



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة الحراش – الجزائر

École Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach – Alger

# Thèse

Département : Zoologie Agricole et Forestière

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat LMD

Option : Biologie et écologie en zoologie agro-sylvo pastorale

## Sujet

Etude de la dynamique des populations des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* en Algérie. Essais de méthodes de luttés alternatives à la lutte chimique.

**Présentée par :** M. BABAALI Djaafar

**Soutenu le :**

**Devant le jury composé de :**

**Président :** M. DOUMANDJI S. Professeur (E.N.S.A. El Harrach)

**Promoteur :** M. HAMMACHE M. Maitre de conférences A (E.N.S.A. El Harrach)

**Examineurs :** Mme. MOUHOUCHE F. Professeur (E.N.S.A. El Harrach)

Mme DAOUDI-HACINI S. Professeur (E.N.S.A. El Harrach)

M. MOKABLI A. Professeur (Université D. Bounaama Khemis Miliana)

Mme MARNICHE F. Maitre de conférences A (E.N.S.V. El Alia)

## Remerciements

---

En premier lieu je remercie **ALLAH**. Le tout puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et la santé pour réaliser ce travail.

A tous ceux qui m'ont aidé durant l'élaboration de ce travail, j'exprime ma profonde reconnaissance.

Je tiens à exprimer mon entière gratitude et mon profond respect à mon promoteur **M. Hammache Miloud** Maître de conférence à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, d'avoir accepté la direction de ce travail. Ses grandes qualités scientifiques et ses compétences ont contribué largement dans l'élaboration de ce manuscrit et dans mon enrichissement personnel et professionnel. Je le remercie également de m'avoir enseigné dans la bonne humeur, la pratique des sciences et la rigueur au travail. Je garderai toujours le souvenir de votre enseignement et de votre humanité.

J'ai l'immense plaisir d'adresser mes plus sincères remerciements à **M. DOUMANDJI Salah-eddine** Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, pour ses encouragements, ses conseils très positifs et pour l'honneur qui me fait de présider le jury.

Mes remerciements s'adressent également à **Mme. MOUHOUCHE Fazia** Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, qui m'a aidé dans la réalisation de ce travail. Avec sa disponibilité, sa patience et sa connaissance du monde de la phytopharmacie, elle m'a aidé à comprendre les enjeux et difficultés de ce travail de recherche.

Mes sincères remerciements vont à **Mme. DAOUDI-HACINI S.** Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, **M. MOKABLI A.** Professeur à l'université D. Bounaama Khemis Miliana et **Mme. MARNICHE Faiza.** Maître de conférence à l'Ecole Nationale Supérieure vétérinaire, d'avoir accepté d'examiner ma thèse malgré leur charge de travail.

Je tiens également à remercier **M. Prof. HALLMANN J.** pour m'avoir accueilli au sein de son laboratoire et pour ses précieux conseils et encouragement. Pour Son aide et son orientation. Et pour sa disponibilité qu'elle n'a cessé de m'accorder durant toute la durée de ce travail.

Ma gratitude va aussi à tous les doctorants, techniciens, chercheurs et enseignants-chercheurs appartenant au laboratoire de la nématologie de Julius Kuhn-Institut pour leur accueil sympathique, qui m'ont fait part de leur passion de recherches, et n'ont pas hésité à consacrer du temps à répondre à mes questions.

Mes remerciements iront également à **M. Prof. KHELIFI L.** Directeur de l'E.N.S.A. Pour sa collaboration et son aide sans cesse. Mes remerciements s'adressent aussi aux ingénieurs de laboratoire de Bio-mol.

Mes sincères remerciements vont à tous les enseignants, ingénieurs de labo et doctorants du Département de Zoologie Agricole et Forestière pour leurs conseils et leur soutien moral. Plus particulièrement à **Mme. DOUMANDJI B., M. GHANEM M., BELKACEM M., KACI GH., BERRABEH D., KERRIDI A., ZEROUK Z., RAHMOUNE B., AILAM O., DJABOUT H., KHERROUBI M., ZAIDAT S., DJETTI T., DENNI A., SERGHINE R., CHABLI A., NAHARI A., BOUKHERCHA L. et BOULAAOUED A.**

## Dédicace

---

*A ma très chère mère. Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Que Dieu te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

*A Mon très cher père. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai pour vous. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation. Pour avoir toujours cru en moi et m'avoir permis d'arriver jusqu'ici, je ne vous en remercierai jamais assez.*

*A mes frères MOHAMED, ZAKARIA, ANES, ABDELHAK, AYOUB et ZINO. A mes belles sœurs FATMA-ZOHRA, AMINA, SELMA et HADJER. A mes sœurs ZINEB, KHADIDJA, MAZORA, YOUSRA et IMEN. En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

*A Mon cher petit frère AMINE présent dans tous les moments délicats par ses belles surprises sucrées. A MOHAMED el-AMINE A mes neveux YUCEF, HOUSSEM, AKRAM, MOUSTAFA, YACINE et RIYAD. A mes nièces SARA, NESRINE et AJA Meilleurs vœux de succès dans vos études. Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur et de réussite  
A mon cher cousin, frère et ami OMAR, mon fidèle accompagnant dans les moments les plus délicats de cette vie mystérieuse. Je vous souhaite une vie plein de bonheur et de réussite.*

*A mes chers amis ; HAKIM, MOSTAFA, OTHMAN, AKRAM, IMADE, AHMED, Med twisté, WALID, ABDELLAH, MOUNIR, YUCEF, AYOUB, BACHIR SER, OUSSAMA, ABOUBAKER, GHAZI, LOKMAN. SASA, SAMIR et LAMOURI, A mes chers amis de Münster, SOFIANE, MASSAOUD, FATEH, HOUARI, BASSEM, AYMEN, MAHDI et AMINE, Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection.*

## Liste des figures

Figure 1 : Notation de l'indice de galle (ZECK, 1971).....	20
Figure 2 : Conservation et multiplication de populations de <i>Meloidogyne sp.</i> ....	21
Figure 3 : La chambre mistifier utilisée pour l'extraction de J2s de <i>Meloidogyne sp.</i> (Originale).....	23
Figure 4 : Extraction des J2s de <i>Meloidogyne sp.</i> à partir de sol (Originale) .....	23
Figure 5 : Agitateur vortex utilisé durant l'extraction de l'ADN (Originale) .....	25
Figure 6 : Centrifugeuse utilisée pour centrer les nématodes au fond des tubes eppendorfs (Originale).....	25
Figure 7 : Thermomixeur utilisé durant l'extraction de l'ADN (Originale). ....	26
Figure 8 : Conservation des eppendorfs dans un congélateur à -80°C (Originale).....	26
Figure 9 : Thermocycleur (Originale). ....	27
Figure 10 : Semences de <i>Datura stramonium</i> (originale) .....	29
Figure 11 : Pot de 2 L utilisé dans l'expérimentation (originale) .....	29
Figure 12 : Repiquage du plant de tomate. (Originale).....	29
Figure 13 : incubation de radicules dans des boites Pétri remplies d'eau .....	31
Figure 14 : Bécher gradué contenant des larves de <i>M. incognita</i> .....	31
Figure 15 : Préparation des points d'inoculation (originale).....	32
Figure 16 : inoculation des larves de <i>Meloidogyne</i> (originale).....	32
Figure 17 : Bloc de Tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> ) (Originale).....	33
Figure 18 : Bloc de <i>Datura Innoxia</i> (Originale) .....	33
Figure 19 : Bloc de <i>Datura stramonium</i> (originale) .....	33
Figure 20 : Bloc de <i>Datura tatula</i> .....	33
Figure 21 : Pucerons sur la feuille de <i>D. stramonium</i> (originale) .....	34
Figure 22: Noctuelle (originale).....	34
Figure 23 : Traitement avec pulvérisation sur tomate (originale).....	34
Figure 24 : Extraction des larves à partir du sol (originale).....	36
Figure 25 : Incubation des racines dans l'eau distillée.....	36
Figure 26 : <i>Datura innoxia</i> à l'état spontané dans la région de Chélif (Originale).....	37
Figure 27 : Semences de <i>Datura stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>D. tatula</i> .....	38
Figure 28 : Semi des trois espèces de <i>Datura</i> .....	38
Figure 29 : Transplantations de plants des <i>Datura</i> .....	38
Figure 30 : Centrifugeuse utilisée pendant l'extraction des J2 afin de séparer les débris végétaux de la solution des J2s (Originale).....	40

Figure 31 : Bain d'eau utilisé dans la concentration des extrais aqueux et éthanoliques (Originale) .....	40
Figure 32 : Plaque à 24 puits .....	42
Figure 33 : Microscope relié à un compteur.....	42
Figure 34 : Effet de <i>Datura stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>D. tatula</i> sur la multiplication de <i>M. incognita</i> .....	44
Figure 35 : Traitement de la tomate infestée par <i>M. incognita</i> par l'E.E.M. de trois <i>Datura</i> ..	44
Figure 36 : Evaluation de la notation de l'indice de galles .....	45
Figure 37 : Evaluation de l'efficacité des E.E.M. des <i>Datura</i> sur la partie aérienne de la tomate .....	45
Figure 38 : Nombre et poids frais des fruits .....	46
Figure 39 : Situation géographique des trois parcelles d'étude (réalisée à partir d'image prélevées par Google Earth Pro 2013).....	51
Figure 40 : Schéma d'échantillonnage .....	55
Figure 41 : Indices de galles moyens en fonction de l'âge de la serre .....	61
Figure 42 : Corrélation linéaire de l'indice de galles en fonction de l'âge de la serre.....	61
Figure 43 : Précédents culturels appliqués dans les différentes régions visitées .....	63
Figure 44 : Indices de galles moyens en fonction des précédents culturels.....	63
Figure 45 : Variétés de la tomate cultivées dans les stations étudiées .....	64
Figure 46 : Indices de galles moyens en fonction des variétés de la tomate .....	64
Figure 47 : Traitements nématicides appliqués dans les différentes régions visitées .....	66
Figure 48 : Indices de galles moyens en fonction des traitements nématicides .....	66
Figure 49 : Taux d'azote dans les trente stations étudiées .....	68
Figure 50 : Corrélation linéaire de l'indice de galles en fonction de taux d'azote.....	68
Figure 51 : Taux de carbone dans les trente stations étudiées .....	69
Figure 52 : Corrélation linéaire de l'indice de galles en fonction du taux de carbone.....	69
Figure 53 : Pourcentage de calcaire dans les trente stations étudiées .....	70
Figure 54 : Taux de phosphore assimilable dans les trente stations étudiées .....	71
Figure 55 : Taux de potassium assimilable dans les trente stations étudiées .....	71
Figure 56 : Taux de $K^+$ dans les trente stations étudiées.....	72
Figure 57 : Taux de $Ca^{2+}$ dans les trente stations étudiées .....	74
Figure 58 : Corrélation linéaire de l'indice de galles en fonction de $Ca^{2+}$ .....	74
Figure 59 : Taux de $Mg^{2+}$ dans les trente stations étudiées .....	76
Figure 60 : Corrélation linéaire de l'indice de galle en fonction de $Mg^{2+}$ .....	76
Figure 61 : Taux de $Na^+$ dans les trente stations étudiées .....	77

Figure 62 : Corrélation linéaire de l'indice de galles en fonction de Na <sup>+</sup> .....	77
Figure 63 : pH. des sols des trente stations étudiées .....	80
Figure 64 : Corrélation linéaire de l'indice de galles en fonction du pH. ....	80
Figure 65 : Conductivité électrique des trente stations étudiées .....	81
Figure 66 : Indices de galles moyens en fonction de la granulométrie .....	81
Figure 67 : Corrélation linéaire de l'indice de vigueur en fonction de l'indice de galles .....	82
Figure 68 : Présence de <i>M. incognita</i> dans cinq régions après l'amplification de l'ADN et la séparation sur gels d'agaroses .....	83
Figure 69 : Inoculation de cent-vingt populations de <i>Meloidogyne sp.</i> .....	84
Figure 70 : Effet de l'E.A.F. de <i>D. stramonium</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	103
Figure 71 : Effet de l'E.A.R. de <i>D. stramonium</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	103
Figure 72 : Effet de l'E.A.M. de <i>D. stramonium</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	103
Figure 73 : Effet de l'E.E.F. de <i>D. stramonium</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	104
Figure 74 : Effet de l'E.E.R. de <i>D. stramonium</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	104
Figure 75 : Effet de l'E.E.M. de <i>D. stramonium</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	104
Figure 76 : Effet de l'E.A.F. de <i>D. innoxia</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	105
Figure 77 : Effet de l'E.A.R. de <i>D. innoxia</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	105
Figure 78 : Effet de l'E.A.M. de <i>D. innoxia</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	105
Figure 79 : Effet de l'E.E.F. de <i>D. innoxia</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	106
Figure 80 : Effet de l'E.E.R. de <i>D. innoxia</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	106
Figure 81 : Effet de l'E.E.M. de <i>D. innoxia</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	106
Figure 82 : Effet de l'E.A.F. de <i>D. tatula</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	107
Figure 83 : Effet de l'E.A.R. de <i>D. tatula</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	107
Figure 84 : Effet de l'E.A.M. de <i>D. tatula</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	107
Figure 85 : Effet de l'E.E.F. de <i>D. tatula</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	108
Figure 86 : Effet de l'E.E.R. de <i>D. tatula</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	108
Figure 87 : Effet de l'E.E.M. de <i>D. tatula</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	108
Figure 88 : Droite de régression des probits aux différentes concentrations utilisées de E.A.F., E.A.M. et E.A.R. de <i>D. stramonium</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> après 20 h de traitement. ....	110
Figure 89 : Droite de régression des probits aux différentes concentrations utilisées de E.E.F., E.E.M. et E.E.R. de <i>D. stramonium</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> après 20 h de traitement .....	110

Figure 90 : Droite de régression des probits aux différentes concentrations utilisées de E.A.F., E.A.M. et E.A.R. de <i>D. innoxia</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> après 20h de traitement .....	111
Figure 91 : Droite de régression des probits aux différentes concentrations utilisées de E.E.F., E.E.M. et E.E.R. de <i>D. innoxia</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> après 20h de traitement .....	111
Figure 92 : Droite de régression des probits aux différentes concentrations utilisées de E.A.F., E.A.M. et E.A.R. de <i>D. tatula</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> après 20 h de traitement.....	112
Figure 93 : Droite de régression des probits aux différentes concentrations utilisées de E.E.F., E.E.M. et E.E.R. de <i>D. tatula</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> après 20 h de traitement.....	112
Figure 94 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.F. de <i>D. stramonium</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	115
Figure 95 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.R. de <i>D. stramonium</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	115
Figure 96 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.M. de <i>D. stramonium</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	116
Figure 97 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.F. de <i>D. stramonium</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	116
Figure 98 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.R. de <i>D. stramonium</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	117
Figure 99 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.M. de <i>D. stramonium</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	117
Figure 100 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.F. de <i>D. innoxia</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	118
Figure 101 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.R. de <i>D. innoxia</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	118
Figure 102 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.M. de <i>D. innoxia</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	119
Figure 103 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.F. de <i>D. innoxia</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	119
Figure 104 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.R. de <i>D. innoxia</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	120

Figure 105 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.M. de <i>D. innoxia</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	120
Figure 106 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.F. de <i>D. tatula</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	121
Figure 107 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.R. de <i>D. tatula</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	121
Figure 108 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.M. de <i>D. tatula</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	122
Figure 109 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.F. de <i>D. tatula</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	122
Figure 110 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.R. de <i>D. tatula</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	123
Figure 111 : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.M. de <i>D. tatula</i> sur les juvéniles (J2s) de <i>M. incognita</i> .....	123
Figure 112 : Droite de régression des probits à différentes concentrations utilisées de l'hyoscyamine sur les juvéniles (J2) de <i>M. incognita</i> .....	136
Figure 113 : Droite de régression des probits à différentes concentrations utilisées de la scopolamine sur les juvéniles (J2) de <i>M. incognita</i> .....	136
Figure 114 : Droite de régression des probits à différents temps d'exposition de l'hyoscyamine sur les juvéniles (J2) de <i>M. incognita</i> .....	137
Figure 115 : Droite de régression des probits à différents temps d'exposition de la scopolamine sur les juvéniles (J2) de <i>M. incognita</i> .....	137
Figure 116 : Etat d'infestation de la première Parcelle .....	146
Figure 117 : Etat d'infestation de la deuxième parcelle .....	146
Figure 118 : Etat d'infestation de la troisième parcelle.....	146
Figure 119 : Etat d'infestation des trois parcelles par les <i>Meloidogyne sp.</i> .....	148

## Liste des annexes

Annexe 1 : Effet des différents parties de <i>D. stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>D. tatula</i> sur l'éclosion des œufs de <i>M. incognita</i> après 08 jours d'observation. ....	181
Annexe 2 : Effet des différents parties de <i>D. stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>D. tatula</i> sur l'éclosion des œufs de <i>M. incognita</i> après 04 jours d'observation. ....	182
Annexe 3 : Effet des différents parties de <i>D. stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>D. tatula</i> sur l'éclosion des œufs de <i>M. incognita</i> après 01 jours d'observation. ....	183



## Liste des tableaux

Tableau 1 : Superficie, production, rendement de la tomate sous serres et nombre de stations et de serres dans chaque wilaya. (*M.A.D.R. 2015).....	18
Tableau 2 : Types de sol des trois micro-parcelles .....	52
Tableau 3 : Facteurs communs entre les trois micro-parcelles .....	52
Tableau 4 : Facteurs différents entre les trois micro-parcelles.....	53
Tableau 5 : Pourcentages des serres infestées dans les différentes wilayates étudiées.....	58
Tableau 6 : Indice de vigueur et indice de galles moyens de trente stations étudiées en fonction des variétés cultivées de la tomate, l'âge des serres, le précédent cultural et les nématicides utilisés .....	60
Tableau 7 : Matière organique, réserve minérale et complexe absorbant de sol .....	73
Tableau 8 : pH. de sol, Conductivité électrique et granulométrie de trente stations étudiées..	79
Tableau 9 : indices de galles des racines de <i>D. stramonium</i> , <i>D. tatula</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>L. esculentum</i> (variété Susana) .....	91
Tableau 10 : Nombre de femelles et de masse d'œufs dans les racines des <i>D. stramonium</i> , <i>D. tatula</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>L. esculentum</i> (variété Susana) .....	92
Tableau 11 : Nombre de J2s dans 1 kg de sol et dans 5 g de racines de chaque espèce végétale .....	93
Tableau 12 : Effet des différents parties de <i>D. stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>D. tatula</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	100
Tableau 13 : DL50 (µl) de l'effet des extraits de <i>D. stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>D. tatula</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> après 20h de traitement .....	109
Tableau 14 : TL50 de l'effet des extraits de <i>D. stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>D. tatula</i> sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> obtenus avec les trois premières doses (100%, 50% et 25%).....	114
Tableau 15 : Effet des différentes parties de <i>D. stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>D. tatula</i> sur l'éclosion des œufs de <i>M. incognita</i> .....	125
Tableau 16 : Effet de <i>Datura</i> sur la multiplication de <i>Meloidogyne incognita</i> in vivo .....	127
Tableau 17 : Effet de l'hyoscyamine et de la scopolamine sur la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	134
Tableau 18 : DL50 (µl/ml) et TL50 de l'effet de l'hyoscyamine de la scopolamine la mortalité des J2s de <i>M. incognita</i> .....	135

Tableau 19 : Effet de l'hyoscyamine et de la scopolamine sur l'éclosion des œufs de <i>M. incognita</i> .....	139
Tableau 20 : Indice de galles des plants prélevés et pourcentage d'infestation de trois micro-parcelles .....	145
Tableau 21 : Modèle G.L.M. appliqué à l'infestation des trois parcelles par les <i>Meloidogyne</i> .....	149
Tableau 22 : Corrélations entre les indices de galles des espèces végétales dans chaque parcelle .....	151
Tableau 23 : Corrélations entre les indices de galles de la tomate, la lavatère, le rumex, la morelle, le piment et le chénopode dans les trois parcelles. ....	152

## Liste des abréviations

A.N.R.H. : Agence Nationale de Ressources Hydrauliques, Alger.

