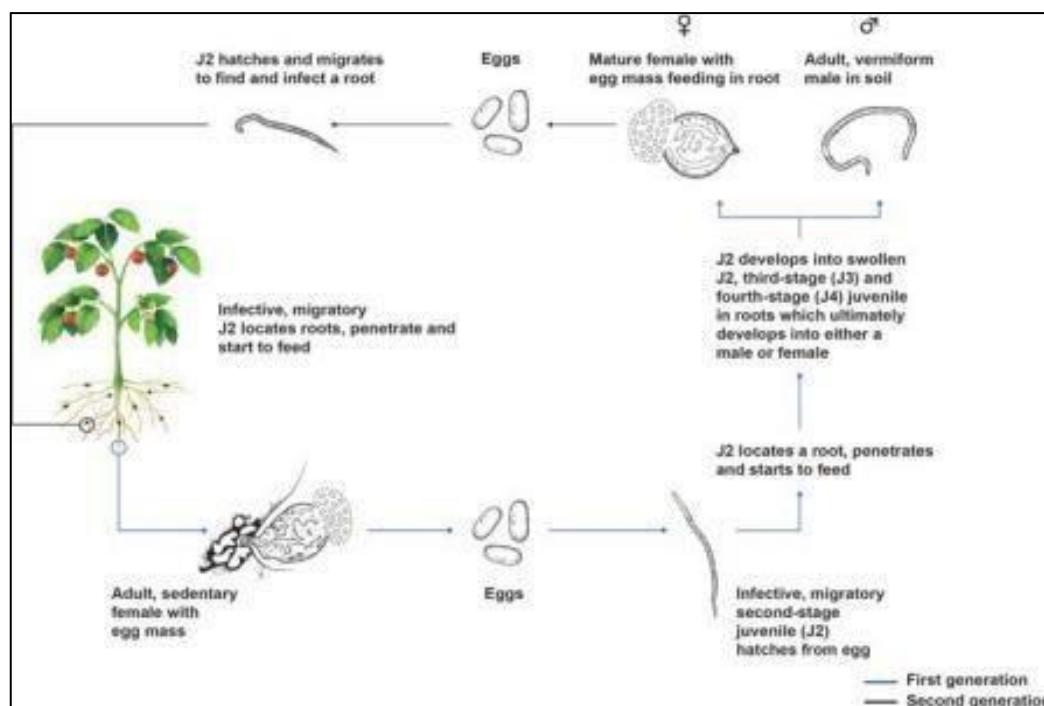


Figure 4 : Cycle de vie de *Meloidogyne* (Hannes Visagie, 2017).

8. Les symptômes et dégâts

Selon Fertilab., (2018), les dégâts des nématodes du genre *Meloidogyne* se produisent principalement dans la région radicale, car il existe plus disponibilité de la nourriture et sa reproduction est plus efficace. Les états juvéniles causent des dommages plus importants, qui sont causés lors de l'alimentation du nématode en raison des sécrétions salivaires libérées lors de l'alimentation, en générant des nodules dans les tissus radiculaires. La gravité des dommages varie en fonction du degré d'infestation par le nématode, l'espèce de celui-ci et la plante.

Les symptômes les plus significatifs de nématodes phytopathogènes du genre *Meloidogyne* sont :

- Réduction du système racinaire.
- Formation de nodules à la racine
- Coloration anormale et déformation
- Réduction de la taille de l'usine
- Nécrose en feuilles.
- Affaiblissement de la plante.
- Mort des plantes.

9. Répartition géographique

Environ 100 espèces de *Meloidogyne* ont été décrites partout dans le monde, dans diverses conditions géographiques : les zones tropicales, subtropicales et tempérées. (Khan et al., 2014).

On les trouve sur tous les continents (figure 5) : Amérique du Nord et du Sud, Europe, Afrique, Asie et Australie. La zone la plus touchée au monde se situe entre les latitudes 35° N et 35° S, (Taylor & Sasser, 1978). En Algérie, les espèces *M. javanica* et *M. Incognita* se trouvent au nord, tandis que les espèces *Hapla* et *Arenaria* sont situées au sud.



Figure 5 : Dissémination mondiale des principaux nématodes à galles, *Meloidogyne* spp. (Vashisth et al., 2024).

10. Gamme d'hôtes

Les nématodes appartenant au genre *Meloidogyne* spp. Prolifèrent sur une vaste sélection de plantes hôtes. Ils sont hautement polyphages et ont la capacité d'infecter plus de 5 500 variétés de plantes, y compris des légumes, des céréales et des adventices. Les cultures maraichères pouvant être infestées sont la tomate, laitue, chou, poivron, aubergine, melon, concombre, courgette, carotte, céleri, haricot, patate douce, banane... . (Blancard, 2021)

Chapitre III : Matériel et méthode

Objectif

Cette étude a pour objectif d'évaluer le potentiel nématocide d'un extrait brut ainsi que de quatre fractions obtenues à partir du radis sauvage (*Raphanus raphanistrum*), préparées à l'aide de solvants de polarités différentes. Ces extraits ont été testés à deux concentrations sur la mortalité des larves J2 de *Meloidogyne* sp. L'étude vise à identifier les fractions les plus efficaces et à formuler des hypothèses sur les types de composés bioactifs impliqués, en vue de contribuer à une gestion durable des nématodes en agriculture.

1. Matériel et méthode

1-1. Matériel et solvants utilisés au laboratoire

Le matériel et les solvants utilisés sont mentionné dans le tableau suivant :

Matériel utilisé			Solvants
Boîtes de Pétri stériles	Micropipette (1mL)	Loupe binoculaire	Acétate d'éthyle
Parafilm	Papier absorbant	Balance de précision	Eau distillée
Bécher gradué	Entonnoir	Agitateur Magnétique	N-butanol
Tube à essai	Récipient	Etuve	Hexane
Erlenmeyer	Ampoules à décanter	Vortex	Dichlorométhane
Papier filtre	Ciseaux	Flacons	Ethanol
Barreaux Magnétiques	Tamis	Pincettes de laboratoire	Méthanol

Tableau 1. Matériel et solvants utilisés au laboratoire

1.2. Matériel biologique

1.2.1. Matériel végétal de la plante étudiée

La récolte des échantillons de *Raphanus r.* a été réalisée au sein de verger de pêchers (parc à bois de rosacée à noyau) sur le site de l'ITAF de Beni Tamou (Wilaya de Blida). La partie aérienne de la plante a été prélevée durant la période de floraison, lors de plusieurs excursions

effectuées au mois de février. Suite à la récolte, les parties collectées ont été soumises à une procédure de séchage dans une étuve à 40 °C pendant huit jours afin d'assurer un séchage complet. Par la suite, les échantillons ont été broyés en une fine poudre.



Figure 6 : Google Earth. (06.2025). Image satellite de Beni Tamou, Blida (Algérie)



Figure 7 : Préparation du matériel végétale *Raphanus r.* (A. récoltes, B. séchage, C. broyage)

1.2.2. Matériel végétal infesté par les nématodes à galles

Le matériel biologique de ces essais consiste en des nématodes du genre *Meloidogyne*, responsables de galles racinaires. Prélevés le 27 mai 2025, ils proviennent de racines de tomates infestées collectées dans une serre de l'ITCMI, région de Staouali (Wilaya d'Alger).



Figure 8 : Google Earth. (06.2025). L'ITCMI région de Staouali Image satellite de (Algérie).

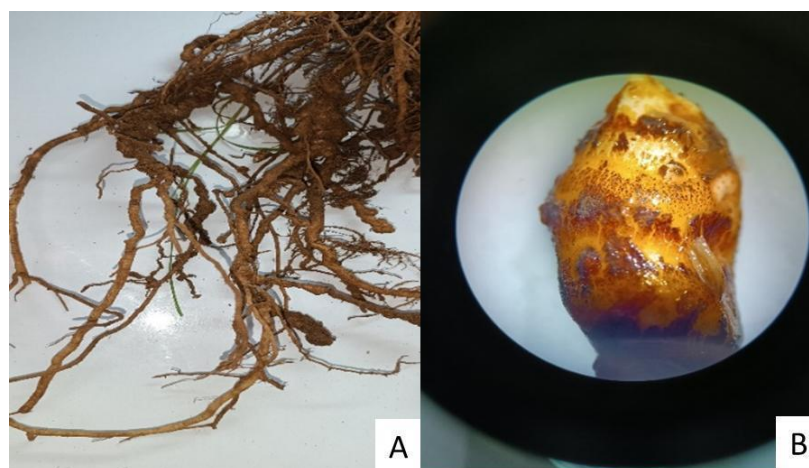


Figure 9 : les racines de tomate fortement infestées de galle

Légende :

- A. Racine infestées
- B. Une galle sous loupe binoculaire avec des grossissements de (4×10)

2. Méthodes d'extractions du matériel biologique

2.1. Extraction initiale à partir de *Raphanus r.*

Une quantité de 100 g de poudre végétale a été introduite dans un erlenmeyer contenant 1 L de méthanol. La macération a été réalisée sous agitation modérée (100 rpm) à température ambiante pendant une période de 24 heures. Par la suite, le mélange a été soumis à un filtrage à l'aide de papier filtre (Wattman n°1) afin d'éliminer les particules végétales résiduelles.