ADN : acide désoxyribonucléique

DL<sub>50</sub> : dose létale pour avoir 50% de mortalité

DMSO : Dimethyl Sulfoxide (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>OS)

E.A.F. : extrait aqueux issu des feuilles de la plante

E.A.M. : extrait aqueux issu d'un mélange de la plante

E.A.R. : extrait aqueux issu des racines de la plante

E.E.F. : extrait éthanolique issu des feuilles de la plante

E.E.M. : extrait éthanolique issu d'un mélange de la plante

E.E.R. : extrait éthanolique issu des racines de la plante

E.N.S.A. : Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Alger.

Fig. : Figure

ha : hectare

I.A.V. : Institut Agronomique et Vétérinaire (Hassen II)

I.G. : Indice de galles

I.T.C.M.I. : Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles de Staoueli.

I.V. indice de vigueur

J2 : larves de deuxième stade

JKI : Julius Kuhn Institut, Munster, Allemagne.

M.A.D.R. : Ministère de l'agriculture et du développement rural.

PCR : Polymerase Chain Reaction, Réaction en chaîne de la polymérase

Tab. : Tableau

TL<sub>50</sub> : temps létale pour avoir 50% de mortalité

## Sommaire

Remerciements .....	I
Dédicace .....	II
Liste des figures .....	III
Liste des annexes.....	VII
Liste des tableaux .....	VIII
Liste des abréviations .....	X
Chapitre I : Introduction générale .....	1
Chapitre II : Matériel et Méthodes .....	17
II.1. Evaluation de l'infestation de la tomate sous serres par les <i>Meloidogyne</i> et l'identification moléculaire de différentes espèces de genre <i>Meloidogyne</i> .....	17
II.1.1. Evaluation de l'infestation de la culture de la tomate sous serres par les <i>Meloidogyne</i> .....	17
II.1.1.1. Notations effectuées .....	18
II.1.1.2. Techniques et outils d'échantillonnage .....	18
II.1.1.3. Collectes d'échantillons.....	19
II.1.1.4. Méthodes d'estimation de l'indice de vigueur (I.V.) .....	19
II.1.1.5. Méthodes d'estimation de l'indice de galles des racines (I.G.).....	20
II.1.1.6. Conservation de nématodes .....	21
II.1.2. Identification moléculaire .....	22
II.1.2.1. Extraction et purification de l'ADN .....	22
II.1.2.2. Tests de la PCR (Réaction en chaîne de la polymérase) .....	27
II.2. Etude de la multiplication et le développement des juvéniles de <i>M. incognita</i> sur les racines de <i>Datura</i> ( <i>D. stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>D. tatula</i> ) .....	28
II.2.1. Préparation de matériel biologique végétale.....	28
II.2.2. Préparation de matériel biologique animal (extraction de <i>M. incognita</i> ) .....	30
II.2.3. Inoculation des J2s de <i>M. incognita</i> .....	32
II.2.4. Evaluation de l'expérimentation .....	35
II.2.4.1. Extraction des larves à partir du sol .....	35

II.2.4.2. Extraction des larves à partir des racines .....	35
II.3. L'activité nématocide des extraits aqueux et éthanoliques de <i>Datura stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>D. tatula</i> contre <i>Meloidogyne incognita</i> .....	37
II.3.1. Préparation du matériel biologique végétal .....	37
II.3.2. Préparation des extraits de <i>Datura</i> .....	39
II.3.3. Préparation et extraction de <i>Meloidogyne incognita</i> .....	39
II.3.4. Effet des <i>Datura</i> sur la mortalité des J2s et sur l'éclosion des œufs de <i>M. incognita</i> .....	41
II.3.5. Effet de <i>Datura stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>D. tatula</i> sur la mortalité de <i>Meloidogyne incognita</i> in vivo.....	43
II.3.6. Evaluation des résultats et statistiques.....	46
II.4. Evaluation de l'efficacité nématocide de deux alcaloïdes de <i>Datura</i> contre <i>Meloidogyne incognita</i> . .....	47
II.4.1. Préparation et extraction de <i>M. incognita</i> .....	47
II.4.2. Dosage des alcaloïdes tropaniques et traitement contre les nématodes.....	47
II.4.3. Evaluation des résultats et statistiques.....	48
II.5. Etude comparative de deux modes d'applications de 1.3-Dichloropropene dans le contrôle des nématodes à galles sur deux variétés de tomate, piment et quelques adventices .....	50
II.5.1. Champs d'expérimentation .....	50
II.5.2. Notations effectuées.....	53
II.5.2.1. Variétés utilisées.....	53
II.5.2.2. Traitement nématocides .....	54
II.5.3. Estimation des dégâts.....	54
II.5.4. Evaluation des résultats et analyses statistiques .....	56
Chapitre III : Résultats et discussions .....	57
III.1. Evaluation de l'infestation de la tomate sous serres par les <i>Meloidogyne</i> .....	57
III.1.1. Variations de l'état d'infestation en fonction des régions .....	57
III.1.1.1. Les principaux facteurs qui déterminent l'agressivité de <i>Meloidogyne</i> dans les différentes régions.....	58

III.1.1.1.1. L'influence de L'âge de la serre sur son degré d'infestation.....	59
III.1.1.1.2. L'influence du précédent cultural sur le degré d'infestation de la tomate sous serres .....	62
III.1.1.1.3. L'influence des variétés de la tomate cultivées sur l'agressivité de <i>Meloidogyne</i> .....	62
III.1.1.1.4. L'influence des produits nématicides utilisés sur le degré d'infestation par les <i>Meloidogyne</i> .....	65
III.1.1.1.5. L'influence des caractéristiques physico-chimiques du sol sur le degré d'infestation de la tomate sous serres par les <i>Meloidogyne</i> .....	67
III.1.1.1.5.1. L'influence de taux de matière organique de sol sur le degré d'infestation de la tomate sous serres par les <i>Meloidogyne</i> .....	67
III.1.1.1.5.2. L'influence de la réserve minérale du sol sur le degré d'infestation de la tomate sous serres par les <i>Meloidogyne</i> .....	70
III.1.1.1.5.3. L'influence du complexe absorbant sur le degré d'infestation de la tomate sous serres par les <i>Meloidogyne</i> .....	72
III.1.1.1.5.4. L'influence du pH du sol et de la conductivité électrique sur le degré d'infestation de la tomate sous serres par les <i>Meloidogyne</i> .....	78
III.1.1.1.5.5. L'influence de la texture du sol sur le degré d'infestation de la tomate sous serres par les <i>Meloidogyne</i> .....	78
III.1.1.2. Effet de <i>Meloidogyne</i> sur la partie aérienne de la tomate sous serres .....	82
III.1.2. Identification moléculaire.....	83
III.1.3. Discussions .....	85
III.2. Etude de la multiplication et le développement des juvéniles de <i>Meloidogyne incognita</i> sur les racines de <i>Datura</i> ( <i>D. stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>D. tatula</i> ).....	91
III.2.1. Evaluation de la notation de l'indice de galles .....	91
III.2.2. Nombre de masses d'œufs et de femelles dans les racines de <i>D. stramonium</i> , <i>D. tatula</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>L. esculentum</i> .....	91
III.2.3. Extraction des larves à partir du sol et de racines de chaque espèce végétale .....	92
III.2.4. Discussions .....	94
III.3. L'activité nématicide des extraits aqueux et éthanoliques de <i>Datura stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>D. tatula</i> contre <i>Meloidogyne incognita</i> .....	98

III.3.1. Effet des extraits aqueux et éthanoliques de <i>D. stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>D. tatula</i> sur la mortalité des J2s de <i>Meloidogyne incognita</i> .....	98
III.3.1.1. Calcul de la DL50 .....	109
III.3.1.2. Calcul de TL50.....	113
III.3.2. Effet des extraits aqueux et éthanoliques de <i>D. stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> et <i>D. tatula</i> sur l'éclosion des œufs de <i>Meloidogyne incognita</i> .....	124
III.3.3. Effet de <i>Datura</i> sur la multiplication de <i>Meloidogyne incognita</i> in vivo.....	126
III.3.4. Discussions .....	128
III.4. Evaluation de l'efficacité nématocide de deux principaux alcaloïdes de <i>Datura</i> contre <i>Meloidogyne incognita</i> .....	133
III.4.1. Effet de l'hyoscyamine et de la scopolamine sur la mortalité des juvéniles de <i>M. incognita</i> .....	133
III.4.1.1. Calcul de la DL50 et de TL50.....	135
III.4.2. Effet de l'hyoscyamine et de la scopolamine sur l'éclosion des œufs de <i>M. incognita</i> .....	138
III.4.3. Discussions .....	140
III.5. Etude comparative de deux modes d'applications de 1.3-Dichloropropène dans le contrôle des nématodes à galles sur deux variétés de tomate, de piment et quelques adventices.....	144
III.5.1. Etat d'infestation des trois micro-parcelles .....	144
III.5.2. Analyses statistiques.....	147
III.5.2.1. Répartition des <i>Meloidogyne</i> et état d'infestation des trois micro-parcelles ...	147
III.5.2.2. Répartition des <i>Meloidogyne</i> par l'analyse de la variance.....	149
III.5.2.3. Evaluation du degré d'infestation des espèces végétales par les nématodes à galles de genre <i>Meloidogyne</i> dans chaque parcelle.....	149
III.5.2.4. Evaluation de l'efficacité des traitements appliqués dans les trois parcelles...	151
III.5.3. Discussions .....	153
Conclusion générale .....	157
Références bibliographiques .....	163
Annexes.....	184

Résumé .....	184
Abstract .....	185
ملخص .....	186
Articles .....	187



# **Chapitre I**

---

## **Introduction générale**

**Chapitre I : Introduction générale**

Les conditions naturelles nécessaires au développement des cultures maraichères en Algérie sont très favorables dans la plupart du territoire national. Néanmoins la densité et la diversité des espèces légumières cultivées varient d'un endroit à un autre selon les conditions pédoclimatiques et les exigences de chaque culture, mais aussi suivant des processus économiques favorables à la concentration de l'activité dans certaines régions du pays. Les cultures maraichères ont connu une forte extension de leurs superficies durant ces dernières années. Les superficies sont passées de 348 744 ha en 2009 à 504 755 ha en 2014 ce qui représente un accroissement de 156 011 ha. La production a presque doublé durant la même période passant de 7 millions de tonnes à 11,8 millions de tonnes. En dépit d'une augmentation de la production, les rendements, bien qu'ils aient enregistré une évolution, restent modestes. Ces dernières sont passées de 18,5 à 23,5 t/h entre 2009 et 2014 (M.A.D.R. 2015).

L'augmentation des superficies de l'ensemble des cultures maraichères est due en partie à l'évolution du potentiel serre. En effet, avec l'avènement des programmes nationaux de développement agricole et rural qui s'est produit par l'aide des pouvoirs publics à la plasticulture. Les superficies des cultures sous serres n'ont pas cessé d'augmenter. Ainsi elles sont passées de 7 794 ha à 12 557 ha entre 2009 et 2014. La même tendance a été marquée pour la production qui a plus que doublé durant la même période passant de 4 à 9 millions de quintaux (M.A.D.R. 2015).

Les cultures maraichères sous serres sont répandues principalement dans les régions littorales du pays représentées par les Wilayas de Tipaza, Jijel, Mostaghanem, Chéelif, Alger, Boumerdès et Skikda où la superficie couverte en 2014 a atteint 40% des superficies plasticoles du pays et ont assuré plus de 33% de la production totale. Le maraîchage sous serres est également répandu dans le sud de pays dans la wilaya d'El Oued et de Biskra. Cette dernière est classée actuellement la première à l'échelle nationale de point de vue superficie et production. En effet, les superficies couvertes en 2014 ont atteint 5 164 ha et la production s'est élevée à 5 millions de quintaux en assurant près de 52% de la production nationale. Parmi les cultures sous serres, la tomate constitue la culture pivot du système plasticole ; puisqu'elle occupe chaque année près de 40% des superficies et assure plus de 55% de la production maraichère sous serres (M.A.D.R. 2015).

La tomate (*Lycopersicon esculentum*) est le légume le plus consommé dans le monde après la pomme de terre. Elle est cultivée dans tous les pays, sous toutes les latitudes. Elle tient une place importante dans l'alimentation humaine. Elle s'utilise en frais ou transformée. Sa production mondiale ne cesse d'augmenter au cours des années. C'est aujourd'hui le légume d'intérêt commercial le plus important. Les statistiques de l'année 2014 établies par le ministère de l'agriculture font état d'une superficie globale de tomate maraîchère cultivée de 22 646 ha, dont 4 148 ha pour la tomate maraîchère sous serres. Le total de la production de tomate en Algérie est de 10 millions de quintaux, dont 4,8 millions de quintaux pour la production de tomate sous serres. Cependant, Le rendement de la tomate sous serres a atteint 1 157 qx/ha en 2014 (M.A.D.R. 2015).

Selon NAIKA *et al.* 2005, la consommation des fruits de la tomate contribue à un régime sain et équilibré. La tomate contient des molécules telles que le lycopène, les vitamines C et E ou les polyphénols qui jouent un rôle dans la protection de l'organisme, notamment par leurs propriétés antioxydantes. La tomate est considérée comme la première source de lycopène, dont il est montré qu'il diminuait le risque de certains cancers. (LAIRON *et al.*, 2005). Ces fruits sont riches en acides aminés essentiels, fer, phosphore, sucres ainsi qu'en fibres alimentaires, dont leur consommation stimule la digestion et facilite le transit intestinal. Elles limiteraient, par ailleurs, les risques de maladies cardio-vasculaires et du diabète (RIMM *et al.*, 1996).

La tomate cultivée, *Lycopersicon esculentum* Mill est une espèce diploïde avec  $2n = 24$  chromosomes, chez laquelle existent de très nombreux mutants monogéniques, dont certains sont très importants pour la sélection. Sa carte chromosomique compte actuellement 235 gènes localisés avec précision (GALLAIS et BANNEROT, 1992). La structure de la fleur de *L. esculentum* assure cleistogamie (autogamie stricte), mais elle peut se comporter comme une plante allogame. On peut avoir jusqu'à 47% de fécondation croisée dans la nature (PUBLISHERS, 2004). Ces deux types de fécondation divisent la tomate en deux variétés qui sont <sup>(a)</sup>des variétés fixées : Il existe plus de cinq cents variétés fixées (conservent les qualités parentales). Leurs fruits sont plus au moins réguliers, sont sensibles aux maladies, mais donnent en général des fruits d'excellente qualité gustative (POLESE, 2007). <sup>(b)</sup> des variétés hybrides : Les variétés hybrides sont plus nombreuses. Elles sont relativement récentes, puisqu'elles n'existent que depuis 1960 (POLESE, 2007).

Les semences des différentes variétés de tomate commercialisées et cultivées en Algérie proviennent en majorité de l'importation. Ce sont des variétés hybrides connues pour leur haut

potentiel génétique. Elles sont appréciées et choisies par les agriculteurs en raison de leur capacité de germination, leur pouvoir résistant aux maladies et aux aléas climatiques (froid) et leur rendement moyen à l'hectare (900 à 1200 qx/ha) (I.T.C.M.I., 1995). Les principales variétés hybrides de tomates à croissance déterminée cultivées en Algérie sont : Tomaland, Top 48, Suzana, Super Red, Super Sahara et Zigana. Les principales variétés hybrides de tomates à croissance indéterminée cultivées en Algérie sont : Actana, Agora, Assila, Bond, Doucen, Nedjma, Tavira, Toufen et Zahra (I.T.C.M.I., 1995).

L'apparition des différents organes de la plante de la tomate, leur forme et leur croissance sont influencées par l'environnement, la nutrition et en particulier par le climat. Les conditions climatiques favorables à la production dépendent à la fois des variétés considérées et du stade de développement. En général, la tomate n'a pas de besoins particuliers en matière de structure du sol. Néanmoins, elle s'adapte bien dans les sols profonds, meubles, bien aérés et bien drainés. Une texture sablonneuse ou sablo-limoneuse est préférable (ELATTIR *et al.*, 2003). La culture de la tomate tolère une large gamme de pH (ELATTIR *et al.*, 2003). Néanmoins, sur des sols à pH basique, certains micro-éléments (Fe, Mn, Zn, Cu) restent peu disponibles à la plante.