2.1.1. Concentration de l'extrait brut

Après filtration, l'extrait aqueux brut a été concentré. Le filtrat a été placé dans des boîtes de Pétri et incubé à 45 °C pendant 24 heures. Cela a permis l'élimination du méthanol et l'obtention d'un résidu sec concentré. Ce résidu représente la fraction bioactive qui sera utilisée pour les étapes de fractionnement.

Après le séchage de l'extrait méthanolique pour éviter tout traces d'humidité résiduelle, ce dernier a été pesé, affichant des masses respectives de 19g.

2.2. Extraction de masses d'œufs de *Meloidogyne* sp à partir des galles racinaires

Les masses d'œufs ont été extraites manuellement des tissus racinaires des plants de tomate infestés à l'aide d'une pince fine. Sous observation à la loupe binoculaire, avec des grossissements de (4,5×10) et (4×10), cette méthode a permis de récupérer les masses d'œufs. Celles-ci ont été prélevées avec soin, puis transférées dans des boîtes de Pétri contenant de l'eau distillée. Les boîtes ont ensuite été placées dans une étuve réglée à 25 °C pendant une période de cinq jours pour une incubation, afin de favoriser l'éclosion des juvéniles de deuxième stade (J2).

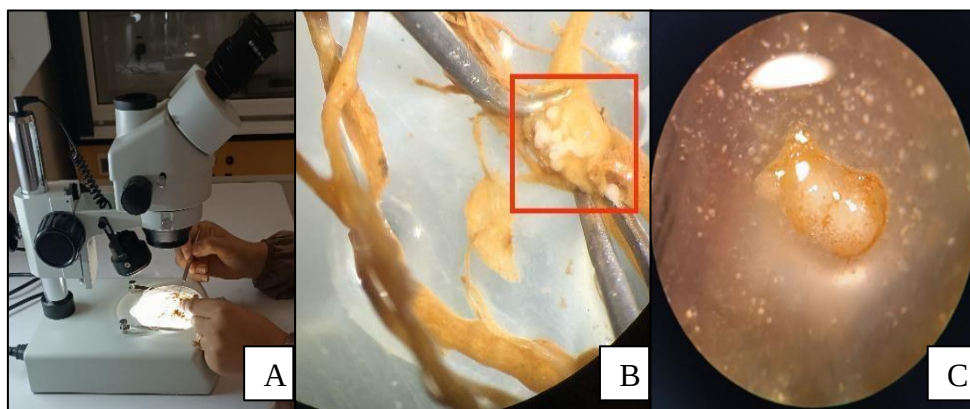


Figure 10 : Extraction et observation des masse d'œuf de *Meloidogyne* sp à travers de loupe binoculaire.

Légende :

- A. Extraction à travers loupe binoculaire
- B. La galle qui contient des femelles de *Meloidogyne* sp

C. La masse d'œuf de *Meloidogyne* sp observé sous loupe binoculaire avec des grossissements de (4×10)

3. Fractionnement de l'extrait brut sec de *R. raphanistrum* par solvants avec polarité croissante

Le fractionnement de l'extrait brut de *R. raphanistrum* a été effectué en suivant un gradient croissant de polarité, utilisant successivement hexane, dichlorométhane, acétate d'éthyle et N-butanol. Cette méthode permet une séparation efficace des composés selon leur polarité. Une quantité de 10 g de l'extrait brut de *R. raphanistrum* a été remise en suspension dans une solution hydroalcoolique à 20 % v/v, préparée avec 80 ml d'eau distillée et 20 ml d'éthanol. Le mélange a été agité pendant 10 minutes pour assurer une solubilisation homogène. Après l'ajout du solvant, la solution a été dégazée à trois reprises en ouvrant l'ampoule à décanter, pour éviter une surpression. Puis, 50 ml du solvant organique ont été ajoutés pour entamer le fractionnement liquide-liquide selon l'ordre de fractionnement séquentiel.



Figure 11 : fractionnement d'extrait brute de *Raphanus raphanistrum*. par des solvants de polarité croissante

2.3.1. Ordre des solvants et types de composés extraits

Solvant	Indice de polarité	Type de composés extraits
Hexane	0,1	Composés moins polaires tels que les lipides, les terpènes et les hydrocarbures
Dichlorométhane	3,1	Composés légèrement polaires, y compris certains alcaloïdes, stéroïdes et composés aromatiques
Acétate d'éthyle	4,4	Composés modérément polaires tels que les flavonoïdes, les tanins et certains phénols
N-Butanol	4,0	Composés polaires, notamment les glycosides, les saponines et les composés phénoliques hautement polaires

Tableau 2. Ordre des solvants et types de composés extraits

2.3.2. Concentration des fractions extraites

Après récupération des phases organiques du fractionnement séquentiel, chaque fraction a été placée dans des boîtes de Pétri et incubée à 34 °C pour permettre l'évaporation des solvants. Cette opération visait à obtenir les résidus secs, qui ont ensuite été conservés à 4 °C dans des flacons hermétiquement fermés pour les essais biologiques.

Après le séchage des fractionnements pour éviter tout traces d'humidité résiduelle, ce dernier a été pesé, affichant des masses respectives :

- Hexane : 2,8 g
- Dichlorométhane : 2 g
- Acétate d'éthyle : 1 g
- N-Butanol : 2,1 g

3. Disposition expérimentale

Cette étude vise à évaluer l'effet nématocide de quatre fractions d'un extrait végétal, testées à deux concentrations (250 et 500 µg/ml), sur les larves J2 de *Meloidogyne* sp. Les larves ont été extraites à partir des racines infestées, incubées pour l'éclosion, puis sélectionnées pour obtenir un effectif uniforme.

Les deux doses suggérées (250 µg/ml et 500 µg/ml) dans le protocole sont basées sur une pratique courante dans les études in vitro d'évaluation d'extraits végétaux contre les larves J2 de *Meloidogyne* sp. Elles représentent des doses faibles à modérées permettant d'identifier un effet dose-dépendant, tout en évitant une toxicité excessive ou une absence totale d'effet (Abdel- Rahman, 2012 ; Ismail et al., 2023)

Les traitements incluent extrait brut et ses quatre fractions à deux doses, un témoin négatif (eau distillée ou solvant) et un témoin positif (nématocide commercial homologué N° 045602 Vydate L). Chaque traitement a été répété trois fois, soit un total de 32 boîtes de Pétri (26 pour les fractions et 6 pour les témoins). Dans chaque boîte, 6 larves J2 ont été placées dans 1 ml de suspension, puis mélangées à 1 ml de solution de traitement. Les boîtes ont été incubées à 25°C dans l'obscurité.

Les larves mortes ont été comptées après 24 h, 48 h et 72h. Les J2 immobiles et non réactifs étaient considérés comme morts. Le taux de mortalité a été calculé, puis corrigé selon la formule de Schneider-Orelli pour éliminer l'effet de mortalité naturelle observée dans le témoin négatif

Le tableau suivant présente les paramètres de l'expérimentation :

Élément	Code utilisé	Explication
Fraction	F1, F2, F3, F4	Quatre fractions différentes de l'extrait végéta
Dose faible	Fa	« Faible » : 250 µg/ml
Dose forte	Fb	« Forte » : 500 µg/ml
Témoin négatif	Témoin-N	L'eau distillée
Témoin positif	Témoin-P	Nématocide standard
Répétition	1, 2, 3	Numéro de la répétition (3 par traitement)

Tableau 3. Les paramètres d'expérimentation

4. Calcul du taux de mortalité

$$\text{Mortalité (\%)} = (\text{J2 morts} / \text{J2 totaux}) \times 100$$

Chapitre IV :Résultats et discussion

1. Résultats

1.1. Évaluation de la toxicité et l'effet de l'extrait brut méthanolique de *R. raphanistrum* et ses fractions obtenues par fractionnement de polarité croissante

Dans ce chapitre, nous allons exposer la totalité des résultats relatifs à l'efficacité et aux effets des différents traitements appliqués de l'extrait brut de *R. raphanistrum* ainsi qu'à ses quatre fractions (n-Héxane, dichlorométhane, acétate d'éthyle et n-butanol) contre les larves de J2 de *Meloidogyne sp.*, tout dans les conditions de laboratoire en comparaison avec un témoin négatif (eau distillée) et un témoin positif (produit de référence homologué : Vydate L).

1.1.1. Variabilité des mortalités de larves J2 de *Meloidogyne sp.* par les traitements à 24h

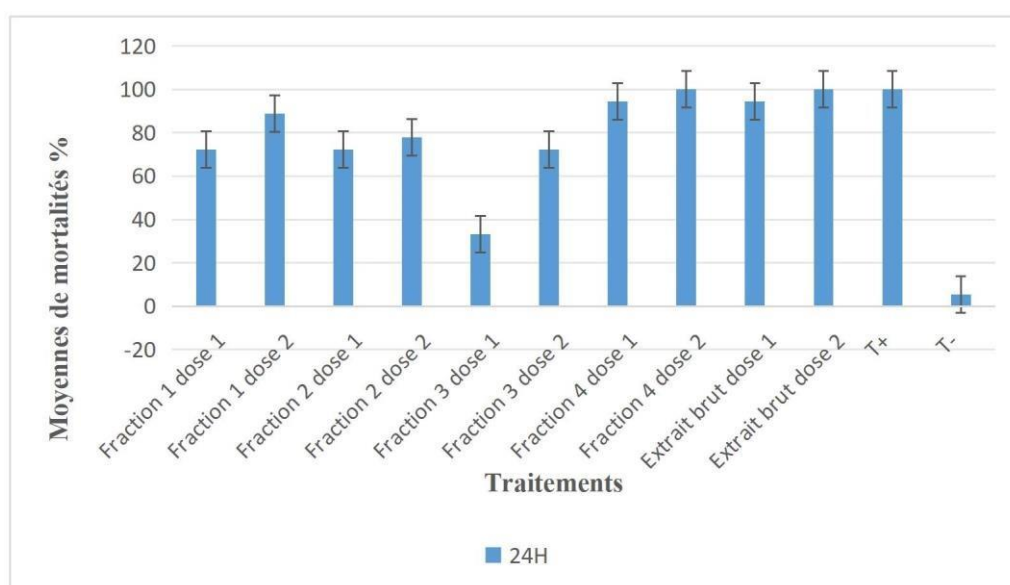


Figure 12 : Variabilités des moyennes de mortalité de *Meloidogyne sp.* par traitement à 24h

D'après les résultats obtenus après 24 heures, la mortalité de *Meloidogyne sp.* présente des variations significatives en fonction des traitements administrés. Ces traitements peuvent être classés en six catégories selon leur pourcentage de mortalité :

- Groupe A : regroupe les extraits les plus performants, à savoir la fraction 4 à forte concentration (500 µg/ml, n-butanol) et l'extrait brut à forte concentration (500 µg/ml), avec une mortalité atteignant 100 %.
- Groupe B : inclut les traitements à haute efficacité, notamment l'extrait brut à concentration moyenne (250 µg/ml), la fraction 4 à concentration moyenne (250 µg/ml) et le témoin positif, affichant une mortalité d'environ 94,4 %.

- Groupe C : renferme la fraction 1 à forte concentration (500 µg/ml), avec une mortalité de 88,8 %.
- Groupe D : regroupe les traitements à efficacité modérée, tels que la fraction 2 à forte concentration (500 µg/ml), avec une mortalité de 77 %.
- Groupe E : regroupe les traitements moins efficaces, tels que la fraction 1 à concentration moyenne (250 µg/ml), la fraction 2 à concentration moyenne (250 µg/ml) et la fraction 3 à forte concentration (500 µg/ml), avec une mortalité de 72 %.
- Groupe F : correspond au traitement le moins efficace, à savoir la fraction 3 à concentration moyenne (250 µg/ml), avec une mortalité réduite à 33,3 %.

1.1.2. Variabilité des mortalités de larves J2 de *Meloidogyne sp.* par les traitements à 48h

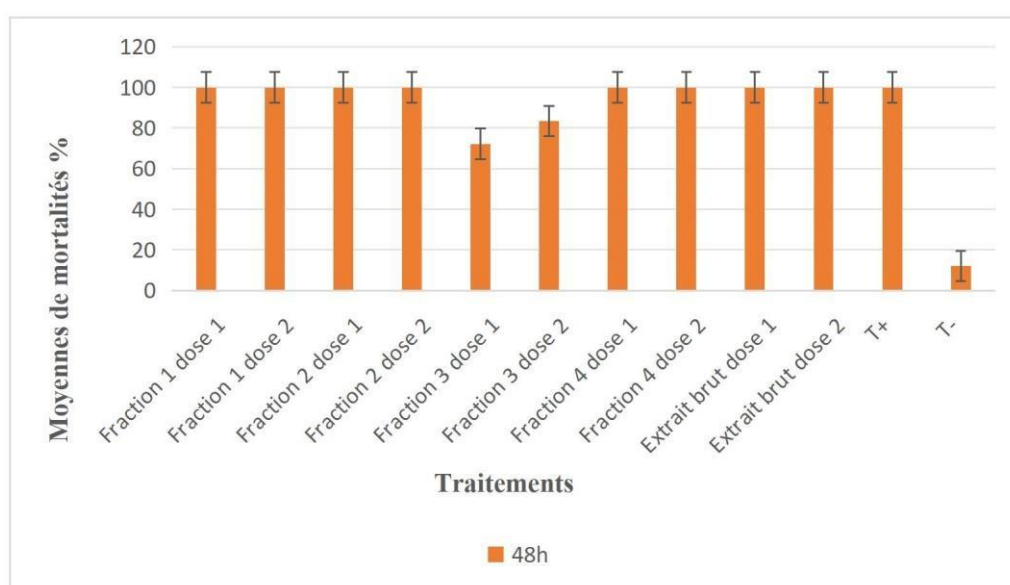


Figure 13 : Variabilités des moyennes de mortalité de *Meloidogyne sp.* par traitement à 48h

Après 48 heures d'exposition, une mortalité totale de *Meloidogyne sp.* (100 %) a été observée pour l'ensemble des traitements, à l'exception de la fraction 2 à la dose de 250 µg/mL, de la fraction 3 à la même dose, ainsi que du témoin négatif, qui ont affiché des mortalités nettement inférieures.

1.1.3. Variabilité des mortalités de larves J2 de *Meloidogyne sp.* Par les traitements à 72h

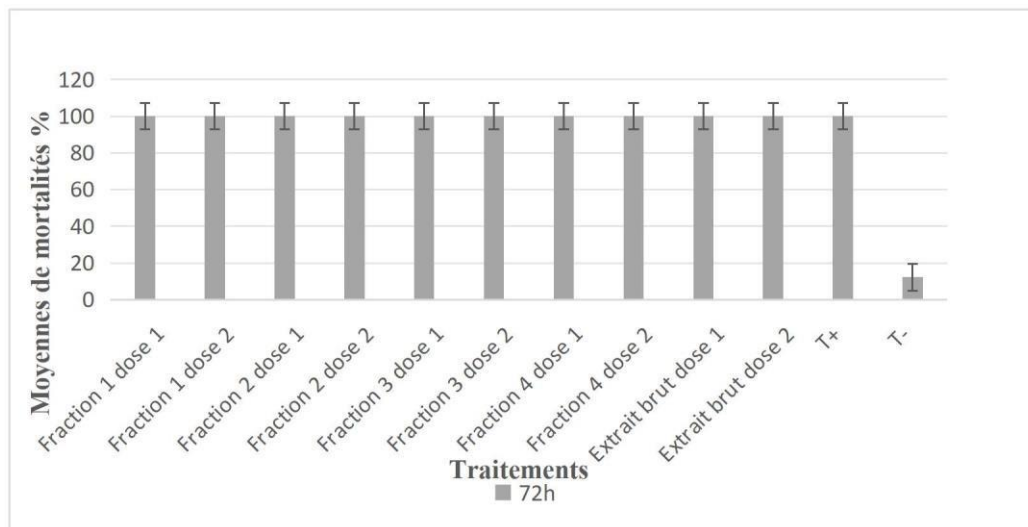
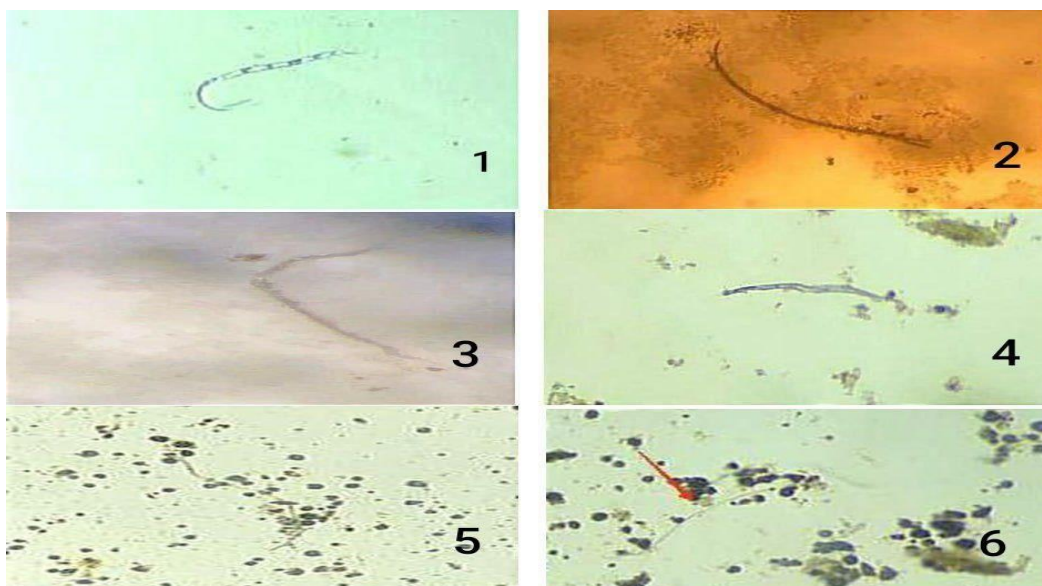