La température optimale pour la plupart des variétés se situe entre 21 et 24° C. Les plantes peuvent surmonter un certain intervalle de températures, mais en dessous de 10° C et au-dessus de 38° C les tissus de la plantes seront endommagés (NAIKA *et al.*, 2005). Les basses températures ralentissent la croissance et le développement des plantes entraînant un raccourcissement des entre-nœuds, favorisent la formation d'un feuillage abondant au détriment de la production, comme elles peuvent entraîner des difficultés de nouaison (I.A.V., 1999). Par contre, les températures élevées réduisent la formation des fruits et inhibent le développement normal de la couleur des fruits (NAIKA *et al.*, 2005). En ce qui concerne la température du sol, la tomate est aussi exigeante. L'optimum se situe entre 14 et 18° C (I.A.V., 1999). Les exigences de la tomate en lumière sont aussi très grandes. La tomate est une culture neutre à la photopériode. Cependant, elle est exigeante en énergie lumineuse notamment pour l'initiation florale (I.A.V., 1999). L'intensité de la lumière affecte la couleur des feuilles, la mise à fruits et la couleur des fruits (NAIKA *et al.*, 2005). L'alimentation hydrique est un facteur déterminant de rendement et de la qualité de la tomate. L'absorption d'eau dépend en grande partie du système racinaire (densité racinaire, volume de terre exploré). La consommation est faible en début de cycle, puis croît progressivement jusqu'en début de floraison et atteint son

maximum pendant le pic de maturité des premiers fruits. A ce moment, la surface foliaire est à son maximum. Ensuite, la consommation diminue en même temps que la croissance foliaire ralentit (I.A.V., 1999).

Les cultures maraîchères sont sujettes à des maladies cryptogamiques, bactériennes et virales. Les dégâts sont non négligeables et peuvent parfois être plus sévères en combinaison avec d'autres ravageurs. Le mode intensif de conduite de ces cultures est accompagné généralement par une pullulation de certains bioagresseurs notamment les nématodes phytoparasites qui causent près de 14 % de pertes de rendement dans le monde (AGRIOS, 2005).

Les nématodes ou « vers ronds », constituent l'une des cinq classes la plus importante du phylum zoologique des némathelminthes. Ce sont des vers généralement cylindriques et allongés. Ils présentent une symétrie bilatérale. Les nématodes phytoparasites sont des animaux vermiformes, les plus souvent microscopique. Ils ont une morphologie externe similaire avec un corps en forme d'aiguille et non segmenté, de taille variant de 0.25 à plus de 1 mm (Coyne *et al.*, 2010).

Les nématodes du genre *Meloidogyne spp.* Appelés communément « nématodes à galles des racines », « nématodes des racines noueuses » ou « root-knot nematodes / RKN », représentent un genre de nématodes phytoparasites sédentaires obligatoires. Les nématodes du genre *Meloidogyne* appartiennent à l'embranchement des Némathelminthes, la classe des Nematoda (pas de cils vibratiles, œsophage différencié, appareil excréteur glandulaire) et la sous classe des Secernenta. D'après la révision de REDDY (1983) ils appartiennent à l'ordre « *Tylenchida* », Super famille « *Tylenchoidea* », Famille « *Meloidogynidae* » et à la Sous famille « *Meloidogynae* ». Le cycle de vie des *Meloidogyne* est typiquement divisé en six stades ; le stade œuf, 4 stades juvéniles (J1, J2, J3 et J4) et le stade adulte. Ce cycle se déroule en deux phases : <sup>(a)</sup>Exophyte : Une phase libre mobile qui ne concerne que le stade juvénile J<sub>2</sub> qui se déplace dans le sol à la recherche des racines d'une plante hôte. <sup>(b)</sup>Endophyte : une phase sédentaire de maturation des J<sub>2s</sub> en adulte qui se déroule à l'intérieur des racines après la pénétration des Juvéniles de deuxième stade.

L'attention particulière portée aux *Meloidogyne* est due à leur impact agro-économique majeur et à leur répartition géographique mondiale sur une large gamme d'hôte. Ces nématodes sont des redoutables bio-agresseurs parasitant plus de 5500 espèces de plantes (Blok *et al.*,

2008). Ils s'attaquent aussi bien aux grandes cultures (céréales, pomme de terre, betterave, etc.) qu'aux cultures maraichères, florales et fruitières (Djian-Caporalino et al., 2009). Ils se développent dans les zones où les conditions optimales de leurs développements sont réunies, température élevée et rotation traditionnelle faisant intervenir des espèces sensibles (*Solanacées* et/ou *cucurbitacées*) (CASTAGNONE-SERENO et DJIAN-CAPORALINO, 2001). Selon NETSCHER (1970), plusieurs espèces de *Meloidogyne* parasitent un très grand nombre des plantes aussi bien les monocotylédones que les dicotylédones. Les cultures les plus sensibles sont les *Solanacées* (tomate, pomme de terre aubergine). Le tabac et le piment sont très peu sensibles. La carotte (*Apiacées*) et la laitue (*Asteracées*) sont exposées aux attaques de ces parasites. La betterave (*Chénopodiacées*) et les deux Poacées (le maïs et la canne à sucre) présentent un degré moindre de sensibilité mais toutefois plus important que les Brassicacées (le chou), les Cucurbutacées (melon et concombre), les *Fabacées*, les *Lamiacées* et les *Vitacées* (CASTAGNONE-SERENO, 2002). Selon DE GUIRAN (1983), les *Meloidogyne* se développent sur les arbres fruitiers (bananier) et forestier, ainsi que les plantes ornementales (*Chrysanthemum* sp. et *Ozothamnus* sp.) qui appartiennent à la famille des *Astéracées*. Bien que plus de 90 espèces du genre *Meloidogyne* aient été décrites à ce jour, quatre espèces revêtent une importance économique particulière de la production alimentaire du monde. Il s'agit de *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* et *M. hapla* (Sikora et Fernandez, 2005). Les trois premières espèces sont inféodées aux régions à climat chaud, en revanche *M. hapla* supporte les climats plus froids, elle est très fréquente dans les pays nordiques (CASTILLO et al., 2006; AGUDELO et al., 2006). Parmi plus de 1000 populations de nématodes à galles collectées dans 75 pays, 53% de ces populations comme appartenant à l'espèce *M. incognita*, 30% à l'espèce *M. javanica*, 8% à l'espèce *M. hapla* et 2% à *M. exigua* et d'autres espèces peu représentées (Sikora et Fernandez, 2005). Les galles qu'ils provoquent « renflements caractéristiques facilement reconnaissables. Elles laissent apparaître lorsqu'on les ouvre, de petites sphérules blanchâtres d'un millimètre de diamètre environ, qui représente les femelles avec leurs masses gélatineuses remplis d'œufs accolées à la surface des racines. La forme, la taille et l'aspect des galles varient avec leur âge, leur nombre, la plante hôte et l'espèce de *Meloidogyne*. (KARAJEH et al., 2005) » peut envahir tout le système racinaire, induisant un flétrissement et un retard de la croissance. En cas d'attaque prononcée, ces dégâts peuvent conduire à la mort de la plante.

Au niveau mondial, on estime les pertes dues à *Meloidogyne* est d'environ 100 milliards de dollars par an (BIRD et KALOSHIAN, 2003). Au niveau mondial, ils sont responsables de

14% à 25% de pertes agricoles (WHITEHEAD, 1998 ; AGRIOS, 2005). En Europe, ils sont responsables de 10% de la réduction de la production céréalière et de 20 à 30% de diminutions de récoltes dans les vergers d'agrumes méditerranéens (FELDMESSER, 1971). En outre, les *Meloidogyne* comme d'autres nématodes sont responsables de la transmission de certaines mycoses, bactérioses et viroses. Elle peut avoir lieu par une synergie avec les agents pathogènes ou comme agents vecteurs. L'infection des plantes par les *Meloidogyne* rend plus sévère et plus rapide l'invasion des champignons, augmentant ainsi les dégâts des maladies cryptogamiques. L'interaction entre *Meloidogyne*, *Fusarium*, *Verticillium* et *phytophthora* constitue parfois des facteurs limitant d'une culture donnée (DALMASSO et MISSONIER, 1986). La présence de *Meloidogyne* joue un rôle très important dans la propagation de bactéries, la pénétration de *Pseudomonas solanacearum* sur œillet est favorisée par *Meloidogyne acrita* (DALLIL, 1999). Comme elle peut être obligatoire chez le cas d'*Agrobacterium tumefaciens* qui ne peut s'attaquer à certaines variétés de framboise qu'en présence de *Meloidogyne* (GRIFFIN, 1968). RYDER ET GRITTENDEM (1969), ont signalés qu'il existe un synergisme entre les *Meloidogyne* et le virus des taches annulaires du tabac. Lorsque les plants de soja sont infestés par *Meloidogyne incognita* et ce virus lequel, les dommages causés aux plants augmentent.

Les problèmes phytoparasites causés par les *Meloidogyne* se révèlent de plus en plus préoccupants et peuvent devenir dramatiques dans les années à venir (Djian-Caporalino et al., 2009). Selon WESEMAEL *et al.* (2006), des dégâts importants causés par les *Meloidogyne* dans les conditions de plein champ sont observés à une densité initiale de 5 à 10 larves par gramme de sol sur tomate. Sur cette même culture, VAN DAMME *et al.* (2005) rapportent qu'une densité de 25 larves /cm<sup>3</sup> de sol peut causer des pertes considérables.

En Algérie, la présence de ce nématode est signalée pour la première fois par Delassus en 1928 dans les zones maraîchères de la Mitidja (SCOTTO LA MASSESE, 1962). Ils sont toujours considérés comme les plus redoutables sur ces cultures. Ils sont présents dans la quasi-totalité des parcelles des zones maraîchères du pays et constitue une menace réelle sur ces cultures (SELLAMI *et al.*, 1999). L'étude de l'état d'infestation des serres dans 9 wilayas de l'Algérie montre que sur 1977 serres étudiées, 57.66% sont infesté par les *Meloidogyne* avec un taux d'infestation différent d'une région à une autre. Le taux d'infestation est plus élevé sur le littoral que dans les plaines (MOKABLI, 1988).

La lutte contre les *Meloidogyne* s'avère difficile, de ce fait l'objectif est de maintenir les populations suffisamment bas pour que les dégâts occasionnés soient économiquement

tolérables (WHITEHEAD, 1998). Diverses méthodes sont disponibles pour lutter contre les nématodes phytoparasites. Cependant, plusieurs facteurs influencent le choix de la méthode (AGRIOS, 2005). Ainsi, les mesures préventives comprennent l'ensemble des précautions à prendre pour éliminer toute source de contamination des zones indemnes et de limiter la multiplication du nématode. Elles consistent à utiliser des plants sains et de désinfecter le fumier ou le terreau au niveau des pépinières (DE GUIRAN, 1983). Les méthodes culturales sont les moins coûteuses mais sont difficiles à appliquer notamment contre les *Meloidogyne* en raison de leur polyphagie. La rotation a souvent été conseillée comme moyen de réduire les populations de nématodes. Pour les cultures de tomate au champ, une rotation avec les céréales ou autres graminées. Pour les cultures sous serres, une rotation avec des fèves serait appropriée contre les nématodes (DUVAN, 1991). Une rotation de la tomate avec des plantes pièges comme l'arachide (plante capable d'attirer et d'héberger le nématode sans subir de dégâts), réduit l'action néfaste de *Meloidogyne* (SARR *et al.*, 1986). Les amendements organiques consistent à apporter à la culture de la matière organique, en enfouissant des résidus végétaux tels que les pailles, les feuilles, les tiges. Cette matière organique améliore la fertilité du sol, accélère la croissance de la plante et sa décomposition multiplie l'activité prédatrice de micro-organismes antagonistes de nématodes (KORAYEM, 2003).

Parmi les méthodes physiques, nous citons la solarisation du sol. Cette technique consiste à couvrir le sol avec un film plastique transparent de 20 à 30  $\mu\text{m}$  pendant les périodes de fortes radiations solaires durant quatre à huit semaines (STAPLETON, 2000). L'efficacité de cette technique dépend de la nature, l'épaisseur et la couleur du film (GAUR et PERRY, 1991). L'intérêt de cette méthode réside dans le fait qu'elle peut lutter non seulement contre plusieurs genre de nématodes phytophages (CULMAN *et al.*, 2006), mais également contre les champignons du sol tels que le *Verticillium spp*, *Fusarium spp* et le *Rhizoctonia spp*, de bactéries : *Agrobacterium spp* et les acariens comme le *Rhizoglyphus robiniainsi* que des plantes parasites telles que l'orobanche (GAUR *et* PERRY, 1991 ; LE POIVRE, 2003 ; MINUTO *et al.*, 2006) et les mauvaises herbes comme la Bourse à Pasteur : *Capsella bursapastoris* (*Brassicaceae*) en bloquant leur germination (EL-KEBLAWY et AL-HAMADI, 2009).

La lutte par utilisation des variétés résistantes est aussi conseillée pour diminuer les dégâts due aux *Meloidogyne*. De nombreuses plantes cultivées ou spontanées sont sélectionnées pour leur résistance ou immunité vis-à-vis des espèces de *Meloidogyne*. Ces plantes évitent que



le nématode achève son cycle dans leurs racines, en piégeant les juvéniles du second stade. Elle empêchant la formation des cellules nourricières nécessaires à sa survie autour du nématode (WHITEHEAD, 1998). Selon MESSIAEN *et al.*, 1991, Le gène de résistance le plus caractérisé est le gène Mi, qui confère la résistance à plusieurs espèces de *Meloidogyne* sur tomate. Il est transféré de l'espèce sauvage de tomate *Lycopersicum peruvianum* dans diverses variétés

Les méthodes chimiques consistent à désinfecter les sols contaminés à l'aide de nématicides fumigants agissant par leur vapeur toxique qui saturent l'atmosphère en remplissant les pores du sol et tuent les nématodes par asphyxie. Leur emploi est difficile et nécessite un appareillage assez complexe. Ils sont utilisés avant la mise en place des cultures (WHITEHEAD, 1998). En effet, les produits fumigants polluent les nappes phréatiques et laissent des résidus dangereux pour les consommateurs, c'est ainsi que certains pays d'Europe (Suisse, Hollande, Allemagne) ont déjà interdit l'emploi de ces gaz nématicides (DJIAN-CAPORALINO, 1991). Les sols traités par des nématicides systémiques qui sont représentés par les carbamates (Aldicarbe, Carbofuran) et les organophosphorés (Ethoprophos, Phenaniphos, Cadusaphos). Ce sont des traitements réalisés pour protéger les cultures en place. Ils agissent par ingestion et empêchent la pénétration des nématodes dans les plantes hôtes en inhibant la sécrétion de l'acétylcholinestérase. (WHITEHEAD, 1998). Les nématicides systémiques à leurs tours empoisonnent la sève des plantes en laissant dans celles-ci des résidus extrêmement toxiques.

Compte tenu du coût des produits chimiques, le niveau de technicité qu'ils nécessitent pour leur application et les problèmes qu'ils peuvent présenter au niveau sanitaire ou environnementale. Les recherches se sont orientées vers une utilisation d'ennemis naturels de ces bioagresseurs. L'application de la lutte biologique reste très limitée malgré l'existence d'un certain nombre d'organismes parasites ou prédateurs. Les plus connus sont les champignons nématophages. Ils forment des organes de capture (anneaux constricteurs, boutons adhésifs, réseaux,...) et piègent les nématodes dans le sol. Les travaux de SINGH *et al.* (2007) ont montré que l'application au sol des hyphomycètes prédateurs *Arthrobotrys dactyloides* et *Dactylaria brochopaga*, réduit le nombre de galles de *Meloidogyne* sur les racines de 86%, les femelles, les œufs et les juvéniles de 94%, par apport aux sols non traités avec ces champignons. L'ascomycète *Paecilomyces lilacinus* peut pénétrer dans l'œuf après formation d'un appressoria et agit par la production de toxines : comme les leucotoxines, des chitinases et des protéases. Son efficacité contre *Meloidogyne incognita* sur racines de tomate peut être

de l'ordre de 66% et 74% (KIEWNICK et SIKORA, 2006). Il est commercialisé sous le nom de Bio-act. Homologué sur toutes les cultures légumières, ornementales et fruitières (BELAIR, 2005).

Plus d'une centaine de bactéries nématoparasites ont été isolées et possèdent un potentiel prometteur dans la lutte biologique. Actuellement, c'est la bactérie *Pasteuria penetrans* qui a fait l'objet d'études approfondies vu son potentiel prometteur contre les nématodes. C'est un parasite obligatoire des nématodes qui parasite la plupart des espèces de *Meloidogyne*. Ses endospores s'attachent à la cuticule des juvéniles du deuxième stade, migrent dans le sol et germent quand les juvéniles ont établi des sites nourriciers. Le processus d'attachement de *Pasteuria penetrans* aux larves est très influencé par les facteurs abiotiques tels que la texture et la température du sol ainsi que la qualité et la quantité de l'eau d'irrigation (DAVIES et WILLIAMSON, 2006 ; CARNEIRO *et al.*, 2007 ; MATTEILLE *et al.*, 2009). Parmi les nématodes prédateurs des *Meloidogyne*, nous citons : les Mononchidae, et les Diplogasteridae (TAYLOR et BROWN, 1997). Ainsi, L'application au sol du nématode prédateur *Mononchoides fortidens*, avant la mise en place de la culture de tomate réduit significativement les populations de *Meloidogyne arenaria* et augmente la croissance végétative des plants de tomate (KHAN et KIM, 2005).

Ces dernières années, l'utilisation des substances naturelles ou extraits végétaux comme moyen de lutte alternatif aux pesticides a fait l'objet de nombreux travaux. En effet, les plantes sont capables de synthétiser plusieurs milliers de substances chimiques pour se protéger contre les maladies et les organismes nuisibles. Ces produits peuvent être exploités pour l'élaboration de biopesticides qui seront bénéfiques non seulement pour l'environnement mais également pour la santé humaine (KADIOGLU et YANAR, 2004).

Ces plantes peuvent être utilisées comme engrais verts dans les assolements ou sous forme de broyats, d'amendements incorporés au sol ou comme huile essentielle et enfin comme bionématicide. Ces végétaux peuvent agir de différentes manières, soit par effet nématostatique (DJIAN- CAPORALINO *et* PANCHAUD-MATTEI, 2002) ou bien comme inhibiteur de l'éclosion des œufs, ou diminution des effectifs des *Meloidogyne* dans le sol et les racines.