Figure 14 : Variabilités des moyennes de mortalité de *Meloidogyne sp.* par traitement à 72h

Après 72h d'exposition aux traitements le graphique démontre la très forte efficacité nématicide des différentes fractions et de l'extrait brut testés contre *Meloidogyne sp.*, provoquant une mortalité quasi-totale des nématodes à 72 heures (100%), comparable à celle du témoin positif. Le faible taux de mortalité observé chez le témoin négatif (moins de 20%) confirme que l'activité observée est bien due aux traitements

Aspect des nématodes traité :



Légende :

- 1- Traité par la fraction 1
- 2- Traité par la fraction 2
- 3- Traité par la fraction 3
- 4- Traité par la fraction 4
- 5- Traité par l'extrait brut
- 6- Traité par l'extrait brut

Interprétation statistique d'effet des traitements à base de *Raphanus raphanistrum* sur les larves J2 de *Meloidogyne* sp.

1.1.4. Analyses de variance (ANOVA) :

Analyse de variance					
Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
FRACTION	4	8713,7	2178,4	10,22	0,000
temps	1	2711,3	2711,3	12,72	0,001
Dose (µg/mL)	1	560,2	560,2	2,63	0,113
FRACTION*temps	4	1561,9	390,5	1,83	0,142
FRACTION*Dose (µg/mL)	4	1557,4	389,4	1,83	0,143
temps*Dose (µg/mL)	1	782,4	782,4	3,67	0,063
FRACTION*temps*Dose (µg/mL)	4	464,8	116,2	0,55	0,704
Erreur	40	8525,9	213,1		
Total	59	24877,6			

Figure 15 : Exploitation des résultats par analyse statistique de variance (ANOVA)

L'analyse de la variance (ANOVA) réalisée a permis d'évaluer l'effet des fractions (avec extrait brut), temps et Dose et leurs interactions sur la variable dépendante (la mortalité de j2). Les résultats montrent que le facteur Fraction est **hautement significatif** ($F = 10,22$; $P = 0$) sur la mortalité de J2, ce qui indique que les différents traitements testés influencent significativement la mortalité de j2.

Le facteur temps est également **hautement significatif** ($F = 12,72$; $P = 0,001$) sur la mortalité de J2, ce qui indique que l'effet de temps évolue positivement au cours des 24 à 72 heures d'exposition. Par contre, La dose seule ne présente pas un effet significatif ($F = 2,63$; $p = 0,113$) sur la mortalité de J2. L'interaction entre le temps et la dose observée montre un effet.

modérément significatif ($F = 3,67$; $p = 0,063$), suggérant une possible variation de l'efficacité selon la durée d'exposition et la dose appliquée.

Pour les autres facteurs, Aucune interaction significative n'a été détectée entre les trois facteurs simultanément. Ces résultats confirment l'importance du choix des fractions utilisées et du temps d'exposition dans l'efficacité des traitements.

1.1.5. Les analyses de TUKEY

1.1.5.1. Interprétation du test de Tukey pour les différents traitements :

FRACTION	N	MC%	Groupement	
Extrait brut	12	98,6111	A	
Fraction 4	12	97,2222	A	
Fraction 1	12	90,2778	A	
Fraction 2	12	81,6667	A	B
Fraction 3	12	65,8333		B

Tableau 4 : comparaisons multiples de Tukey appliqué à la variable MC% (mortalité cumulée selon les différentes fractions

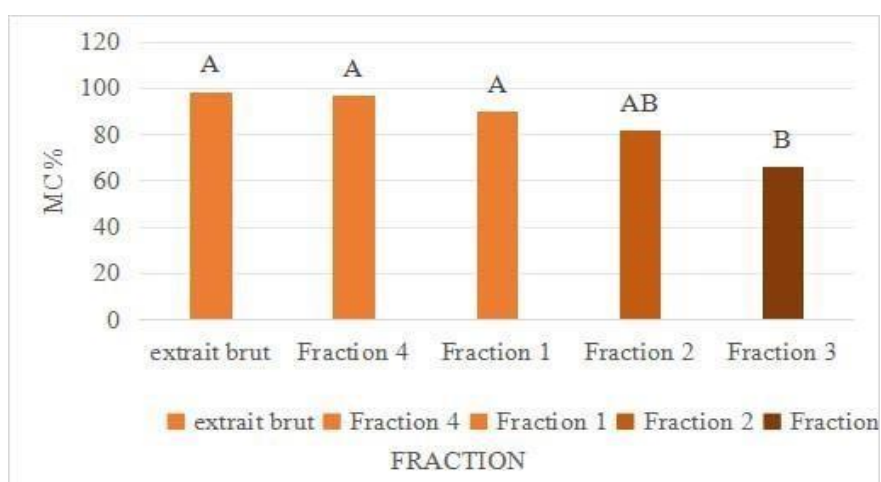


Figure 16 : variable MC% (mortalité cumulée) selon les différentes fractions avec test Tukey

Le test des comparaisons multiples de Tukey, réalisé avec un niveau de confiance 95%, permet de comparer les moyennes cumulées de différents traitements deux à deux pour le facteur fraction.

Les résultats montrent que (l'extrait brut (98,6111%), fractions 4 (97,2222%), fractions 1 (90,2778)) appartiennent au même groupe statistique A, cela indique qu'il n'existe pas de différence significative entre ces traitements.

Fraction 2 (81,6667) appartient simultanément au groupe A et groupe B. ce qui reflète sa **position intermédiaire**, elle a un effet modérément significatif. Elle est proche de groupe A Mais elle se tend aussi vers le groupe B.

Enfin, la fraction 3 (65,83 %) se distingue nettement des autres en appartenant uniquement au groupe B, indiquant une efficacité significativement plus faible que les autres fractions testées.

1.1.5.2. Interprétation du test de Tukey pour le facteur temps :

Temps	N	Moyenne	Groupement	
48h	30	93,4444	A	
24h	30	80		B

Tableau 5 : comparaisons multiples de Tukey appliqué à la variable MC% (mortalité Cumulée) selon les différents temps



Figure 17 : variable MC% (mortalité cumulée) selon les différents temps avec test Tukey

Le test de comparaison multiples de Tukey, effectué avec un niveau de confiance de 95 %, a permis d'évaluer les moyennes cumulées en fonction du facteur temps. Les résultats révèlent que la période de 48 heures est associée au groupe A, affichant une valeur de 93,4444, tandis que la période de 24 heures est classée dans le groupe B avec une valeur de 80. Cela indique qu'il existe une différence significative entre les différentes durées, ou que la durée de 48h présente un effet plus significatif que la durée de 24h.

1.1.5.3. Interprétation du test de Tukey pour le facteur dose :

Dose	N	Moyenne	Groupement
($\mu\text{g/ml}$)			
500	30	89,7778	A
250	30	83,6667	A

Tableau 6 : comparaisons multiples de Tukey appliqué à la variable MC% (mortalité Cumulée) selon les différentes Dose

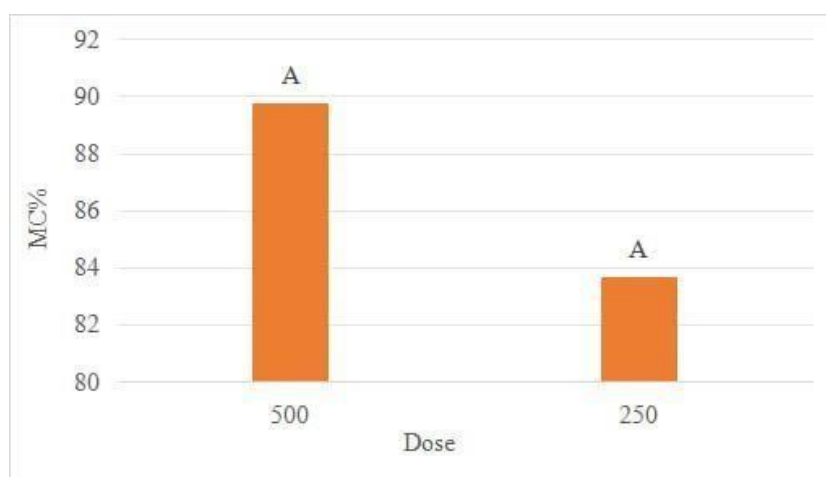


Figure 18 : variable MC% (mortalité cumulée) selon les différentes Dose avec test tukey

Le test de comparaison multiples de Tukey, réalisé avec un niveau de confiance 95%, a permis de comparer les moyennes cumulées de différents Doses :

Les résultats montrent que la Dose 500 µg/ml et la Dose 250 µg/ml appartiennent au même groupe (A) cela indique qu'il n'a pas un différent significative entre les doses. Bien que la dose 500 µg/ml ait donnée une mortalité légèrement supérieure.

1.1.5.4. Interprétation du test Tukey deux à deux : Fractions*temps :

FRACTION*temps	N	Moyenne	Groupement	
Extrait brut 48h	6	100	A	
Fraction 1 48h	6	100	A	
Fraction 4 24h	6	97,222	A	
Extrait brut 24h	6	97,222	A	
Fraction 4 48h	6	97,222	A	
Fraction 2 48h	6	91,111	A	
Fraction 1 24h	6	80,556	A	B
Fraction 3 48h	6	78,889	A	B
Fraction 2 24h	6	72,222	A	B
Fraction 3 24h	6	52,778		B

Tableau 7 : comparaisons multiples de Tukey appliqué à la variable MC% (mortalité Cumulée) deux à deux Fractions*temps

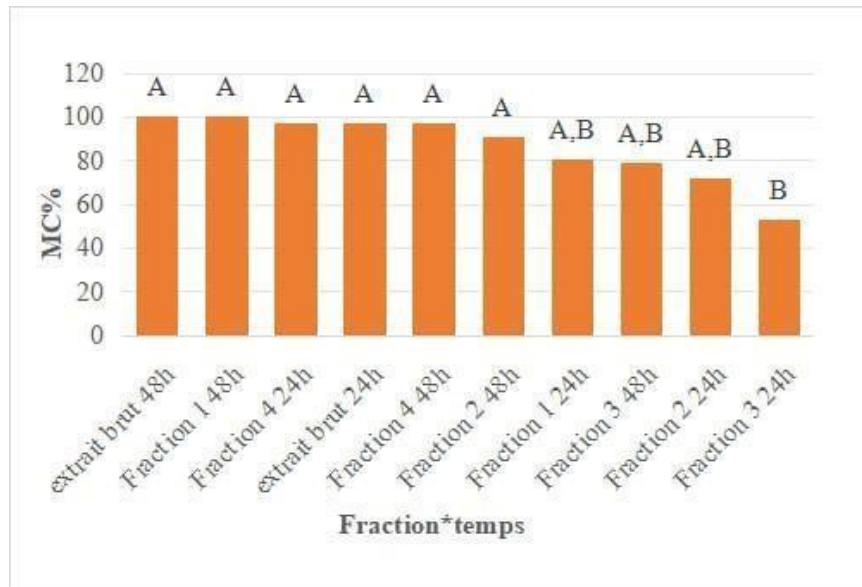


Figure 19 : variable MC% (mortalité cumulée) deux à deux Fractions*temps avec test Tukey

Le test de comparaison multiples de Tukey, réalisé avec un niveau de confiance 95%, a permis de comparer les moyennes cumulées de Fraction*temps :

L'efficacité maximale est atteinte par l'extrait brut et la fraction 1 à 48h, avec des mortalités de 100 %, suivis par la fraction 4 à 24h ou 48h (≈97 %). Par contre, la fraction 3 à 24h affiche la plus faible efficacité (52,78 %), significativement différente des meilleurs traitements. Ces résultats suggèrent que certaines fractions nécessitent un temps d'exposition plus long pour être pleinement efficaces.

1.2.2.5. Interprétation du test de Tukey : Fractions *Dose :

FRACTION*Dose (µg/ml)	N	Moyenne	Groupement	
Extrait brut 500	6	100	A	
Fraction 4 500	6	100	A	
Extrait brut 250	6	97,222	A	
Fraction 1 500	6	94,444	A	
Fraction 4 250	6	94,444	A	
Fraction 1 250	6	86,111	A	
Fraction 2 250	6	86,111	A	
Fraction 2 500	6	77,222	A	B
Fraction 3 500	6	77,222	A	B
Fraction 3 250	6	54,444		B

Tableau 8 : comparaisons multiples de Tukey appliqué à la variable MC% (mortalité cumulée) deux à deux Fractions *Dose



Figure 20 : variable MC% (mortalité cumulée) deux à deux Fractions *Dose avec test Tukey

Le test de comparaison multiples de Tukey, réalisé avec un niveau de confiance 95%, a permis de comparer les moyennes cumulées de Fractions *Dose :

Les meilleures combinaisons en termes de performance sont enregistrées à 500 µg/ml pour l'extrait brut et la fraction 4 (100%). Suivi de près par les autres fractions à différentes doses.

La fraction 3 (250 µg/ml) semble moins efficace que les autres traitements.

1.2.2.6. Interprétation du test de Tukey : temps*Dose

Temps*Dose				
(µg/ml)				
	N	Moyenne	Groupement	
48h 250	15	94	A	
48h 500	15	92,8889	A	
24h 500	15	86,6667	A	B
24h 250	15	73,3333		B

Tableau 9 : comparaisons multiples de Tukey appliqué à la variable MC% (mortalité cumulée deux à deux temps*Dose

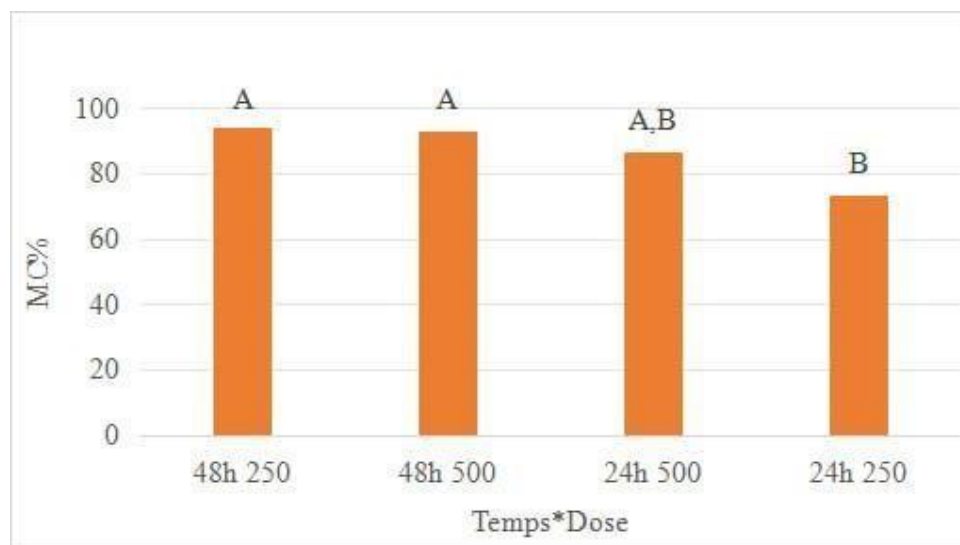


Figure 21 : variable MC% (mortalité cumulée) deux à deux temps*Dose avec test Tukey

Le test de comparaison multiples de Tukey, réalisé avec un niveau de confiance 95%, a permis de comparer les moyennes cumulées de temps *Dose :

Les meilleurs résultats sont obtenus à 48h, avec les deux doses ($\approx 93\%$ et 94%). À 24h, seule la dose de $500\ \mu\text{g/ml}$ semble de donner un effet intermédiaire, tandis que la combinaison 24h + $250\ \mu\text{g/ml}$ ($73,33\%$) est remarquablement inférieure