En Algérie, l'efficacité des extraits aqueux, des huiles essentielles et des amendements organiques des plantes appartenant à plusieurs familles botaniques vis-à-vis de *Meloidogyne incognita* comme les Asteraceae (*Tagetes erecta*, *T. patula* ; *Artemisia herba*

*alba*), les Zygophyllaceae (*Peganum harmala*), les Fabaceae (*Crotalaria saharae*), les Meliaceae (*Melia azedarach*), les Lamiaceae (*Origanum glandulosum*, *Ocimum basilicum*, *Rosmarinus officinalis*) (SELLAMI et MEZERKET, 2006; SELLAMI *et al.*, 2009; SELLAMI *et al.*, 2010).

Actuellement, la lutte intégrée reste la méthode la plus recherchée, celle-ci repose sur l'association de plusieurs méthodes afin de maintenir les populations à un niveau assez bas pour que les dégâts occasionnés soient économiquement tolérables (WHITEHEAD, 1998). La lutte intégrée encourage le respect de l'utilisateur, de la santé et de l'environnement tout en assurant une saine rentabilité. Son principe fondamental repose sur l'emploi de pesticides là où c'est justifiable et nécessaire. C'est pourquoi elle allie diverses techniques (préventive, culturale, génétique, physique et biologique) en complément ou en remplacement des pesticides. Plusieurs options de lutte intégrée sont possibles. Ainsi, l'efficacité de l'incorporation d'amendements organiques au sol à l'égard de *Meloidogyne incognita* et *Meloidogyne javanica* est plus importante quand celle-ci est appliquée en association avec la solarisation du sol (OKA *et al.*, 2007). De même, l'application de la solarisation du sol avec *Bacillus firmus* est efficace contre les nématodes à galles (GIANNAKOU *et al.*, 2007). Selon MORAND (2002), pour bien maîtriser et intégrer toutes les méthodes de lutte disponibles, il est indispensable de maîtriser la biologie et l'épidémiologie de chaque espèce de nématode.

Les méthodes utilisées comme les pratiques culturales (utilisation de variétés résistantes, rotations, jachères) et les moyens physiques (solarisation du sol) ne peuvent être employés que dans des cas exceptionnels (DJIAN-CAPORALINO *et al.*, 2006). La lutte biologique basée sur l'utilisation des champignons nématophages et bactéries nématoparasites n'ont pas faits l'objet jusqu'à présent de commercialisation malgré leur efficacité contre certaines espèces de nématodes (WHITEHEAD, 1998). Les produits chimiques présentent le moyen le plus utilisé par les agriculteurs pour désinfecter le sol. Ces derniers posent de sérieux problèmes, ils empoisonnent non seulement les plantes mais laissent également des résidus très toxiques pour les consommateurs, et polluent les nappes phréatiques (CAYROL *et al.*, 1992). Selon REGNAULT-ROGERT *et al.*, (2005), l'utilisation intensive de produits phytosanitaires organiques de synthèse a engendré un essor considérable des productions agricoles et alimentaires. Toutefois, les désordres écologiques constatés par la suite, montrent l'urgence de la recherche des méthodes alternatives, complémentaires et innovantes de la protection des plantes.

Dans le but de réduire les pesticides, les recherches sont orientées vers l'utilisation des molécules extraites à partir des plantes dites nématicides qui présentent le plus en plus d'intérêt du fait qu'ils possèdent des avantages écologiques. Les plantes représentent une source pratiquement illimitée de métabolites primaires et secondaires. Les métabolites secondaires végétaux sont d'intérêt majeur à cause de leurs différentes fonctions et de la gamme impressionnante de leurs activités biologiques (LECUYER- COELHO, 2000). Les *Datura* sont des Solanacées à alcaloïdes tropaniques, ayant des propriétés thérapeutiques très recherchées en pharmacie (BLANCHINI et CORBETTA, 1975). Parmi ces métabolites secondaires, les alcaloïdes tiennent une place importante. Plus de 27 000 alcaloïdes sont structuralement caractérisés, dont environ 21 000 à partir de plantes (DEWICK, 2009). Les plantes les utilisent pour la plupart d'entre elles dans leurs système de défense contre les bioagresseurs (insectes, mollusques et vertébrés), les pathogènes (virus, bactéries et champignons) et les plantes compétitives (WINK, 1993 ; WINK, 1998). Ces alcaloïdes peuvent également être intéressants dans l'agriculture comme fertilisants biologiques et agents de contrôle dans la protection des végétaux (ANISZAWSKI, 2007). Les alcaloïdes tropaniques sont parmi les familles d'alcaloïdes les plus importantes. Ces substances sont isolées à partir de différentes familles de plantes, telles que les *Solanaceae*, *Convolvulaceae*, *Proteaceae*... (etc). Elles sont présentes chez différents genres tels que : *Duboisia*, *Atropa*, *Hyoscyamus*, *Scopolia* et *Datura* (HAKKINEN, 2008). Ce dernier figure parmi les plantes possédant des propriétés thérapeutiques importantes qui sont dues à leurs teneurs élevées en scopolamine, hyoscyamine et atropine (BENHIZIA, 1989 ; BOULLARD, 2001).

Le mot *Datura* viendrait du nom arabe « *tatorah* » dont la racine « *tat* » signifie piquer (BLANCHINI et PANTANO, 1986). Selon d'autres auteurs, ce mot proviendrait de « *dhatura* » qui est le nom indien de la plante et qui signifie « pomme épineuse » ou « pomme de la mort » (POLETTI, 1988). Appelées en Algérie « *chadjret el djinna* ou *djahanama* », elles sont connues aussi sous plusieurs noms selon les régions, en Kabylie « *bourandjoug* » et aux Aurès « *Netina* » (DAMBRI, 1998).

D'après BIACHINI et PANTANO (1986), le genre *Datura* regroupe plusieurs espèces telles : *D. innoxia*, *D. tatula*, *D. quercifolia*, *D. candida*, *D. stramonium*, *D. sanguinea*, *D. meltoïdes* et *D. metel*. Ces mêmes auteurs indiquent que ce genre est originaire d'Europe, alors qu'OZENDA (1977), signale qu'il est d'Amérique. Ce genre est répandu au Mexique et dans les régions méditerranéennes (DOERK *et al.*, 1991). COURTIN (2004) l'a signalé dans les

régions tempérées et chaudes du monde. HOUMANI-BENHIZIA (1999) a identifié au cours de ses prospections à travers plusieurs régions de l'Algérie, huit espèces de plantes productrices d'alcaloïdes tropaniques, appartenant à trois genres de la famille des *Solanaceae* : *Atropa*, *Datura* et *Hyoscyamus*. *Datura* est le genre le plus représenté avec cinq espèces annuelles : *Datura ferox*, *Datura quercifolia*, *Datura innoxia*, *Datura stramonium* et *Datura tatula*. Elles poussent à l'état sauvage aux bords des routes, dans les décombres et dans les cultures. Les *Datura* préfèrent les sols légèrement basiques, humides et les expositions bien ensoleillées.

La stramoine (*D. stramonium*) est une plante annuelle vigoureuse dont la tige arrondie porte des feuilles ovales aiguës profondément découpées en lobes inégaux pointus et marquées par des nervures saillante, axillaires, grandes. Les fleurs ont un calice à 5 sépales et une corolle tubuleuse, plissée, blanche, évasée en entonnoir. Le fruit est une capsule fortement épineuse, à 4 valves épaisses, contenant de nombreuses graines noires, réniformes, à surface réticulée (BRUNETON, 2005). Le *Datura stramonium* est une plante herbacée de port puissant (VOLAK *et al.*, 1983) de 0.3 à 1 m de hauteur (CECCHNI, 1976). Le pétiole mesure de 2 à 6 cm et le limbe de (5 à 13) x (3 à 15) cm (AMDOUN *et al.*, 2005). La racine est fusiforme et ramifiée (THURZOVA, 1981 ; PELIKAN, 1986). La teneur en hyoscyamine des parties aériennes du *D. stramonium* est de  $0,67 \pm 0,15$  mg/g de matière sèche. Elle est environ 2,5 fois plus importante que celle de la scopolamine. Les racines présentent des teneurs en hyoscyamine environs 4 fois plus faibles que celles des parties aériennes. Elles sont également dominées par l'hyoscyamine. La production moyenne d'alcaloïdes (hyoscyamine + scopolamine) est de 105 mg/plante (HOUMANI et COSSON, 2000).

*Datura tatula* est une plante annuelle, à saveur amère et à odeur légèrement vireuse, elle peut atteindre 1,5 m de hauteur. La tige est dichotome, elle est mince plus au moins ridée, de couleur brin pourpre. La feuille présente un limbe acuminé de 8 à 25 cm de long et de 7 à 15 cm de large, de forme dentelée, le pétiole est cylindrique de couleur violette. La fleur est solitaire à l'aisselle de chaque ramification, elle présente un court pédoncule, elle est pentagone à ovaire super, le calice est gamosépale, d'une couleur verte avec des striés violacées. La corolle est infundibuliforme de couleur pourpre lavande. Les racines sont de couleur pâle et portent de nombreuses radicelles (LEBON, 1971). Les parties aériennes de *D. tatula* renferment une teneur en hyoscyamine de  $0,73 \pm 0,19$  mg/g de matière sèche. Celle-ci est environ 3 fois plus élevée que celle de la scopolamine. Les racines sont également dominées par l'hyoscyamine

avec une teneur de 0,38 mg/g de matière sèche. La production moyenne d'alcaloïdes (hyoscyamine + scopolamine) est de 53 mg/plante (HOUMANI et COSSON, 2000).

*Datura innoxia* est une plante annuelle, de port dressé, elle peut atteindre 2m de hauteur (PARIS et MOYSE, 1971). La tige de *D. innoxia* est duvetée et violette. Les feuilles sont alternes, vertes et sinuées, légèrement duveteuses, leur pétioles mesure entre 2 et 7 cm, le limbe est à la base arrondie et mesure (4 à 12) x (2 à 8) cm. La plante porte une fleur érigée de 8 à 15 cm, blanche ou violette. Le calice fait de plus de la moitié de la largeur de la corolle. Le fruit est une capsule épineuse. Lors de la formation à maturité, le fruit s'ouvre de manière irrégulière pour libérer de grandes graines de 3 à 5 mm réniforme, rugueuses de couleur marron. Les parties aériennes du *D. innoxia* renferment une teneur d'alcaloïdes (hyoscyamine + scopolamine) de  $1,03 \pm 0,24$  mg/g de matière sèche, ayant un rapport de scopolamine / hyoscyamine de 2.81. Ces organes sont dominés par la scopolamine. Les racines renferment sept fois plus de l'hyoscyamine que de scopolamine. La production moyenne d'alcaloïdes (hyoscyamine + scopolamine) est de 109 mg/plante (HOUMANI et COSSON, 2000).

Les alcaloïdes sont classés en fonction de leur activité biologique ou en fonction de leur structure chimique en plusieurs groupes. Parmi ceux-ci, on trouve les alcaloïdes tropaniques (BRUNETON, 1999), qui regroupent l'hyoscyamine, la scopolamine (ou hyoscine) et l'atropine (isomère racémique de l'hyoscyamine) qui représentent généralement les alcaloïdes tropaniques les plus importants de plusieurs familles botaniques (Erythroxylaceae, Convolvulaceae, Proteaceae, Euphorbiaceae, Rhizophoraceae) (GRIFFIN *et* LIN, 2000 ; FALCÃO *et al.*, 2008) et plus particulièrement des Solanacées (VERDRAGER, 1987 ; HOUMANI et COSSON, 2000). Cette dernière famille comporte environ 100 genres et 3000 espèces. Les genres les plus importants sont *Datura*, *Brugmansia*, *Hyoscyamus*, *Atropa*, *Scopolia*, *Anisodus*, *Atropanthe*, *Physochlaina*, *Mandragora*, *Anthotroche*, *Cyphantera* et *Duboisia*, qui sont connus par leur richesse en alcaloïdes tropaniques (GRIFFIN *et* LIN, 2000 ; POLYA, 2003 ; DONCHEVA *et al.*, 2006). Dans la plante, les alcaloïdes tropaniques sont des esters de l'acide tropique qui est un acide aromatique et du tropanol ou du scopanol (LEET, 1979). Ils prennent leur nom du noyau tropane (FELIDJ, 2005) qui est un hétérocycle azoté et bicyclique (BRUNETON, 1987). Ils se localisent dans la plante dans plusieurs organes à des concentrations variables. L'hyoscyamine et la scopolamine sont considérés comme les composants majeurs de ces alcaloïdes tropaniques (KOELEN *et* GROSS, 1982 ; SHUKLA *et* THAKUR, 1992).

L'hyoscyamine est de formule brute  $C_{17}H_{23}NO_3$ , qui est une base lévogyre se transforme facilement en DL-hyoscyamine (Atropine) forme racémique dont la formule brute est identique. La scopolamine ( $C_{17}H_{21}NO_4$ ) dont la structure est très voisine de l'hyoscyamine possède en plus de ces deux molécules un atome d'oxygène sur le noyau tropane (GOULLE, 2004).

À faible dose, les alcaloïdes tropaniques peuvent avoir d'importantes applications pharmaceutiques (VALLET, 1996 ; HOPKINS, 2003). Les alcaloïdes tropaniques sont utilisés comme médicaments, relaxants musculaires, analgésiques, tranquillisants et psychotropes (HOPKINS, 2003). Ils sont antispasmodiques, sédatifs et anticholinergiques. Les alcaloïdes sont également efficaces contre les douleurs consécutives à une arthrose du rein, de la vésicule biliaire, du colon et des organes abdominaux (VERDRAGER, 1978).

En plus de son rôle dans la pharmacologie humaine et vétérinaire, le *Datura* trouve plusieurs autres applications dans de multiples domaines tels que la lutte et l'agriculture biologique. Dans le cadre de la lutte biologique, les *Datura* peuvent être utilisés comme moyen alternatif pour lutter contre plusieurs ravageurs tels que les insectes et les nématodes ainsi que les pathogènes grâce à leur activité biopesticide. Actuellement des essais in vitro, montrent l'effet bioinsecticide des extraits de *Datura* contre les insectes phytophages et ceux des denrées. RAMYA *et al.*, (2008), rapportent que les extraits aqueux des *Datura metel* montrent un effet larvicide contre *Helicoverpa armigera* (noctuelle de la tomate ou chenille du cotonnier). Alors que les extraits de *D. metel* provoquent un effet toxique sur les insectes des denrées ; *Tribolium castaneum* (SINGHVI *et al.*, 2001) et *Tribolium confusum* (SINGHVI *et al.*, 2002). Par ailleurs, il est démontré que les extraits organiques (acétone et pét-éther) de feuilles de *D. alba* ont une activité insecticide contre le Trogoderme des graines (*Trogoderma granarium*) affectant les grains de stockage de blé (DWIVEDI *et SHEKHAWAT*, 2004). Les doses élevées des extraits chlorophormiques de feuilles (les alcaloïdes) de *D. alba* sont également toxiques sur les aphides et les fourmis noires (KUGANATHAN *et al.*, 2008).

Les *Datura* possèdent en outre une activité allélopathique contre les plantes compétitives. Des essais in vitro montrent que les alcaloïdes issus des graines de *D. stramonium* (hyoscyamine et scopolamine) inhibent la croissance des semis du tourne sol *Helianthus annuus* L. (LEVITT *et LOVETT*, 1984), ainsi que la germination et l'élongation radriculaire de *Linum usitatissimum* L. (LOVETT *et al.*, 2006) et la germination de semis précoce de deux céréales (blé et orge) (LOVETT *et POTTS*, 1987).

Par ailleurs, l'allélopathie de *Datura* pourrait être utilisée pour lutter contre les mauvaises herbes du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). JAVAID *et al.*, (2008), affirment que les extraits aqueux et organiques (méthanol et hexane) des racines et des parties aériennes de *D. metel* entraînent une inhibition de la germination des graines et des parties aériennes et de la biomasse des plants de *Phalaris minor* Retz.

Depuis quelques années, la plasticulture devient l'un de secteurs les plus importants dans la production agricole. Elle occupe à l'heure actuelle une place très importante dans le système de l'agriculture algérien. La multiplication intense des abris serre un peu partout au niveau de territoire nationale a favorisé le développement de nombreux bio-agresseurs. Parmi lesquels nous citons les nématodes à galles : *Meloidogyne sp*, ces derniers constituent le groupe le plus redoutable sur cultures maraîchères dans le monde (DEGUIRAN, 1983 ; KIEWNICK *et* SIKORA, 2006). Compte tenu des exigences des consommateurs, pour un produit de bonne apparence, les agriculteurs cherchent des solutions pour obtenir des rendements élevés et de haute qualité. Parmi les modes de contrôles employés actuellement, les traitements par des produits phytosanitaires et l'utilisation de variétés résistantes associés aux techniques culturales. Parfois le recours aux nématicides seuls n'est plus efficace contre ces bioagresseurs. L'agriculteur se trouve face à des offres sur le marché de variétés dont leur adaptation vis-à-vis des nématodes à galles n'est pas bien connue. C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail de recherche qu'a pour buts :

1. la mise en évidence des facteurs de développement des *Meloidogyne* sur la tomate sous serres. La distribution et l'identification des différentes espèces appartenant à ce genre de nématode dans différentes régions en Algérie.
2. Etude de la multiplication et le développement des juvéniles de *Meloidogyne incognita* sur les racines de *Datura* (*D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*). Cette étude va nous permettre de confirmer l'idée que les *Datura* peuvent présenter un intérêt particulier dans un programme de lutte et que ces derniers peuvent associer les plantes dites nématicides.
3. L'activité nématicide des extraits aqueux et éthanoliques de *Datura stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* contre *Meloidogyne incognita*. Cette étude nous a permis d'évaluer l'efficacité des extraits issus de trois plantes du genre *Datura* (*Datura stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*) sur la mortalité des juvéniles, le potentiel



d'éclosion des œufs in vitro d'une part et sur le développement des larves de *Meloidogyne incognita* in vivo d'autre part.

4. Evaluation de l'efficacité nématicide de deux principaux alcaloïdes de *Datura* contre *Meloidogyne incognita*.
5. Etude comparative de deux modes d'applications de 1.3-Dichloropropène dans le contrôle des nématodes à galles sur deux variétés de tomate, piment et quelques adventices.

Ces aspects étudiés nous permettent de statuer d'une manière globale sur les possibilités de gestion des problèmes nématologiques par des moyens respectueux de l'environnement et la santé humaine. Ces méthodes de protection rentrent dans une vision de lutte raisonnée intégrée contre les nématodes phytoparasites.

# **Chapitre II**

---

## **Matériel et Méthodes**

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

### II.1. Evaluation de l'infestation de la tomate sous serres par les *Meloidogyne* et l'identification moléculaire de différentes espèces de genre *Meloidogyne*

L'objectif de la première expérimentation de notre étude consiste à effectuer une prospection dans les régions à vocations maraîchère en Algérie afin d'établir une cartographie de la répartition des nématodes du genre *Meloidogyne*. Par le biais d'un questionnaire ainsi que l'analyse de sol, nous avons essayé d'illustrer les facteurs agronomiques dont la culture de la tomate est pratiquée dans le but de faire la relation entre ces facteurs et l'état de l'infestation. La région d'étude s'étend sur dix wilayas de différentes régions en Algérie où la plasticulture occupe une place importante avec la dominance de la production de la tomate. (Oued souf, Biskra, Adrar, Skikda, Jijel, Boumerdes, Alger, Tipaza, Chéelif et Mostaghanem).

#### II.1.1. Evaluation de l'infestation de la culture de la tomate sous serres par les *Meloidogyne*

La prospection a été réalisée sur la tomate sous serres durant les deux campagnes agricoles 2013/2014 et 2014/2015 sur une période qui s'étale du début de janvier 2014 jusqu'à Mars 2015. Le choix des stations prend en considération la présence de la tomate sous serres. La prospection est effectuée deux à trois fois pour chaque région. La première prospection est consacrée aux choix des stations (Tab. 01). Des échantillons de sol de chaque station sont collectés durant la première prospection dans le but d'étudier les différents types de sol. L'évaluation de l'état phytosanitaire des plants de tomate est effectuée en fin de culture par l'indice de vigueur et l'état d'infestation de chaque station par l'indice de galles. Ceci nous permet également de collecter les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*.

**Tableau 1** : Superficie, production, rendement de la tomate sous serres et nombre de stations et de serres étudiées dans chaque wilaya. (\*M.A.D.R. 2015)

	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)	Nombre de stations	Nombre total de serres
Oued Souf	58,00	58 000	1 000,0	1 (25)*	25
Biskra	2 088,00	2 845 871	1 363,0	4 (23/ 27/ 20/ 30)	100
Adrar	6,32	3 420	541,1	3 (20/ 27/ 11)	58
Skikda	11,68	12 848	1 100,0	2 (10/ 25)	35
Jijel	127,58	144 498	1 132,6	4 (18/ 20/ 24/ 14)	76
Boumerdes	134,00	120 600	900,0	3 (30/ 34/ 24)	88
Alger	178,00	202 680	1 138,7	4 (33/ 30/ 30/ 28)	121
Tipaza	466,00	469 069	1 006,6	4 (20/ 26/ 20/ 17)	83
Chéelif	340,00	315 930	929,2	1 (25)	25
Mostaghanem	302,00	233 643	773,7	4 (30/ 23/ 30/ 20)	103

\* nombre de serre dans chaque station

#### II.1.1.1. Notations effectuées

Les conditions agronomiques ; à savoir le mode de conduite la culture, les variétés utilisées, le type d'irrigation, le précédent cultural et les traitements nématicides sont déterminants de la culture. La maîtrise de ces conditions assure un environnement favorable à la croissance et au développement de la culture. Tous ces facteurs ont fait l'objectif de notre enquête qui est basée sur l'influence de l'ensemble de ces pratiques culturelles sur l'état d'infestation par les *Meloidogyne*.

#### II.1.1.2. Techniques et outils d'échantillonnage

Après avoir observé les symptômes d'une possible infestation par les nématodes, l'étape suivante consiste à échantillonner aléatoirement des racines. Ces échantillons sont analysés sur place et parfois au laboratoire pour quantifier le degré d'infestation (l'indice de galles). Les spécificités locales suivantes ont des implications sur la méthode d'échantillonnage et doivent être prises en considération à cette étape ; Le nom de l'agriculteur, Le lieu (et les coordonnées GPS quand c'est possible), Surfaces plantées de différentes variétés, la date de plantation, le précédent cultural, le type de sol, le type d'irrigation, la température et les changements

saisonniers. Les outils et accessoires les plus utiles afin d'échantillonner, comprennent une truelle à main, un sécateur (pour couper les racines), des sacs en papier, des étiquettes, des marqueurs permanents, un crayon et un carnet nécessaires pour noter les informations.

### II.1.1.3. Collectes d'échantillons

Il est préférable de collecter assez d'échantillons afin d'assurer une représentativité suffisante de la distribution des nématodes dans le champ. Plus grand sera le nombre de sous-échantillons (pris) combinés pour former l'échantillon composite pour chaque champ, plus précise sera l'estimation. Un équilibre entre le temps et les ressources disponibles est cependant nécessaire. La procédure d'échantillonnage et le nombre d'échantillons collectés doivent couvrir la variabilité due aux nématodes et à leur agrégation. Pour une surface de 0.5 à 1 hectare, l'échantillonnage doit comprendre entre 10 (minimum) et 50 sous-échantillons. La combinaison de ces sous-échantillons conduit à un échantillon composite représentatif de la surface de champ échantillonnée. Le rassemblement de ces sous-échantillons aide à préserver les nématodes en maintenant une température et une humidité adéquate.

Un échantillonnage aléatoire est réalisé en zigzag. Le nombre d'échantillon prélevé est de 20 racines au niveau de chaque serre. Ces mêmes plants ont faits l'objet de l'évaluation de l'indice de vigueur. La période optimale d'échantillonnage varie selon les plantes cultivées, les stades de développement de la plante et les objectifs de l'échantillonnage. Notre échantillonnage a porté sur la tomate sous serres, en fin de cycle végétatif, la période à laquelle les *Meloidogyne* présentent une forte infestation qui se traduit par des dégâts importants. Après avoir évalué l'état d'infestation due aux *Meloidogyne*, il est important de leur apporter les soins appropriés pour les conserver dans de bonnes conditions. Les échantillons ne doivent pas rester exposés au soleil. Ils ne doivent pas non plus attendre trop longtemps avant d'être traités au laboratoire. Les échantillons sont placés dans une glacière, ou emballés dans des boîtes en carton solide et placés au frais à l'ombre.

### II.1.1.4. Méthodes d'estimation de l'indice de vigueur (I.V.)

Une notation de vigueur des plants de tomate est réalisée suivant une grille de 0 à 4. La note I.V. = 0 est attribuée aux plantes complètement desséchées. I.V. = 1 est attribuée aux plantes très peu développées et de couleur jaune (plantes en voie de dessèchement). I.V. = 2 est attribué respectivement de vigueur moyenne. Les plantes présentant 25-30% de la végétation desséchée sont notés I.V. = 3. La note 4 correspond à un plant bien développé et de couleur verte soutenue.

### II.1.1.5. Méthodes d'estimation de l'indice de galles des racines (I.G.)

L'échantillonnage nous a permis d'estimer le degré d'infestation de la culture de la tomate sous serres. L'indice de galles est une notation visuelle de l'état des racines allant de 0 pour les plants sains non infestés à 10 pour les plants infestés ZECK (1971). Cet indice reste un critère idéal pour la détermination de l'infestation des cultures par les nématodes à galles. Cette méthode consiste à prélever des plants de chaque serre et noter l'indice de galles des plants, en fonction de l'absence ou la présence de galles, leurs positions ainsi que leur grosseur (Fig. 01).

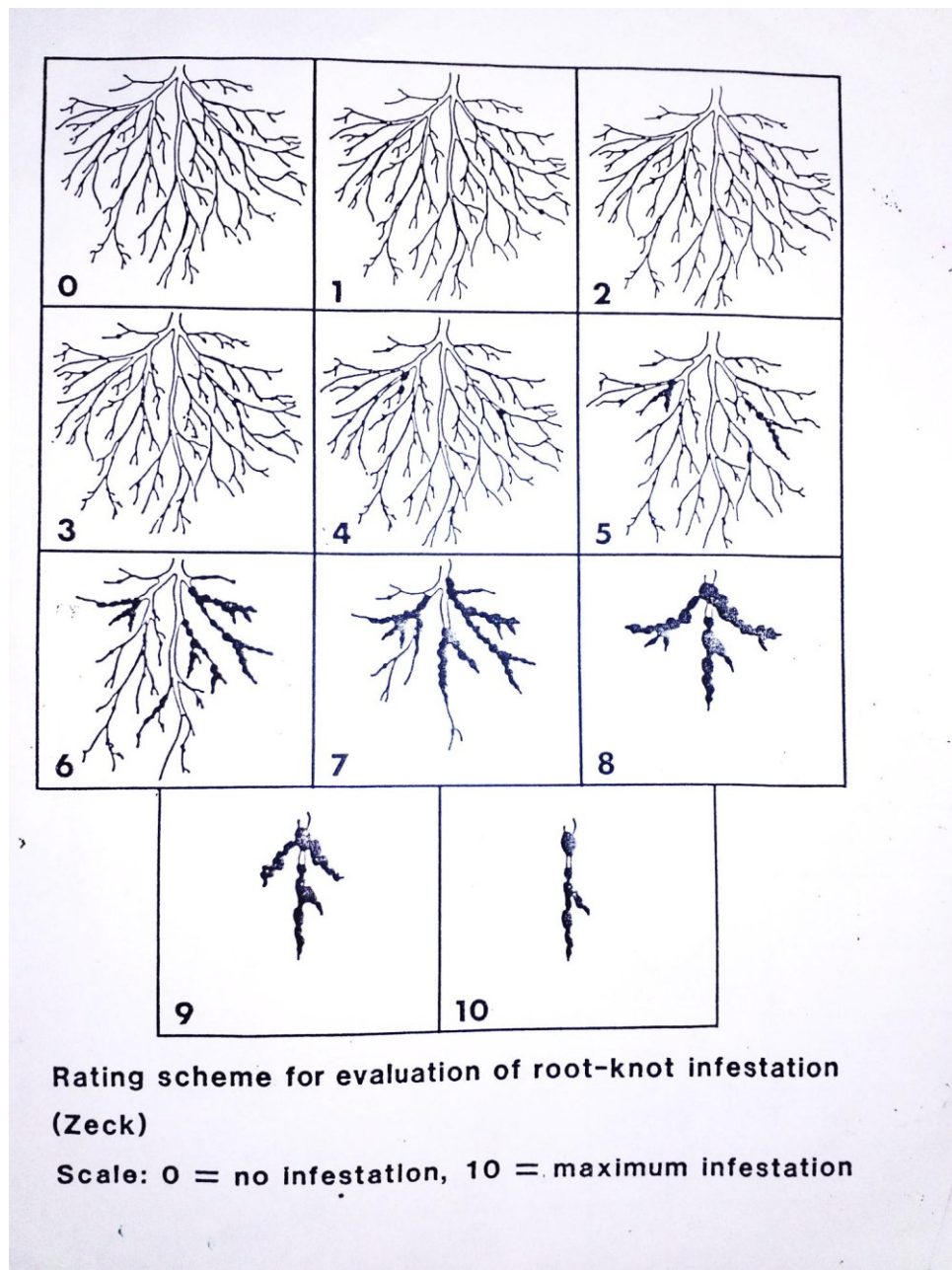


Figure 1 : Notation de l'indice de galle (ZECK, 1971).

### II.1.1.6. Conservation de nématodes

La construction d'une petite serre à la station expérimentale de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique (E.N.S.A. d'Alger) nous a permis de conserver nos populations de *Meloidogyne* immédiatement dans des pots de 10 L. remplis par un terreau stérilisé. Les racines de chaque région sont découpées à l'intérieur des pots. Nous avons transplanté des plants de tomates variété « Marmande » afin de faciliter le développement des nématodes. Selon le protocole suivant (Fig. 02) :



**Figure 2** : Conservation et multiplication de populations de *Meloidogyne* sp.

### II.1.2. Identification moléculaire

Après avoir multiplié les différentes populations de nématodes dans une période de 55-75 jours sur les racines de la tomate, Elles sont ensuite emballées dans des boîtes en plastique et transportées à Julius Kuhn-Institut (Munster, Allemagne). L'étape suivante consiste à connaître l'espèce dominante de *Meloidogyne* afin d'étudier ses caractéristiques morphologiques et moléculaires. Cette étude nous permet de comparer et de reconstituer les relations phylogénétiques des populations algériennes de *Meloidogyne* de différentes localités et les populations d'autres origines géographiques.

#### II.1.2.1. Extraction et purification de l'ADN

Des juvéniles (J2<sub>s</sub>) de *Meloidogyne sp* de différentes régions sont extraites à partir des racines de tomates par la technique d'extraction de mistifier décrite dans HOOPER *et al.*, (2005). Cette technique est utilisée pour extraire des nématodes mobiles. Il consiste en principe d'un entonnoir Baermann placé dans un placard fermé. La présence des buses de pulvérisation en haut de ce placard permet de changer l'eau des entonnoirs par des gouttelettes tombant sur les racines. Cette technique nous a permis de récupérer les J2<sub>s</sub> de *Meloidogyne* tous les deux jours pendant 2 semaines (Fig. 03). L'extraction des larves à partir des sol de chaque région est effectuée par la technique de Baermann, modifiée par (HOOPER *et al.*, 2005) (Fig. 04).





**Figure 3 :** La chambre mistifier utilisée pour l'extraction de J2s de *Meloidogyne sp.*  
(Originale)



**Figure 4 :** Extraction des J2s de *Meloidogyne sp.* à partir de sol (Originale)

L'extraction de l'ADN de 7 populations de nématodes à galles (Adrar, Oued souf, Alger, Jijel, Mostaghanem, Biskra et Skikda) est faite suivant le protocole expérimentale suivant ; Dans des tubes de 10 ml, nous mettons 2ml NaCl, 2ml Tris-Hel à pH = 8, 0.1 ml  $\beta$ -Mercaptoéthanol puis on ajoute de l'eau jusqu'à 9.6 ml et on conserve cette solution à -20 °C dans dix tubes à base de 960  $\mu$ l/tube. Avant l'utilisation du tampon de lyse (lysis buffer) nous ajoutons 40  $\mu$ l de Protinase K pour chaque tube à fin d'avoir un tube de 1 ml. Sous une loupe, nous mettons 30  $\mu$ l du tampon de lyse sur une lamelle. Nous déposons 10 larves de *Meloidogyne sp.* au centre de la goutte sur la lamelle. A l'aide d'une micropipette de précision nous prenons les 10 larves dans 10  $\mu$ l du tampon de lyse en les mettons dans des Micro-tubes type eppendorfs de 1 ml portant 10  $\mu$ l de l'eau double déionisée. Les eppendorfs sont ensuite passés par un agitateur vortex à vitesse réglable pour quelques secondes et à une centrifugeuse pour 2 à 3 secondes à fin d'homogénéiser le milieu et de centrer les nématodes au fond des tubes (Fig. 05 et 06). Les tubes sont ensuite congelés à -80°C pendant 20 min et incubés à un thermomixeur pendant 2h à 65°C avec 750 rpm puis à 96°C pendant 5 min pour désactiver l'activité de protéinase K (Fig. 07). Nous avons conservé les eppendorfs dans un congélateur à -80°C (Fig. 08).



**Figure 5 :** Agitateur vortex utilisé durant l'extraction de l'ADN (Originale)



**Figure 6 :** Centrifugeuse utilisée pour centrer les nématodes au fond des tubes eppendorfs (Originale)



**Figure 7 :** Thermomixeur utilisé durant l'extraction de l'ADN (Originale).



**Figure 8 :** Conservation des eppendorfs dans un congélateur à  $-80^{\circ}\text{C}$  (Originale)

### II.1.2.2. Tests de la PCR (Réaction en chaîne de la polymérase)

Les deux amorces utilisées dans cette partie sont celles décrites par (ZILJSTRA, 2000) pour identifier l'espèce de *Meloidogyne*. Finc (5'-CTCTGCCCAATGAGC TGTCC-3') et Rinc (5'-CTCTGCCCTCACATTAAG-3'). L'amplification de l'ADN est réalisée dans un volume réactionnel total de 25  $\mu$ l contenant ; 1  $\mu$ l d'extrait d'ADN, 1  $\mu$ l de chaque amorce (10 pmol/ $\mu$ l), 2.5  $\mu$ l de dNTPs (2 mM chaque dNTP), 2.5  $\mu$ l 10x Tompon Taq DNA, 0.3  $\mu$ l Taq DNA polymérase et 16,7  $\mu$ l de l'eau ultra pure. La réaction de PCR est réglée à 95°C pendant 3 min suivie par 35 cycles d'amplification à 95°C pendant 30 secondes, 51.5°C pendant 30 secondes et 72°C pendant une minute avec une incubation finale pendant 7 min à 72°C (Fig. 09). Les produits amplifiés sont séparés sur des gels d'agaroses à 1.0% dans 1x tampon TBE à 5 V/cm pour 1h, colorés avec du bromure d'éthidium à 0.00001%.



**Figure 9** : Thermocycleur (Originale).

## II.2. Etude de la multiplication et le développement des juvéniles de *M. incognita* sur les racines de *Datura* (*D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*)

Les biopesticides à base de plantes constituent aujourd'hui une voie de recherche intéressante vue les avantages écologiques qu'elle présente. Ces plantes peuvent être cultivées de diverses façons pour protéger des cultures sensibles aux nématodes parasites. Elles peuvent réagir de diverses façons à la présence d'une espèce de nématodes. BERGE (1971) classe les plantes selon leurs réactions vis-à-vis les nématodes en cinq grand groupes ; <sup>(1)</sup> Plantes nématicides qui produisent des substances nématicides. <sup>(2)</sup> Plantes immunes qui ne permettent pas aux nématodes de s'alimenter aux dépens de leurs tissus (Plantes non-hôtes). <sup>(3)</sup> Plantes résistantes qui sont peu attaquées et à l'intérieur desquelles le parasite ne peut achever son développement. <sup>(4)</sup> Plantes tolérantes qui ne souffrent pas notablement du parasitisme même si elles permettent la multiplication des nématodes. <sup>(5)</sup> Plantes sensibles qui permettent le développement du parasite et souffrent de parasitisme (Plantes hôtes). Dans cette partie, nous allons étudier la relation entre trois espèces de *Datura* ; *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* et les nématodes à galles *Meloidogyne incognita* in vivo. Elle va nous permettre de répondre à notre question du comportement de *M. incognita* vis-à-vis les trois espèces de *Datura* ? Est-ce que les *Datura* peuvent héberger les populations de *M. incognita* ? Est-ce qu'elles peuvent faire objet des plantes nématicides vue leurs richesses en alcaloïdes, leur propriétés pharmaceutiques et leurs particularités toxiques ?