1.2.2.7. Interprétation du test de Tukey : temps*Dose*fractions

FRACTION*temps*Dose ($\mu\text{g/ml}$)	N	Moyenne	Groupement	
Extrait brut -24h -500	3	100	A	
Extrait brut -48h- 250	3	100	A	
Fraction 1- 48h -250	3	100	A	
Fraction 1- 48h -500	3	100	A	
Fraction 4 -24h -500	3	100	A	
Extrait brut- 48h- 500	3	100	A	

Fraction 2 -48h -250	3	100	A	
Fraction 4 -48h 500	3	100	A	
Fraction 4 24h -250	3	94,444	A	
Extrait brut -24h- 250	3	94,444	A	
Fraction 4 -48h -250	3	94,444	A	
Fraction 1 -24h -500	3	88,889	A	
Fraction 2 -48h -500	3	82,222	A	
Fraction 3 -48h -500	3	82,222	A	
Fraction 3 -48h- 250	3	75,556	A	B
Fraction 2 -24h -250	3	72,222	A	B
Fraction 2 -24h -500	3	72,222	A	B
Fraction 1 -24h -250	3	72,222	A	B
Fraction 3 24h 500	3	72,222	A	B
Fraction 3 24h 250	3	33,333		B

Tableau 10 : comparaisons multiples de Tukey appliqué à la variable MC% (mortalité cumulée deux à deux temps*Dose*fractions

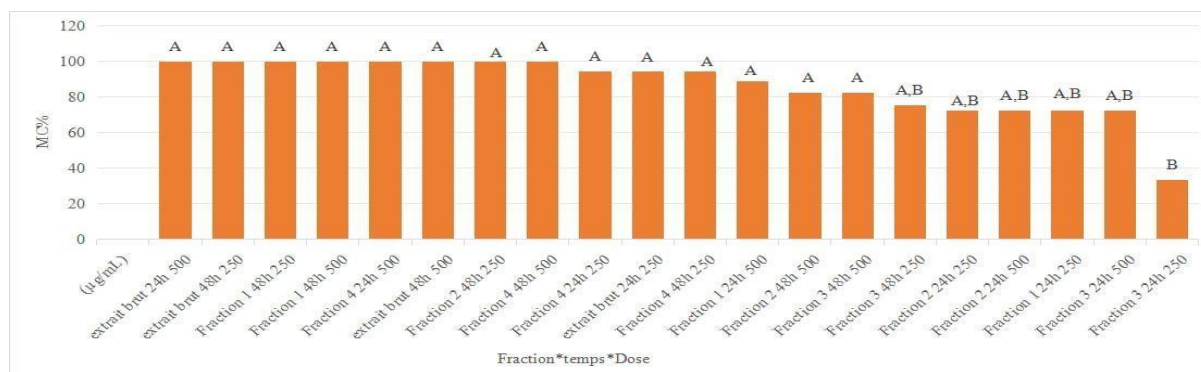


Figure 22 : variable MC% (mortalité cumulée) deux à deux temps*Dose*fractions avec test Tukey

Le test de comparaison multiples de Tukey, réalisé avec un niveau de confiance 95%, a permis de comparer les moyennes cumulées de temps *Dose*fractions :

La combinaison les plus efficaces avec 100 % de mortalité obtenue avec plusieurs traitements :

- Extrait brut à 24h ou 48h, quelle que soit la dose
- Fraction 1 à 48h à toutes les doses
- Fraction 4 à 24h ou 48h à 500 µg/ml
- Fraction 2 à 48h 250 µg/ml

D'autre part, la fraction 3 à 24h 250 µg/ml affiche une mortalité de 33,33 %, clairement inférieure aux autres combinaisons.

2. Discussion

Depuis l'Antiquité, les plantes ont été utilisées comme source de pesticides naturels, leurs propriétés antiparasitaires ayant été découvertes de manière empirique. Actuellement, les pesticides de synthèse dominent la lutte contre les bio-agresseurs (**El Badri et al., 2008**), notamment les nématicide chimiques employés dans la gestion des nématodes phytoparasites des cultures maraîchères. Toutefois, ces produits présentent des inconvénients majeurs, tels que la persistance de résidus toxiques sur les récoltes, ainsi que des effets négatifs sur la santé humaine et l'environnement. Ces préoccupations justifient le développement de méthodes alternatives plus durables (**Viaene et Abawai, 1998**).

Dans ce contexte, les extraits végétaux attirent de plus en plus l'attention en tant que sources prometteuses de composés bioactifs naturels. De nombreuses études s'intéressent à leur potentiel insecticide, bactéricide, nématicide et fongicide (**Yakhlef, 2010**). Les produits d'origine naturelle représentent ainsi une alternative crédible aux pesticides de synthèse, et plusieurs travaux ont déjà permis d'identifier des substances végétales efficaces (**Kim et al., 2005**).

Des essais *in vitro* ont notamment montré l'efficacité d'extraits aqueux, alcooliques et lipidiques de différentes plantes sur les œufs et les larves de nématodes, principalement du genre *Meloidogyne* (**Isman, 2002**). Par ailleurs, **Munakata (1979)** a mis en évidence que de

nombreuses substances naturelles à effet nématocide sont biodégradables, non polluantes, et parfois actives de manière systémique via la sève de la plante. Ces caractéristiques en font des candidats potentiels pour la conception de nouveaux nématicides plus respectueux de l'environnement (**Dijian-Caporalino et al., 2009**).

La présente étude a évalué l'effet nématocide in vitro de différentes fractions extraites de *Raphanus raphanistrum* et son extrait brut sur les larves J2 de *Meloidogyne spp.*, en fonction de la dose (250 µg/mL et 500 µg/ml) et du temps d'exposition (24 h, 48 h, 72 h). Les résultats montrent une efficacité croissante avec le temps, atteignant dans la majorité des cas 100 % de mortalité après 48 h et 72 h, notamment pour les doses les plus élevées.

À 24 heures d'exposition, la fraction F4 (n-butanol) s'est distinguée par une mortalité de 100 % dès les premières 24 heures, quel que soit le dosage appliqué. F1 (hexane) et F2 (dichlorométhane) ont montré une efficacité modérée, atteignant respectivement 70,6 % et 88,2 % pour F1, et 70,6 % et 76,5 % pour F2, selon la concentration. La fraction F3 (acétate d'éthyle) s'est révélée moins active, notamment à faible dose (29,4 %). L'extrait brut a présenté une mortalité élevée, atteignant 94,1 % à 250 µg/ml et 100 % à 500 µg/ml.

Après 48 heures, toutes les fractions ont atteint une mortalité de 100 %, à l'exception de F3 à faible dose, qui est restée à 68 %. Cette amélioration générale peut s'expliquer par l'effet cumulatif des métabolites actifs, notamment les glucosinolates et les flavonoïdes. Ces observations sont en accord avec les résultats de **Medjahed (2010)**, qui a noté une mortalité de plus de 90 % à 48 h. Par ailleurs, **El Allagui et al. (2007)** ont obtenu des mortalités de 84

% avec *Acacia gummiifera* et de 81 % avec *Tagetes patula* à des concentrations plus élevées (2–5 %), ce qui montre que les extraits utilisés ici sont plus efficaces même à faibles doses.

À 72 heures, tous les extraits et fractions ont atteint 100 % de mortalité, confirmant ainsi leur efficacité maximale et durable. Cette constance d'effet renforce l'intérêt de *R. raphanistrum* dans une perspective de traitement prolongé. Par comparaison, les extraits testés par **Medjahed (2010)** et **El Allagui et al. (2007)** ont atteint des taux proches de 95 %, mais rarement une mortalité totale, ce qui positionne les résultats actuels parmi les plus performants.

Concernant la composition chimique, la méthode de fractionnement appliquée a permis d'isoler des groupes actifs selon leur polarité. F1 semble concentrer des composés très apolaires comme les terpènes, F2 des alcaloïdes et stéroïdes, F3 des flavonoïdes et tanins, et F4 des composés polaires tels que les glucosinolates et les saponines. Par ailleurs, des études

antérieures ont souligné le rôle clé des glucosinolates dans l'activité nématocide, notamment **Fahey et al. (2001)** et **Ntalli et Caboni (2012)**, qui ont confirmé leur toxicité directe sur les larves J2. **Zasada et Ferris (2004)** ont également démontré l'effet inhibiteur des isothiocyanates issus de la dégradation enzymatique de ces composés. Ces résultats confirment ainsi que l'efficacité observée de F4 est cohérente avec sa composition biochimique.

1.1. Comparaison des résultats statistiques (avec ANOVA + Tukey):

Dans la présente étude, l'analyse de variance (ANOVA) suivie du test de Tukey a révélé des différences hautement significatives ($p < 0,05$) entre les traitements selon la fraction, la dose et le temps d'exposition. L'extrait brut à 500 µg/mL, ainsi que la fraction 4 à la même concentration, ont obtenu une mortalité moyenne corrigée de 100 %, statistiquement supérieure à la majorité des autres traitements (groupe A). En revanche, la fraction 3 à 250 µg/mL a enregistré la plus faible efficacité (33,33 %), appartenant au groupe statistique B. Ces résultats confirment que l'activité nématocide dépend fortement de la nature chimique de la fraction et de la dose appliquée.

Des résultats similaires ont été obtenus par **Zaidat et al. (2020)**, qui ont également appliqué l'ANOVA suivie du test de Tukey pour évaluer les extraits de *Raphanus raphanistrum* contre *Meloidogyne incognita*. Leur étude a montré que les extraits méthanolique étaient les plus efficaces, avec des mortalités supérieures à 90 %, en particulier à forte dose et après 48 h d'exposition. Ces extraits étaient statistiquement différents du témoin et de certaines concentrations plus faibles, confirmant l'effet dose-dépendant observé également dans notre travail.

Par ailleurs, **Rahimi et al. (2018)** ont testé différents extraits de plantes sur *M. javanica* et ont également recours à des analyses statistiques (ANOVA + Tukey). Ils ont constaté une efficacité maximale avec les extraits riches en glucosinolates et phénols, soulignant l'importance de la composition chimique dans l'efficacité biologique. Ce constat renforce l'hypothèse selon laquelle la fraction 4 dans notre étude serait riche en composés polaires à fort pouvoir nématocide.

En conclusion, les résultats de la présente étude confirment que *Raphanus raphanistrum* constitue une source prometteuse de composés naturels à activité nématocide. Comparé aux extraits d'autres espèces végétales testées dans la littérature, ses fractions, en particulier F4, se distinguent par leur efficacité rapide, soutenue et obtenue à des concentrations plus faibles.

Ces propriétés en font une option sérieuse pour une gestion durable des nématodes phytoparasites en agriculture.

L'effet **dose-durée d'exposition** observé indique la dépendance d'efficacité des traitements, ce qui met en évidence l'importance de l'optimisation des concentrations pour atteindre une **efficacité maximale**.

Conclusion générale

Dans le cadre d'une agriculture durable, la recherche de solutions alternatives aux nématicides chimiques devient une priorité, notamment pour faire face aux problèmes de pollution, de toxicité et de résistance des ravageurs (Luc et al., 2005). Les extraits de plantes constituent une source naturelle précieuse de composés bioactifs, capables d'agir contre divers organismes nuisibles. *Raphanus raphanistrum*, en particulier, est reconnu pour contenir des métabolites secondaires tels que les glucosinolates, les phénols et les alcaloïdes, dont certains présentent des effets nématicides intéressants (Cayrol et al., 1993 ; Riga et al., 2006).

Dans cette optique, la présente étude visait à évaluer l'activité nématicide de l'extrait brut et set quatre fractions de *Raphanus raphanistrum*, appliquées à deux concentrations, sur les larves J2 de *Meloidogyne* spp. En conditions in vitro. La synthèse qui suit résume les résultats majeurs obtenus et les tendances observées selon les doses et les durées d'exposition.

Les résultats obtenus montrent l'efficacité nématicide pour *Meloidogyne* sp. Pour les traitements (fractions et extrait brute de *R. raphanistrum*), cette efficacité dépend de **la dose** utilisée et la **durée d'exposition** à ses traitements.

Dès 24h, les traitements ont montré des différences significatives de mortalités, en mise en évidence l'efficacité remarquable de la fraction 4 et l'extrait brute à 500 µg/ml avec 100% de mortalité. Par contre, la fraction 3 à 250 µg/ml reste la moins performante.

À 48h, le taux de mortalité d atteint 100 % pour la majorité des traitements, confirmant leur **efficacité prolongée** avec le temps, tandis que quelques extraits à faible concentration préservent une efficacité modérée.

Enfin, après 72h, tous les traitements (sauf le témoin négatif) réussissent une **mortalité totale ou quasi-totale**, similaire à celle du témoin positif du nématicide commercial.

En conclusion, les résultats finaux confirment le potentiel nématicide de l'extrait brut *R. raphanistrum* et en particulier la fraction 4 qui est probablement riche en glycosides et d'autres composés polaires.

Les Références bibliographiques

Les Références bibliographiques

- Abdel-Rahman, F. H. (2012). Fervenuiline: A new nematicidal compound isolated from *Streptomyces* sp. *Annals of Agricultural Sciences*, 57(2), 135–139.
- Al-Shehbaz, IA, Beilstein, MA, & Kellogg, EA (2006). *Systématique et phylogénie des Brassicaceae (Cruciferae) : un aperçu*. *Plant Systematics and Evolution*, 259 (2-4), 891-20. and sustainability, *Adv. Agron.* 56 : 1-54.
- ArdPyLab. (2004). *Extraction liquide-liquide et décantation*.
- Barralis, G., Michel, J., & Cavelier, N. (1991). *Les plantes adventices des cultures : Biologie, nuisibilité, lutte*. Paris : INRA Éditions.
- Bélair, G. (2005). Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes... par la racine. *Phytoprotection*, 86(1), 65–69. DOI : [10.7202/011717ar](https://doi.org/10.7202/011717ar) Publié par la Société de protection des plantes du Québec (SPPQ) et disponible via *Érudit*.
- Bessadok, B., Mounira, B., & Mokhtari, K. (2021). État des lieux de la nématofaune parasitaire des cultures maraîchères en Algérie : Cas du genre *Meloidogyne*. *Revue des Bioressources*, 11(1), 23–31.
- Cayrol, J. C., Djian, C., & Pijarowski, L. (1993). Influence of penetration and reproduction of *Meloidogyne incognita* by extracts of *Tagetes patula* roots. *Nematologica*, 39(3), 360–368.
- Cheam A, Code G (1995) The biology of Australian weeds. 24. *Raphanus raphanistrum* L. *Plant Prot Quart* 10:2–13.
- Desaeger, J., Wram, C., & Zasada, I. (2020). New reduced-risk agricultural nematicides – rationale and review. *Journal of Nematology*, 52, 1–16.
- Dijian-Caporalino, C., Vernie, T., Pijarowski, L., Llorens, C., & Mazeyrat, F. (2009). Les nématodes à galles : un modèle pour étudier les interactions plantes-parasites. *Cahiers Agricultures*, 18(3), 215–222.
- Dijian-Caporalino, C., Védie, H., & Arrufat, A. (2009). Gestion des nématodes à galles : lutte conventionnelle et luttés alternatives. L’atout des plantes pièges. *Phytoma*, septembre 2009 *Root-knot nematode - (Nematoide das galhas - Português)*. (s. d.). *Rootknot Nematode - (Nematoide Das Galhas - Português)*.

-
-
- Doran, J. W., Sarrantonio, M., and Liebig, M. A., eds. 1996. Soil health
 - Dutta, T. K., Papolu, P. K., & Sirohi, A. (2019). Brassicaceae plants and their derivatives as promising bio-nematicides: Recent advances and perspectives. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 20, 101237.
 - El Allagui, H., Souissi, T., & Aydi, I. (2007). Effet nématocide d'extraits de plantes médicinales sur *Meloidogyne incognita*. *Bulletin de l'Institut National Agronomique de Tunisie*, 9(1), 39–49.
 - Fahey, J. W., Zalcmann, A. T., & Talalay, P. (2001). The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, 56(1), 5–51
 - Ferreira, I. C. F. R., Morales, P., & Barros, L. (2016). *Wild Plants, Mushrooms and Nuts: Functional Food Properties and Applications*. Wiley-Blackwell.
 - GRAB (2001). Lutter contre les nématodes à galles en Agriculture Biologique. Groupe de Recherche en Agriculture Biologique (GRAB), Avignon, France.
 - Hamada, D. (2015). *Contribution à l'étude phytochimique, électrochimique et biologique de quelques plantes médicinales*. Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah Ouargla.
 - Hunt, D. J., Luc, M., & Manzanilla-López, R. H. (2005). Identification, morphology and biology of plant-parasitic nematodes. In M. Luc, R. A. Sikora, & J. Bridge (Eds.), *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture* (2nd ed., pp. 11–52). CABI Publishing
 - Info Flora Schweiz - Brassicaceae. (2024b). www.gbif.org.
<https://doi.org/10.15468/ahvrx3>
 - *INPN - Fiche de Raphanus raphanistrum*.
 - Ismail, M., Abdul Wahid, F., Hamid, A. A., & Yusof, N. A. (2023). Evaluation of nematicidal potential of *Alpinia malaccensis* flower extract against root-knot nematodes. *Journal of Plant Protection Research*, 63(1), 80–89.
 - Isman, M. B. (2002). Insect antifeedants and other behavioral disruptants from plants. In M. R. Berenbaum (Ed.), *Annual Review of Entomology*, 47, 173–194
 - Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G. J., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G. K., Kikuchi, T., Manzanilla- López, R., Palomares- Rius, J. E., Wesemael, W. M. L., & Perry, R. N. (2013). Top 10 plant- parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14(9), 946–961.
 - Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G. J., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G. K., Kikuchi, T., Manzanilla-López, R., Palomares-Rius, J. E., Wesemael, W. M. L., & Perry,