### II.2.1. Préparation de matériel biologique végétale

Notre expérimentation est réalisée sur le test de l'effet de 3 espèces de *Datura* sur la mortalité, la multiplication et le développement des larves de *M. incognita* par rapport à la tomate cultivée (*Lycopersicum esculentum*) variété Suzana. L'expérimentation est réalisée sous une serre à la station expérimentale de l'E.N.S.A. Nous avons préparé 4 blocs, chaque bloc contient 10 pots. Trois blocs sont désignés pour les trois différentes espèces de *Datura* et l'autre pour le bloc de la variété de tomate (*Lycopersicum esculentum*). Le semis de la tomate et des trois espèces de *Datura* dans des plaques alvéolés. La Préparation des blocs d'une contenance de 2 L ou nous avons mis 1 kg de sable stérilisé avec 1 kg de terreau (V/V). Après germination et développement des plantules de tomate (stade 4 feuilles) avec les trois espèces de *Datura*, nous avons procédé au repiquage de 10 plantules pour chaque bloc (Fig. 10, 11 et 12).



Figure 10 : Semences de *Datura stramonium* (originale)



Figure 11 : Pot de 2 l utilisé dans l'expérience (originale)



Figure 12 : Repiquage du plant de tomate. (Originale)

### II.2.2. Préparation de matériel biologique animal (extraction de *M. incognita*)

L'extraction des larves est effectuée à partir des racines de tomate infestées par le nématode à galle *M. incognita*. Pour avoir un grand nombre des J2<sub>s</sub>, nous avons opté pour la méthode suivante :

- Rinçage des racines infestées avec de l'eau.
- Prélèvement des radicelles contenant plus de masses d'œufs.
- Préparation de passoires avec des mailles de 40 µm pour avoir un milieu claire sans débris racinaire ni particules de sol.
- Mettre la passoire dans la boîte de Pétrie et à l'intérieure de laquelle, nous avons mis les radicelles en remplissant la boîte avec de l'eau pour mieux tremper les radicelles.
- Pour augmenter le nombre de larves, nous avons préparé 50 boîtes (Fig. 13).
- Après 48 heures, nous versons le contenu des boîtes dans des béchers.
- Après 24 heures les larves descendent vers le fond du bécher, ce qui nous permettra de baisser le niveau d'eau jusqu'à 100 ml
- A l'aide d'une pipette, on homogénéise la solution et on prélève 5 ml pour le comptage des larves.
- Dans notre expérimentation, nous avons besoin d'inoculer 2000 J2<sub>s</sub> de *M. incognita* par pot avec une petite quantité d'eau. Pour cela nous avons opté pour une dilution à l'aide d'un cylindre de 100 ml.
- Après 24 heures, on baisse le niveau d'eau avec la même technique qui figure en dessus (Fig. 14) jusqu'à 20 ml.
- Après comptage sous microscopes Gr (40x10) et rajout d'eau, nous avons réussi à avoir une moyenne de 2000 larves par 5 ml d'eau.





**Figure 13** : incubation de radicelles dans des boites Pétri remplies d'eau (Originale)



**Figure 14** : Bécher gradué contenant des larves de *M. incognita* (Originale)

### II.2.3. Inoculation des J2s de *M. incognita*.

Nous avons inoculé les juvénile de *Meloidogyne incognita* après une semaine du repiquage. Sachant que le système racinaire est bien développé. Pour une bonne propagation des juvéniles dans tout le pot, nous avons mis cinq trous autour de la tige de chaque plant (Fig. 15). A l'aide d'une pipette de 5 ml, nous avons inoculé un nombre de 2000 J2/pot dont chaque 1 ml comporte 400 J2/trou (Fig. 16). Après la mise en place des 4 blocs (*D. stramonium*, *D. innoxia*, *D. tatula* et la tomate) sur un tablard au niveau de la serre de la nématologie de l'E.N.S.A. Nous avons suivi un programme d'irrigation chaque 48 h et cela pendant toute la période de l'expérimentation qui est de 8 semaines (Fig.17 - 20).



**Figure 15 :** Préparation des points d'inoculation (originale)



**Figure 16 :** inoculation des larves de *Meloidogyne* (originale)



**Figure 17 :** Bloc de Tomate (*Lycopersicum esculentum*) (Originale)



**Figure 18 :** Bloc de *Datura Innoxia* (Originale)



**Figure 19 :** Bloc de *Datura stramonium* (Originale)



**Figure 20 :** Bloc de *Datura tatula* (Originale)

Pendant notre expérimentation, nous avons recensé quelques ravageurs ; acariens, pucerons et noctuelles qu'on a pu prendre en photos, puis nous avons lutté efficacement contre ces derniers (Fig. 21 et 22). Pour éviter tout contact des produits utilisés avec le sol et la partie sous-terrine, nous avons déposé un carton sur chaque pot pendant le traitement (Fig. 23).



**Figure 22** : Noctuelle (originale)



**Figure 21** : Pucerons sur la feuille de *D. stramonium* (originale)



**Figure 23** : Traitement avec pulvérisation sur tomate (originale)

#### II.2.4. Evaluation de l'expérimentation

Après 8 semaines du suivi, nous avons ramené les pots au laboratoire afin de réaliser les différentes techniques pour arriver aux résultats finaux en suivant les étapes résumées ci-dessous ;

- Avant d'entamer l'extraction on doit d'abord couper la partie aérienne, et puis séparer les racines du sol en le récupérant dans des sacs en plastique.
- Conservation du sol dans un réfrigérateur à 4°C.
- Lavage des racines avec de l'eau dans des seaux.
- Séchage doux avec du papier absorbant.
- Pesée de chaque racine avec une balance de précision.
- Notation d'indice de galle de chaque racine de 0 à 10 d'après ZECK (1971).
- Conservation dans des sacs en papiers à une température de 4 ° C.
- Comptage sous loupe du nombre des femelles et des masses d'œufs.

##### II.2.4.1. Extraction des larves à partir du sol

L'extraction des larves à partir du sol nous permet d'avoir le nombre de larves par pot. L'extraction des larves à partir des sols se fait par la technique de Baermann modifiée par (HOOPER *et al.*, 2005). Nous avons pesé 1 kg du sol de chaque pot dans des tamis de 40 µm, le tout dans une assiette en la remplissant avec de l'eau comme il figure au-dessous (Fig. 24). Après deux jours d'extraction, nous avons récupéré l'eau dans des béchers gradués. En ajoutant de l'eau jusqu'à 200 ml afin de prélever 6 ml et compter le nombre des J2<sub>s</sub> sous microscope optique.

##### II.2.4.2. Extraction des larves à partir des racines

L'extraction des larves à partir des racines est faite par la technique d'incubation dans l'eau pendant 72 heures. Nous avons coupé 5 g de racine de chaque plant des espèces des quatre blocs ; tomate, *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*. Les racines sont placées dans des boîtes de Pétri remplies d'eau distillée. Le comptage des larves est effectué 3 jours après l'incubation des racines dans les boîtes Pétri sous microscope optique (Fig. 25).



**Figure 24 :** Extraction des larves à partir du sol (originale)



**Figure 25 :** Incubation des racines dans l'eau distillée

### II.3. L'activité nématicide des extraits aqueux et éthanoliques de *Datura stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* contre *Meloidogyne incognita*

Dans cette partie, nous avons évalué l'efficacité des extraits issus de trois plantes du genre *Datura* (*Datura stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*) sur la mortalité des juvéniles, le potentiel d'éclosion des œufs in vitro d'une part et sur le développement des larves de *Meloidogyne incognita* in vivo d'autre part.

#### II.3.1. Préparation du matériel biologique végétal

Des graines de *Datura stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* sont prélevées des différentes régions en Algérie (Fig. 26). Pour obtenir suffisamment de matériel végétal, les graines sont semées dans des plaques alvéolées remplies de terreau stérilisé (Fig. 27 et 28). Deux à trois semaines plus tard, les plants sont transplantés dans des pots en plastique (10 L) remplis d'un mélange de sable stérilisé / terreau (2: 1, v / v). Les pots sont gardés dans la serre à  $22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  puis arrosés régulièrement (Fig. 29). Après trois mois, les plantes recueillies, les racines sont lavées et la plante entière est séchée dans des sacs en papier à la température ambiante pendant une période de deux à trois semaines. Les feuilles, les racines et les graines sont séparés. Les feuilles et les racines sont coupées en fragments de 1 cm de longueur. Les trois parties de la plante sont broyées par la suite dans un broyeur pour obtenir une poudre fine.



**Figure 26 :** *Datura innoxia* à l'état spontané dans la région de Chélif (Originale)



Figure 27 : Semences de *Datura stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*



Figure 28 : Semi des trois espèces de *Datura*



Figure 29 : Transplantations de plants des *Datura*



### II.3.2. Préparation des extraits de *Datura*

Dix-huit extraits sont préparés à base de trois espèces de *Datura* (*D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*). Les 3 parties végétales (feuilles, racines et mélange de feuilles, racines et graines) avec 2 solvants. Pour chaque extrait, nous ajoutons 25 g de poudre à 250 ml d'éthanol à 80% ou 250 ml d'eau distillée. Nous agitons pendant 4 heures à 500 tr/min en utilisant un agitateur orbital (IKA-Werke GmbH, Staufen, Allemagne). L'extrait obtenu est filtré à travers une passoire de 250 µm suivi d'une filtration à travers d'un papier filtre MN 615 Nr.1 (Macherey-Nagel, Düren, Allemagne). En outre, le filtrat est séparé des débris végétaux restants par centrifugation à 3000 tr/min pendant 5 minutes (Fig. 30). Le surnageant de chaque extrait est concentré par évaporation à 60 ° C dans un bain d'eau jusqu'à ce qu'une substance grasse soit atteinte (Fig. 31). L'extrait d'éthanol est finalement dilué avec 2% de diméthylsulfoxyde (DMSO) à un volume de 25 ml. L'extrait aqueux est traité de manière similaire. Le volume final de 25 ml correspond à la quantité initiale de poudre végétale (25 g), pris comme extrait de dose (100%). Les extraits sont conservés à 5 ° C jusqu'à ce qu'ils soient utilisés pour les dosages.

### II.3.3. Préparation et extraction de *Meloidogyne incognita*

Les nématodes à galles *M. incognita* utilisés durant toute l'expérimentation sont multipliés sur les racines de la tomate sous serre (*Solanum lycopersicum*, variété ; Moneymaker). Pour obtenir une biomasse de matériel biologique suffisante, nous avons extrait des œufs à partir de racines de tomate en utilisant la méthode de NaOCl (HUSSEY et BARKER, 1973). Par conséquent, les racines sont lavées, coupées en morceaux de 1 à 2 cm puis transférées dans une bouteille en plastique de 500 ml remplie à moitié d'une solution à base de 2.5 L d'eau et 1.5 L de javel (1.5% de chlore). Les racines sont vigoureusement secouées pendant 3 min pour libérer les œufs de la masse gélatineuse. La suspension d'œufs est ensuite lavée soigneusement à l'eau du robinet à travers un tamis de 250 µm placé au-dessus d'un tamis de 20 µm pour retenir les œufs pour éliminer les débris des racines en même temps. La suspension d'œufs est séparée des débris végétaux par centrifugation avec une solution de MgSO<sub>4</sub> (1,15 g/cm<sup>3</sup>) à 3000 tr/ min pendant 5 minutes.

Des juvéniles de deuxième stade de *M. incognita* sont extraites par la technique d'extraction de mistifier décrite dans HOOPER *et al.*, (2005) à partir des racines de tomates fortement infestées. Cette technique nous a permis de collecter des J2 tous les deux jours pour nos expérimentations.



**Figure 30** : Centrifugeuse utilisée pendant l'extraction des J2 afin de séparer les débris végétaux de la solution des J2s (Originale)



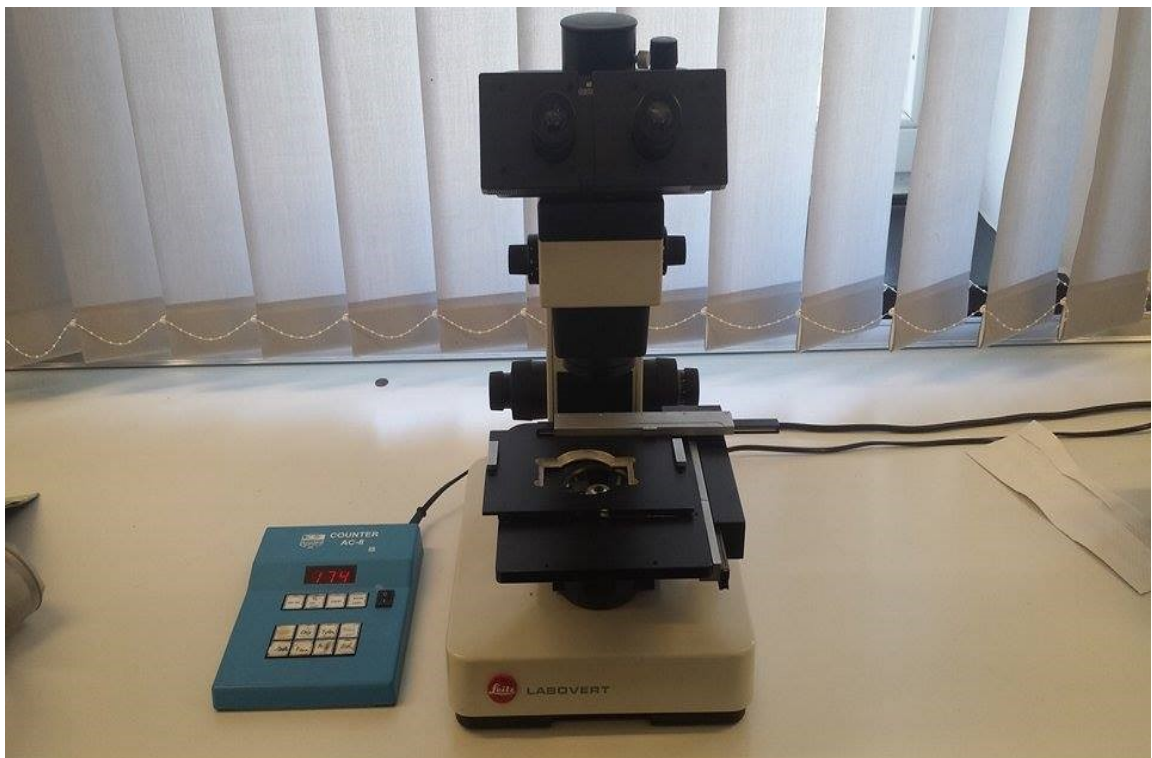
**Figure 31** : Bain d'eau utilisé dans la concentration des extrais aqueux et éthanoliques (Originale)

**II.3.4. Effet des *Datura* sur la mortalité des J2<sub>s</sub> et sur l'éclosion des œufs de *M. incognita***

Deux expériences sont mises en place pour évaluer l'efficacité des extraits des *Datura* sur la mortalité des J2<sub>s</sub> et l'éclosion des œufs de *Meloidogyne incognita*. Pour les deux essais, nous avons utilisé nos extraits à des concentrations de 6,25%, 12,5%, 25%, 50% et 100%. Un millilitre de chaque concentration d'extrait est pipeté dans une plaque à 24 puits (Fig. 32). Nous avons ajouté 100 µl de suspensions de nématodes contenant environ 200 J2<sub>s</sub> à chaque puits. Pour chaque traitement cinq répétitions sont réalisées à une température ambiante. Le nombre de J2<sub>s</sub> inactifs est compté après 10, 30, 60, 120 min et 20 h. Après 20 h, les J2<sub>s</sub> sont transférés sur un petit tamis de 20 µm et bien lavés à l'eau du robinet. Finalement, les J2 sont transférés avec 2 ml d'eau du robinet dans une nouvelle plaque à 24 puits. 24 h plus tard, le nombre de J2 inactifs est enregistré. Les J2<sub>s</sub> inactifs après 24 h dans l'eau sont considérés comme mortes (Fig. 33). Pour ces derniers, la dose létale (DL<sub>50</sub>) pour tuer 50% des juvéniles est calculée. Les mêmes extraits aux mêmes concentrations sont testés sur l'inhibition de l'éclosion des œufs. Le nombre d'œufs non éclos est compté après 1, 4, 8 et 12 jours. Pour les deux essais in vitro, les contrôles respectifs sont constitués d'eau distillée pour les extraits aqueux et de DMSO à 2% pour les extraits éthanoliques.



**Figure 32** : Plaque à 24 puits



**Figure 33** : Microscope relié à un compteur

### II.3.5. Effet de *Datura stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* sur la mortalité de *Meloidogyne incognita* in vivo

Suivant les résultats obtenus in vitro, les extraits éthanoliques de mélange (feuilles, racine et graines) de chaque espèce de *Datura* ont montré les plus grands pourcentages de mortalité et d'inhibition de l'éclosion des nématodes. Par conséquent, ces mêmes extraits sont préparés pour les tester sur la multiplication et la reproduction de *M. incognita* sur tomate variété Moneymaker. Trois différentes doses de 0,75, 1,5 et 3 ml de chaque produit sont testées avec de l'eau pour donner un volume final de 20 ml (Fig. 34 et 35). Nous avons préparé des pots en plastique de 14 cm de diamètre à base d'un mélange sable stérilisé / terreau stérilisé (1: 1, v / v). Nous avons traité chaque pot avec 20 ml d'extrait éthanoliques puis nous avons inoculé les nématodes à raison de 1300 J2<sub>s</sub>. Après 24 heures, des plantules de tomate sont repiquées dans chaque pot. Chaque traitement est répété huit fois, disposé en bloc dans une serre à une température de 20 °C ± 3 °C. Huit semaines après l'inoculation des nématodes, nous avons procédé à l'évaluation des paramètres liés à notre expérimentation. L'indice de Galles est estimé sur une échelle allant de 0 à 10 selon ZECK (1971). La biomasse des nématodes est extraite par la méthode NaOCl (HUSSEY et BARKER, 1973) (Fig. 36). La multiplication de *M. incognita* est calculée sur la base du comptage des œufs et des J2<sub>s</sub> dans 1 ml de suspension de nématodes obtenu lors de l'extraction. D'autres paramètres sont étudiés ; la masse fraîche des fruits, des racines et de la partie aérienne (tige et feuilles) et le nombre de fruits (Fig. 37 et 38).



**Figure 34 :** Effet de *Datura stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* sur la multiplication de *M. incognita*



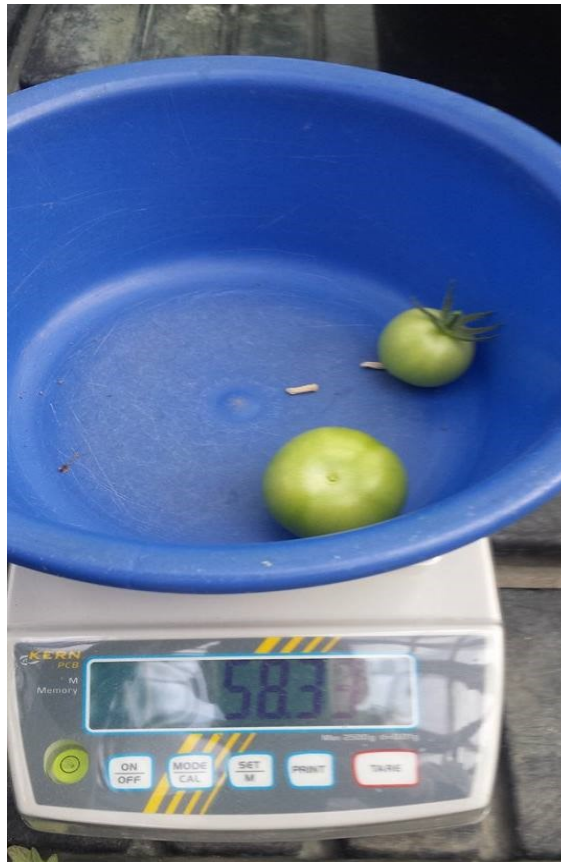
**Figure 35 :** Traitement de la tomate infestée par *M. incognita* par l'E.E.M. de trois *Datura*



**Figure 36 :** Evaluation de la notation de l'indice de galles



**Figure 37 :** Evaluation de l'efficacité des E.E.M. des *Datura* sur la partie aérienne de la tomate



**Figure 38** : Nombre et poids frais des fruits

### II.3.6. Evaluation des résultats et statistiques

L'effet des différents extraits de *Datura* est évalué sur l'éclosion des œufs puis sur la mortalité des J2<sub>s</sub> de *M. incognita*. Pour chaque traitement, le pourcentage de mortalité des J2<sub>s</sub> est corrigé en éliminant la mortalité naturelle dans le bloc témoin (l'eau pour les extraits aqueux et l'eau avec 2% de DMSO pour les extraits éthanoliques) selon la formule de Schneider-Orelli : % corrigé [% de mortalité dans le traitement - % de mortalité en témoin] / (100% de mortalité dans le témoin) x 100. La mortalité corrigée est transformée en probit pour déterminer la DL<sub>50</sub>. Les données de toutes les expériences sont soumises à une analyse de variance (ANOVA) à l'aide du logiciel statistique R 3.2.0 (R Core Team, 2015). Le test de Dunnett est utilisé pour comparer la mortalité des témoins et la mortalité due aux différents traitements.



#### II.4. Evaluation de l'efficacité nématocide de deux alcaloïdes de *Datura* contre *Meloidogyne incognita*.

Vue les résultats obtenus par les différents extraits de *Datura* dans les 2 expérimentations précédentes, Les métabolites secondaires des végétaux sont d'un intérêt majeur à cause de leurs différentes fonctions et de la gamme impressionnante de leurs activités biologiques (LECUYER- COELHO, 2000). Parmi ces métabolites secondaires, les alcaloïdes tiennent une place importante. Plus de 27 000 alcaloïdes sont structurellement caractérisés, dont environ 21 000 à partir de plantes (DEWICK, 2009). Les alcaloïdes tropaniques sont parmi les familles d'alcaloïdes les plus importantes. Ces substances sont isolées à partir de différentes familles de plantes. Les *Datura* figurent parmi les plantes qui possédant des propriétés thérapeutiques importantes qui sont dues à leurs teneurs élevées en scopolamine, hyoscyamine et atropine (BENHIZIA, 1989 ; BOULLARD, 2001). C'est dans cette optique que s'inscrit cette partie de notre travail dont le but est de tester l'effet nématocide des deux principaux alcaloïdes de *Datura* ; la scopolamine et l'hyoscyamine sur la mortalité des juvéniles (J2<sub>s</sub>) et l'éclosion des œufs de *Meloidogyne incognita*.

##### II.4.1. Préparation et extraction de *M. incognita*

Les nématodes à galles de *M. incognita* utilisés dans toutes les expériences a été multiplié sur les racines de la tomate sous serre (*Solanum lycopersicum* cv. Moneymaker). Pour obtenir un inoculum de nématode, nous avons extrait des œufs à partir de racines de tomate en utilisant la méthode de NaOCl (HUSSEY et BARKER, 1973). Des juvéniles de deuxième stade (J2<sub>s</sub>) de *M. incognita* ont été extraits à partir des racines de tomates fortement infestées par la technique d'extraction de mistifier décrite dans HOOPER et al. (2005).

##### II.4.2. Dosage des alcaloïdes tropaniques et traitement contre les nématodes

Les alcaloïdes tropaniques utilisés au cours de cette expérimentation sont fournis sous forme des standards par le laboratoire de la biologie moléculaire de l'ENSA (la marque). Deux expériences sont mises en place pour évaluer l'efficacité des deux alcaloïdes sur la mortalité des J2<sub>s</sub> et sur l'éclosion des œufs de *M. incognita*. Pour les deux expérimentations, les doses utilisées sont de l'ordre de 5, 10, 20, 40 et 80 µl/ml sur la base d'une solution mère des deux molécules titrées à 16 mg/ml de solvant (dichlorométhane). Dans des boîtes de Pétri en plastique de 4 cm de diamètre, des verres de montres stérilisés sont fixés à l'intérieur. Dans ces verres, nous avons mis 5 ml d'eau portant plus de 1000 œufs de *M. incognita*. Cette technique

permet de garder le plus longtemps possible le milieu humide en évitant l'évaporation rapide. Pour chaque traitement cinq répétitions sont réalisées à une température ambiante. Le nombre d'œufs non éclos est compté après 1, 2, 4, 8 et 12 jours. Les mêmes alcaloïdes aux mêmes concentrations sont testés sur la mortalité de Juvéniles (J2<sub>s</sub>). Dans des plaques à 24 puits, nous avons pipeté 1 ml d'une solution de nématode portant 200 J2 de *M. incognita*. L'incubation est faite en température ambiante. Pour chaque traitement, nous avons réalisé 3 répétitions. Le taux de mortalité est déterminé après 10, 30, 60, 120 min et 20 h. Suivant la même méthodologie adoptée dans la partie précédente, les J2 sont transférées sur un petit tamis de 20 µm et bien lavés à l'eau de robinet. Les J2<sub>s</sub> sont transférés avec 2 ml d'eau de robinet dans une nouvelle plaque à 24 puits, et 24 h plus tard, le nombre de J2 inactifs est enregistré. J2 qui sont restés inactifs après 24 h dans l'eau ont été considérés comme mortes. Après avoir confirmé que le dichlorométhane à différentes doses testées (5, 10, 20, 40 et 80 µl/ml d'eau) n'a aucun effet sur l'éclosion des œufs et la mortalité des J2<sub>s</sub>, le bloc témoin durant toute l'expérimentation était présenté par l'eau distillés à ph neutre le deuxième bloc était traité par le dichlorométhane (80µl/ml).

#### II.4.3. Evaluation des résultats et statistiques

L'efficacité des alcaloïdes sur les nématodes est évaluée par la mortalité des J2<sub>s</sub> et le taux d'inhibition de l'éclosion des œufs. Pour chaque molécule testée, le pourcentage moyen de mortalité des larves est calculé. Les résultats sont exprimés en pourcentage de mortalité corrigée. Considérant qu'il y a une mortalité naturelle dans la population (témoin : 100% eau et/ou dichlorométhane 80µl/ml d'eau). Les résultats sont exprimés en pourcentage de mortalité selon la formule suivante : Mortalité observée = [(nombre de nématodes morts) / (nombre total d'individus)] x 100, La mortalité est ensuite corrigée par la formule de Schneider-Orelli :  $M_c = [(M_2 - M_1) / (100 - M_1)] \times 100$ .

Avec ( $M_c$  : Pourcentage de mortalité corrigée.  $M_1$  : Pourcentage de mortalité enregistrée dans le lot témoin.  $M_2$  : Pourcentage de mortalité enregistré dans les lots traités).

Pour estimer la DL<sub>50</sub>, dose létale à partir de laquelle on obtient 50 % de mortalité, et le TL<sub>50</sub>, temps létale à partir duquel on obtient également 50 % de mortalité. Pour cela, il est procédé à une transformation des pourcentages de mortalités corrigées en probit, et la transformation en logarithme décimale des doses pour le DL<sub>50</sub> et des temps pour le TL<sub>50</sub>. Ces transformations nous permettent d'établir des équations des droites de régression de Log (dose)

en fonction des probits qui est la suivante :  $Y = a X + b$  (Y : Probit des mortalités corrigées. X : Logarithme des doses. a : la pente).

La  $DL_{50}$  ou bien La  $TL_{50}$  sera égale à  $\text{anti-log}_{10} X$ , avec  $X = \text{Log}_{10}$  des doses correspondant au probit 5 sur le graphe. On obtient à partir des équations en remplaçant Y par le probit de 50 qui égale à 5 (CAVELIER, 1976). Les données de toutes les expériences sont soumises à une analyse de la variance (ANOVA) à l'aide du logiciel XI stat et Statistica.

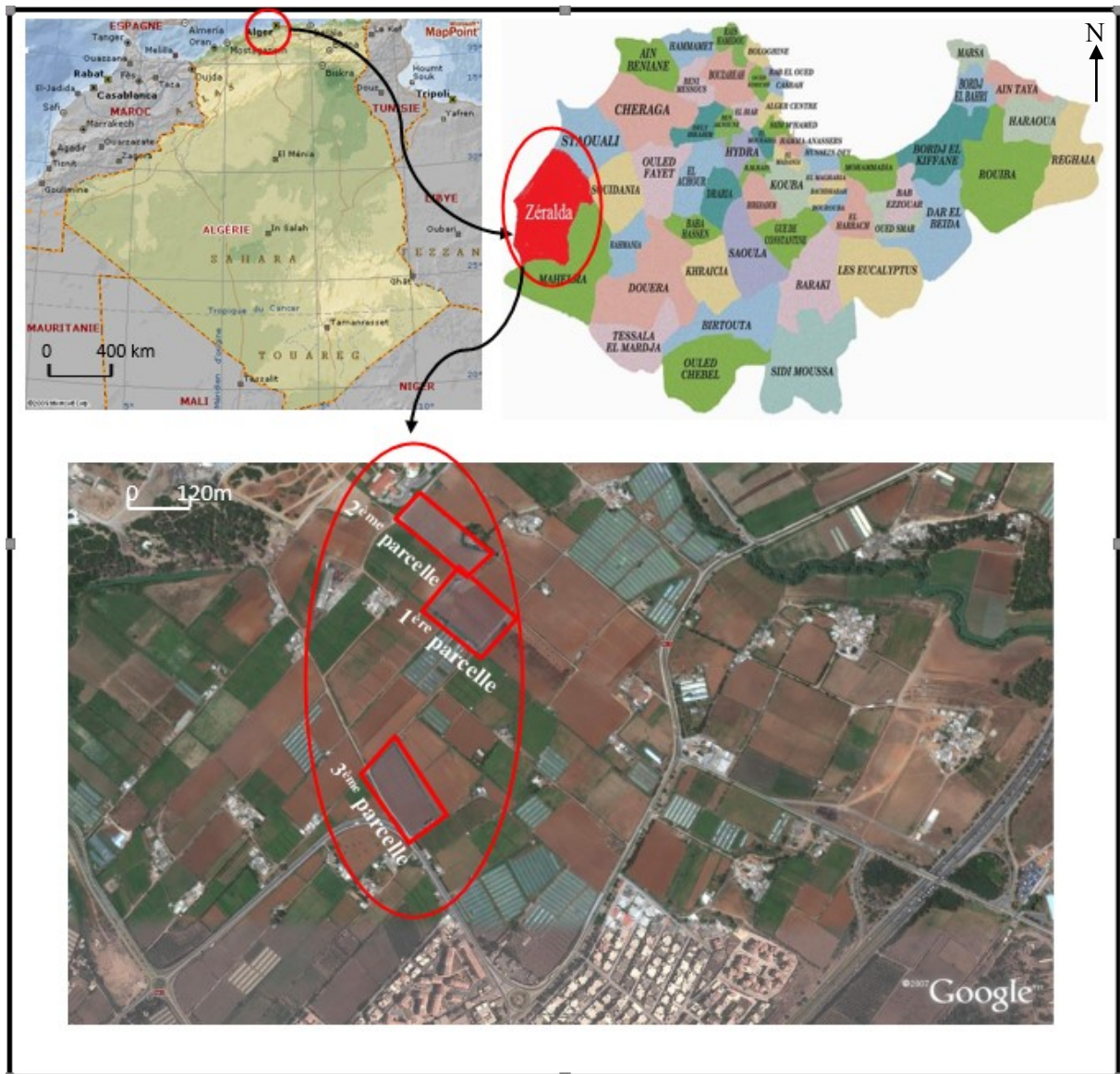
## II.5. Etude comparative de deux modes d'applications de 1.3-Dichloropropene dans le contrôle des nématodes à galles sur deux variétés de tomate, piment et quelques adventices

Plusieurs prospections sont effectuées ces dernières années dans la région du littoral algérois. L'infestation diffère d'une région à l'autre suivant le plan de culture mis en place. La culture de la tomate d'arrière-saison appelée (Saint Michel) est repiquée en général à partir du mois d'Août et reste sur place jusqu'à la fin du mois de décembre voir même janvier selon les années. Dans notre travail, cette culture est associée à la culture du piment susceptible d'héberger les nématodes à galles. Cette culture est combinée avec les autres cultures légumières dans un système de rotation (pomme de terre, tomate, piment poivron et autres). Toutes ces cultures appartiennent à la famille des solanacées. La polyphagie des *Meloidogyne* (plus de 3000 plantes hôtes) lui donne la possibilité de s'attaquer à la culture de tomate d'arrière-saison, à la culture du piment et même à quelques plantes adventices et lui permet d'achever plusieurs générations par an. Cette étude nous permet d'évaluer le degré de sensibilité et de l'infestation de la culture de la tomate d'arrière-saison, du piment et de quelques plantes adventices par les nématodes à galles. Elle est basée essentiellement sur la notation de l'indice de galles pouvant nous donner une idée sur les limites de nos interventions avec ce que nous appelons seuil de nuisibilité. L'infestation par les nématodes à galles fait intervenir plusieurs facteurs. Dans la région de Zéralda, nous avons effectué cette étude en étudiant l'agressivité de nématodes à galles de genre *Meloidogyne* en fonction des variétés cultivées et les traitements nématicides utilisés. La région de Zéralda est caractérisée par un climat marqué par une période de sécheresse estivale plus ou moins accentuée et des précipitations en hiver, le plus souvent irrégulière et sous forme d'averses. La proximité de la mer favorise la prédominance des vents marins comme c'est le cas des trois stations où nous avons fait notre étude.

### II.5.1. Champs d'expérimentation

Trois micro-parcelles sont choisies dans la région de Zéralda (Fig. 39). Les trois micro-parcelles sont d'une surface d'un hectare et avec un sol de type sablo-limoneux, riche en matière organique avec un pH (eau) neutre (Tab. 02). Nous avons repiqué les plants de la tomate d'arrière-saison associés au piment au mois de juillet dans les trois micro-parcelles avec deux lignes de tomate et une ligne de piment. La présence des nématodes a galles du genre *Meloidogyne* a été prouvée auparavant avec une forte infestation d'une façon presque homogène dans les trois micro-parcelles. Elles sont caractérisées par le même précédent cultural

qui est la pomme de terre et une irrigation localisée de type gouttes à gouttes (Tab. 03). La première micro-parcelle est traitée par un nématicide fumigant vapeur (1.3- Dichloropropene) utilisé avec pal injecteur. Les deux autres micro-parcelles sont traitées avec un fumigant liquide (EC) de la même matière active. La variété de tomate utilisée dans la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> micro-parcelle est Suzana et dans la 3<sup>ème</sup> micro-parcelle on trouve Khalida et Suzana. Le piment est représenté par la variété Nile dans la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> micro-parcelle puis Dobarra dans la 3<sup>ème</sup> (Tab. 04).



**Figure 39** : Situation géographique des trois parcelles d'étude (réalisée à partir d'image prélevées par Google Earth Pro 2013).