-
- R. N. (2013). Top 10 plant- parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14(9), 946–961.
- Kay, Q. O. N. 1976. Preferential pollination of yellow-flowered morphs of *Raphanus raphanistrum* by *Pieris* and *Eristalis* spp. *Nature* 261: 230–232.
 - Khan M.R., Jain R.K., Ghule T.M., Pal S., 2014. Root knot Nematodes in India-a comprehensive monograph. Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, 118 p
 - Kim, J., Campbell, B. C., Mahoney, N. E., & Chan, K. L. (2005). Development of natural product-based antifungal agents. In *Bioactive Compounds from Natural Sources* (pp. 345–366).
 - Luc, M., Sikora, R. A., & Bridge, J. (2005). *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture* (2nd ed.). CABI Publishing.
 - Lyshede, O. B. 1982. Diagnostic differences Seed coat structure in *Raphanus sativus* and *R. raphani* trun sed *Sci. Technol.* 10: 167-178.
 - Mannai, S., Benfradj, N., Karoui, A., Salem, I. B., Fathallah, A., M’Hamdi, M., & Boughalleb-M’Hamdi, N. (2021). Analysis of Chemical Composition and In Vitro and In Vivo Antifungal Activity of *Raphanus raphanistrum* Extracts against *Fusarium* and *Pythiaceae*, Affecting Apple and Peach Seedlings. *Molecules*, 26(9), 2479.
 - Mashela, P. W., De Waele, D., Dube, Z., Khosa, M. C., Pofu, K. M., Tefu, G., Daneel, M. S., & Fourie, H. (2017). Alternative nematode Management Strategies. In *Springer eBooks* (pp. 151–181). https://doi.org/10.1007/978-3-319-44210-5_7 *Fertilab.* (2018). Importance du Genre *Meloidogyne*
 - Mekenian, M. R. and Willemsen, R. W. 1975. Germination characteristics of *Raphanus raphanistrum*. I. Laboratory studies. *Bull.Torrey Bot. Club* 102: 243–252.
 - Munakata, K. (1979). Plant Growth Regulators and Natural Herbicides. In K. Munakata (Ed.), *Naturally Occurring Pesticides* (pp. 123–152).
 - Ntalli, N. G., & Caboni, P. (2012). Botanical nematicides: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(40), 9929–9940.
 - Perry, R. N., & Moens, M. (2011). Introduction to plant-parasitic nematodes; modes of parasitism. In R. N. Perry, & M. Moens (Eds.), *Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions* (pp. 3–20). Springer.
 - Perry, R. N., Moens, M., & Starr, J. L. (2009). *Root-knot nematodes* (Vol. 2). CABI
 - Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology* (5th ed.). Elsevier Academic Press

-
-
- Perry, R. N., Moens, M., & Starr, J. L. (2009). Root-knot nematodes. Wallingford, UK: CABI Publishing.
 - *Raphanus raphanistrum* - Deutschlands flora in abbildungen nach der natur - vol. 6 - t. 40 - clean.jpg - Wikimedia Commons. (1796).
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Raphanus_raphanistrum_Deutschlands_flora_in_abbildungen_nach_der_natur_-_vol._6_-_t._40_-_clean.jpg
 - *Raphanus raphanistrum* L. (n.d.). <https://www.gbif.org/species/3040983>
 - Rashidifard, M. (2019). Comparative molecular and morphological identification, and reproduction potential of South African. . . *ResearchGate*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23450.70087>
 - Reau, R., Bodet, J., Bordes, J., Dore, T., Ennaifar, S., Moussart, A., Nicolardot, B., Pellerin, S., Plenchette, C., Quinsac, A., Sausse, C., Seguin, B., & Tivoli, B. (2005). Effets allélopathiques des Brassicacées via leurs actions sur les agents pathogènes telluriques et les mycorhizes : analyse bibliographique. Partie 1. *OCL*, 12(3), 261- 271.
 - Reddy, P. P. (1983). Plant Nematology. New Delhi: Oxford & IBH Publishing Co. Ye, W., Robbins, R. T., & Pedram, M. (2019). Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.): Their biology, distribution, and management. In R. A. Sikora, D. Coyne, J. Hallmann, & P. Timper (Eds.), *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture* (3rd ed., pp. 265–303). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781786391247.0265>
 - Riga, E., Collins, H., & Wilson, J. (2006). Organic soil amendments and their effects on nematode populations and microbial communities. *Journal of Nematology*, 38(2), 148– 154.
 - Stanton, M. L. 1984a. Developmental and genetic sources of seed weight variation in *Raphanus raphanistrum* L. (*Brassicaceae*). *Am. J. Bot.* 71: 1090– 1098
 - Taylor A.L., Sasser J.N., 1978. Biology, Identification and Control of Root-Knot Nematode (*Meloidogyne* species). North Carolina State University Graphics, Carolina, 110
 - Tela Botanica. (2024). Fiche espèce : *Raphanus raphanistrum* L. Consulté sur : <https://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-53537-synthese>
 - Université de Blida. (S.d.). *Étude sur les cultures maraîchères en Algérie*. Université de Blida. Disponible sur <https://di.univ-blida.dz/jspui/handle/123456789/5645>
 - Vashisth, S., Kumar, P., Chandel, V. G. S., Kumar, R., Verma, S. C., & Chandel, R. S. (2024). Unraveling the enigma of root-knot nematodes: from origins to advanced management strategies in agriculture. *Planta*, 260(2). <https://doi.org/10.1007/s00425024-04464-5> Blancard, D. (2021, 11 octobre). *Aubergine - Nématodes - Meloidogyne spp* .

-
-
- Viaene, N., & Abawi, G. S. (1998). Management of *Meloidogyne* hapla on lettuce in organic soil with sudangrass as a cover crop. *Plant Disease*, 82(9), 945–952
 - Warwick, S. I., Beckie, H. J., Thomas, A. G. and McDonald, T. 2000b. The biology of Canadian weeds.8. *Sinapis arvensis* L.(updated). *Can. J. Plant Sci.* 80: 939–961.
 - Warwick, S. I., Francis, A. and LaFlèche, J. 2000a: guide to the wild germplasm of Brassica and allied crops (tribe Brassiceae, Brassicaceae), 2nd edition.[Online] Available: http://www.scib.gc.ca/spp_pages/brass/index_e.php [2005 Jan.07]
 - Yakhlef, B. (2010). Étude de l'activité insecticide des extraits de plantes aromatiques et médicinales sur *Sitophilus oryzae*. Mémoire de Magister, Université d'Oran.
 - Zaidat, A., Merah, O., Djerouni, A., & Mahdad, M. (2020). Nematicidal activity of aqueous and organic extracts of local plants against *Meloidogyne incognita* under laboratory and greenhouse conditions. *International Journal of Biosciences*, 16(3), 130– 141.
 - Zaidat, A., Merah, O., Djerouni, A., & Mahdad, M. (2020). Nematicidal activity of aqueous and organic extracts of local plants against *Meloidogyne incognita* under laboratory and greenhouse conditions. *International Journal of Biosciences*, 16(3), 130– 141.
 - Zasada, I. A., & Ferris, H. (2004). Nematicidal activity of Brassicaceae plants and products against *Pratylenchus penetrans*. *Journal of Nematology*, 36(3), 351–357.
 - Zasada, I. A., & Ferris, H. (2004). Nematode suppression with brassicaceous amendments: Application based on glucosinolate profiles. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(7), 1017–102.



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA 1

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE ET AGRO-ECOLOGIQUE

Faculté des sciences de la nature et de la vie

MEMOIRE

En vue de l'obtention de diplôme de Master Académique en Science
Agronomique

Spécialité : Phytopharmacie et Protection des Végétaux

**Étude de l'effet d'une Brassicaceae adventice sur les nématodes à
galles**

Présenté par :

M^{lle} SAIDI AMINA

ET

M^{lle} DIAFI ILHAM

Devant les jurys

Président :	M MOUSSAOUI k.	MCA	Université de Blida
Examinatrice :	M ^{me} SABRI K.	MCA	Université de Blida
Promoteur :	M ^{me} ALLAL BENFKIH L.	Pr	Université de Blida
Co Promotrice :	M ^{lle} DJELABEKH M.	Doctorante	Université de Blida