**Tableau 2** : Types de sol des trois micro-parcelles

Parcelle	1	2	3
<b>Matière organique</b>			
Azote ‰	2.03	1.83	1.62
Carbone ‰	21.0	20.6	19
<b>Réserve minérales</b>			
CaCO <sub>3</sub> total %	0.84	1.26	0.84
CaCO <sub>3</sub> actif %	-	-	-
Phosphore assimilable ppm	2596.86	2303.74	1790.78
Potassium assimilable mg/100g	18	20	14
<b>Complexe absorbant</b>			
Ca <sup>2+</sup> méq/100g	4.51	4.46	5.53
Mg <sup>2+</sup> méq/100g	-	-	-
K <sup>+</sup> méq/100g	0.58	0.64	0.45
Na <sup>+</sup> méq/100g	2.50	2.07	1.96
<b>Solution du sol</b>			
pH eau	7.15	7.44	7.76
Conductivité mmhos/cm	11.03	7.58	4.33
<b>Granulométrie</b>			
A%	06	07	07
LF%	08	07	08
LG%	04	04	03
SF%	07	09	10
SG%	70	68	67

**Tableau 3** : Facteurs communs entre les trois micro-parcelles

Facteurs	Surface	Type du sol	Culture	Précédent cultural	Type d'irrigation	nématicide utilisé
Parcelle 1,2 et 3.	1h	Sable-limoneux	Tomate-piment	P. de terre	Goute à gout	1- 3.Dichloropropane

**Tableau 4** : Facteurs différents entre les trois micro-parcelles

	<b>Originalité de nématocide</b>	<b>Mode et date d'application de nématocide</b>	<b>Variété</b>	<b>Datte de plantation de la tomate</b>
<b>1<sup>ère</sup> micro-parcelle</b>	Nématocide fumigant vapeur	- Par pal injecteur - 21 jours avant la plantation.	- Tomate (Suzana) - Piment (Nile)	18 juillet 2012
<b>2<sup>ème</sup> micro-parcelle</b>	Nématocide fumigant (EC) en gouttes à gouttes	- Fumigant liquide - 21 jours avant la plantation	- Tomate (Suzana) - Piment (Nile)	18 juillet 2012
<b>3<sup>ème</sup> micro-parcelle</b>	Nématocide fumigant (EC) en gouttes à gouttes	- Fumigant liquide - 21 jours avant la plantation	- Tomate (Suzana et Khalida) - Piment (Dobara)	25 juillet 2012

### II.5.2. Notations effectuées

Les conditions agronomiques ; à savoir le mode de conduite la culture, les variétés utilisées, le type d'irrigation, le précédent cultural et les traitements nématocides sont déterminants de la culture. La maîtrise de ces conditions assure un environnement favorable à la croissance et au développement de la culture et la soumettent également à des pathogènes tels que les nématodes à galles. Parmi ces facteurs, deux facteurs ont faits l'objet de notre enquête. Elle est basée sur l'influence de ces deux facteurs sur l'état d'infestation des cultures par les *Meloidogyne*.

#### II.5.2.1. Variétés utilisées

Les variétés hybrides présentant des résistances sont à privilégier. Elles doivent fournir un produit qui répond aux exigences commerciales, car elles permettent de limiter les interventions chimiques (GRASSELLY *et al.*, 2000). Durant notre étude, nous avons évalué l'état d'infestation de deux variétés hybrides de tomate et du piment.

### II.5.2.2. Traitement nématocides

Les nématocides sont les plus employés, les plus efficaces les plus onéreux également, Ils ne sont utilisables que sur les cultures dont le rendement à l'hectare est élevé (DE GUIRAN et NETSCHER, 1970). L'évaluation des traitements dans cette étude consiste à noter : Le produit utilisé, Le Nom commerciale, La Famille chimique (la matière active), La période d'utilisation et l'originalité du produit. Nous avons effectué aussi d'autres notations comme le mode de conduite de la culture, le précédent cultural, la provenance des plants et le mode d'irrigation. Ils ne sont pas considérés comme un facteur d'analyse dans notre travail, parce qu'ils sont communs dans les trois micro-parcelles.

### II.5.3. Estimation des dégâts

Un échantillonnage aléatoire est réalisé en zigzag sur trois parcelles cultivées par la tomate et le piment. Le nombre d'échantillon prélevé est de 20 racines pour chaque culture. Le même prélèvement est réalisé sur les quatre adventices (Fig. 40). Notre étude a porté sur 2 variétés de tomate (Suzana et Khalida), en fin de cycle végétatif, la période à laquelle les *Meloidogyne* présentent une forte infestation qui se traduit par des dégâts importants. Deux variétés de piment (Nile et Dohara) et quatre plantes adventices. L'échantillonnage est effectué pendant la période de l'hiver (mois de janvier 2013). Après avoir collecté les racines, nous nous sommes basés sur la notation de l'indice de galles (B'CHIR et HORRIGUE., 1983) pour évaluer le degré d'infestation des trois micro-parcelles.



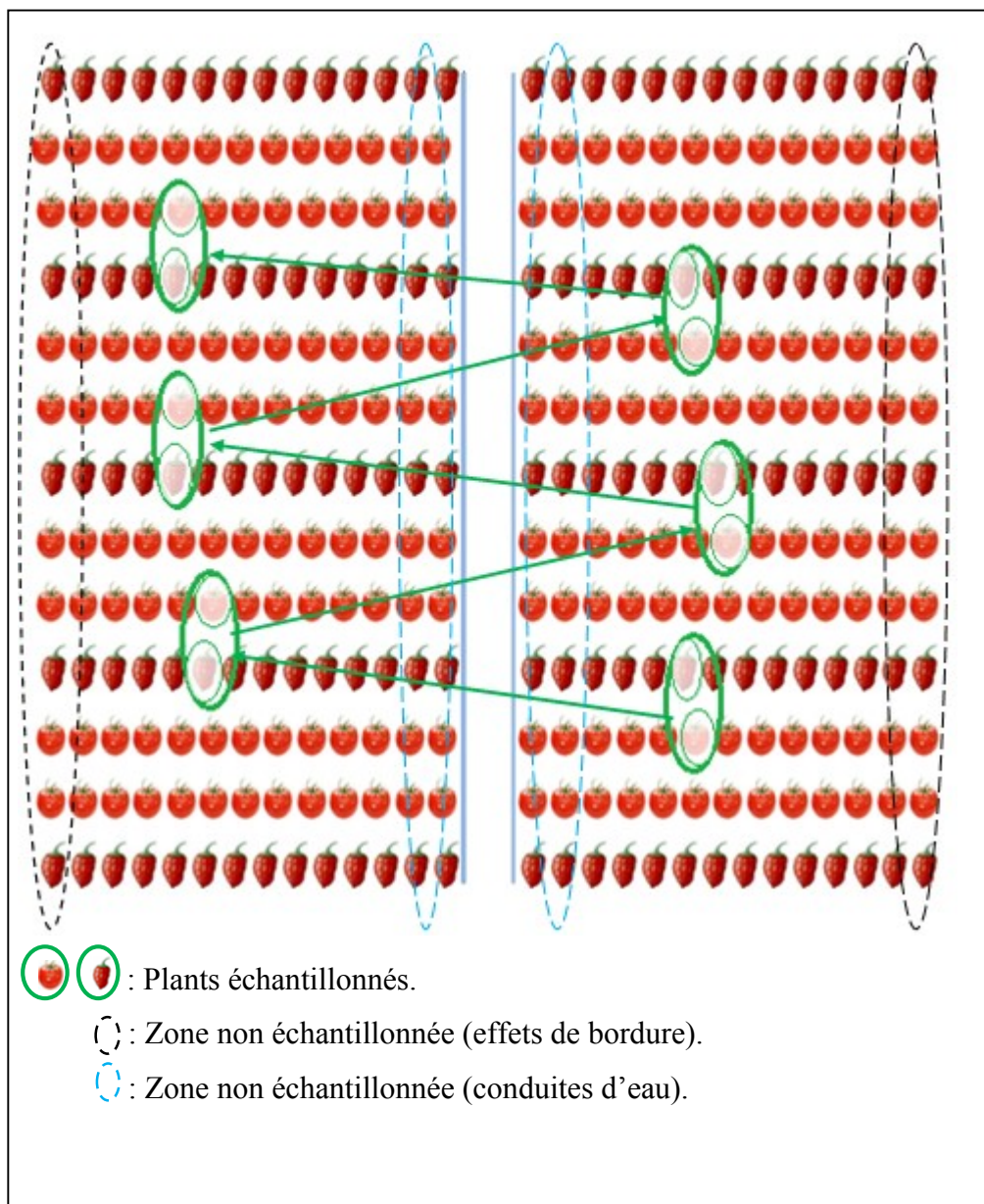


Figure 40 : Schéma d'échantillonnage

**II.5.4. Evaluation des résultats et analyses statistiques**

Tous les prélèvements sont répétés vingt fois. Les données recueillies sur les indices de galles observés dans les trois micro-parcelles ont fait l'objet d'analyses statistiques. Les résultats présentés sous forme de courbes, rejoignent le plus souvent les valeurs moyennes avec des écart-types. Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (traitements, espèces), il est préconisé de réaliser une analyse de la variance par le logiciel « **SYSTAT vers. 12 et SPSS 2009** ». Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M). Par exemple, si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces catégories. Les corrélations existantes entre le degré d'infestation des espèces de plants pris au hasard dans les trois parcelles sont mises en évidence par le coefficient de corrélation. En conditions paramétriques, il s'agit du coefficient  $r$  de Pearson et en conditions non paramétriques, on parle de coefficient rho de Spearman. L'équation de la droite de régression est calculée lorsque les distributions sont en accord avec la normalité et que le coefficient de Pearson est significatif.

# **Chapitre III**

---

## **Résultats et discussions**

## Chapitre III : Résultats et discussions

### III.1. Evaluation de l'infestation de la tomate sous serres par les *Meloidogyne*

La plasticulture occupe à l'heure actuelle une place très importante dans le système de l'agriculture des pays méditerranéens. Notamment en Algérie où la multiplication des abris serre est devenue de plus en plus intense au niveau de tout le territoire national. L'intensification de la plasticulture est accompagnée généralement par des fortes pullulations de certains bioagresseurs parmi lesquels les *Meloidogyne*. Dans cette partie nous avons étudié les principaux facteurs qui déterminent l'agressivité de ce genre de nématodes sur la tomate sous serres. L'ensemble de facteurs étudiés dans cette partie ; l'âge de de la serre, le précédent culturale, la variété de la tomate cultivée, le nématicide utilisé et la nature physico-chimique de sol de chaque station étudiée. Les informations sur la distribution de ces nématodes sont peu nombreuses en Algérie. SELLAMI *et al.*, (1999), ont étudié la distribution et les plantes-hôtes des espèces de *Meloidogyne* durant la période 1990-1995 dans huit wilayates (Adrar, Biskra, Ouargla, Alger, Boumerdes, Tipaza, Bejaia et Jijel). L'identification des espèces de *Meloidogyne* sur les différentes plantes-hôtes étudiées est réalisée à partir des figures périnéales. MOKABLI (1988), a étudié l'état d'infestation de 1977 serres en fonction de plusieurs facteurs dans 9 wilayates en Algérie (Tipaza, Blida, Boumerdès, Ain-Defla, Alger, Chéelif, Relizane, Tizi-Ouzou et Ouargla).

#### III.1.1. Variations de l'état d'infestation en fonction des régions

Le pourcentage des serres infestées est différent d'une région à une autre et d'une wilaya à une autre. Les degrés d'infestation sont beaucoup plus élevés sur littoral que dans la plaine. En effet, sur 531 serres étudiées au littorale, 59.51% sont infestées. 37.70% serres infestée pour 497 serres visitées en pleine (Oued-souf, Biskra et Adrar). Le pourcentage le plus élevé de serres infestées est enregistré dans la wilaya d'Alger (76.86% pour 121 serres étudiées) suivi par Boumerdès, Skikda et Mostaghanem avec un pourcentage d'infestation de 72.73%, 71.43% et 70.87% pour 88, 35 et 103 serres étudiées, respectivement. Dans la wilaya de Tipaza et Jijel les pourcentages des serres infestées sont respectivement de 44.58% pour 83 serres et 31.58% pour 78 serres. Parmi 25 serres étudiées dans la wilaya de Chéelif, aucune serre n'est infestée par les *Meloidogyne*. Le pourcentage le plus élevé de serres infestées dans le sud est enregistré dans la wilaya de Biskra (57% pour 100 serres étudiées) suivi par Oued-Souf et Adrar où les

pourcentages des serres infestées sont respectivement de 24% pour 25 serres et 10.34% pour 58 serres.

Les indices de galles moyens obtenus sont différents d'une station à une autre et d'une région à une autre (Tab. 05). L'I.G. moyen le plus élevé est obtenu dans la wilaya d'Alger ; 4.32, suivi par la wilaya de Boumerdès et Mostaghanem avec un I.G. moyen de 3.68 et 3.33 respectivement. Comparant aux deux autres wilayates de la plaine, la wilaya de Biskra a enregistré l'I.G. moyen le plus élevé (I.G. = 2.13). 0.61 et 0.53 sont les I.G. moyens obtenus dans la wilaya de Oued-souf et d'Adrar. La wilaya de Chéelif est représentée par une seule station contenant 25 serres. L'I.G. moyen de cette wilaya est de 0.

**Tableau 5 :** Pourcentages des serres infestées dans les différentes wilayates étudiées

Wilaya	Serres prospectées	Serres infestées	% serres infestées	I.G. Moyen
Oued-Souf	25	06	24%	0.61
Biskra	100	57	57%	2.13
Adrar	58	06	10.34%	0.53
Skikda	35	25	71.43%	1.98
Jijel	76	24	31.58%	1.48
Boumerdes	88	64	72.73%	3.68
Alger	121	93	76.86%	4.32
Tipaza	83	37	44.58%	2.33
Chéelif	25	0	0%	0
Mostaghanem	103	73	70.87%	3.33
Totale	714	385	53.92%	

### III.1.1.1. Les principaux facteurs qui déterminent l'agressivité de *Meloidogyne* dans les différentes régions

L'analyse des résultats de l'échantillonnage basée sur les notions indice de galles et indice de vigueur des plantes à la fin de la récolte montre effectivement qu'il existe une série de facteurs qui déterminent l'agressivité des *Meloidogyne* sur la tomate sous serres.

Pratiquement dans toutes les régions d'étude, les *Meloidogyne* causent des fortes infestations sur la tomate sous serres. Plusieurs facteurs sont étudiés tel que la variété cultivée, l'âge de la serre, le précédent cultural, le nématicide utilisé. Les analyses physico-chimiques de sol de trente stations étudiées sont effectuées au niveau du laboratoire de sol de l'Agence Nationale de Ressources Hydrauliques (A.N.R.H.) Bir Mourad Raïs – Alger. Les différentes caractéristiques étudiées sont ; les Matières organiques (Azote et carbone), les Réserves minérales (calcaire, phosphore et potassium assimilable), le complexe absorbant ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$  et  $\text{Na}^{+}$ ), la solution du sol ( $\text{pH}_{\text{eau}}$  et la conductivité électrique) et les caractéristiques physiques (granulométrie).

Les données recueillies sur les indices de galles observés dans les trente stations ont fait l'objet d'analyses statistiques. Lorsque l'objectif est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions, il est préconisé de réaliser une analyse de la variance par le logiciel « **R** ». Parmi les différents facteurs étudiés, cinq sont soumis à une analyse de la variance Anova à un facteur (Variété cultivée, l'âge de la serre, le précédent cultural, le nématicide utilisé et la granulométrie). Les regroupements en fonction des moyennes sont réalisés à l'aide du test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Les corrélations existantes entre le degré d'infestation de la tomate et les différents facteurs étudiés (l'âge de la serre et les différentes caractéristiques chimiques de sol) sont mises en évidence par le coefficient de corrélation et sont présentées par des formules linéaires  $f(x) = ax + b$ . Cette régression linéaire nous montre l'effet des variables cités sur l'indice de galles ; ceci est déterminé à l'aide de la dérivée de la fonction  $f' = \frac{d}{dx} f(x)$ .

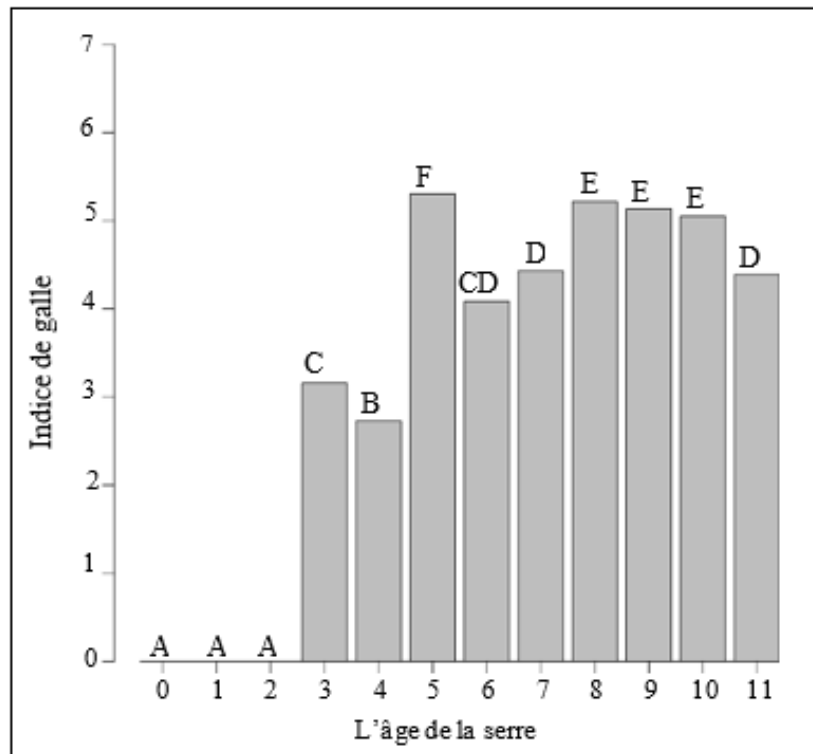
#### III.1.1.1.1. L'influence de L'âge de la serre sur son degré d'infestation

Les résultats consignés dans le tableau (06) montrent que l'ancienneté des serres diffère d'une station à une autre. Cette étude nous a permis de visiter des stations de différents âges. L'âge allant de 0 pour les nouvelles stations (station N°22) jusqu'à 11 ans (station N°24). Les résultats de l'état d'infestation des différentes stations montrent que les nématodes sont présents dans les serres qui ont plus de trois ans (Fig. 41). Cependant, Une forte agressivité des nématodes est observée au niveau des serres les plus âgées. Une différence très hautement significative est enregistrée ( $\text{Pr} < 2e^{-16}$ ) entre les différentes stations en fonctions de leurs ancienneté. Le classement des groupes homogènes fait apparaître que les différents âges (0, 1 et 2 ans) forment un groupe homogène en (a). Par contre (08, 09 et 10 ans) forment un autre groupe homogène (e). Une corrélation positive très hautement significative est menée par la

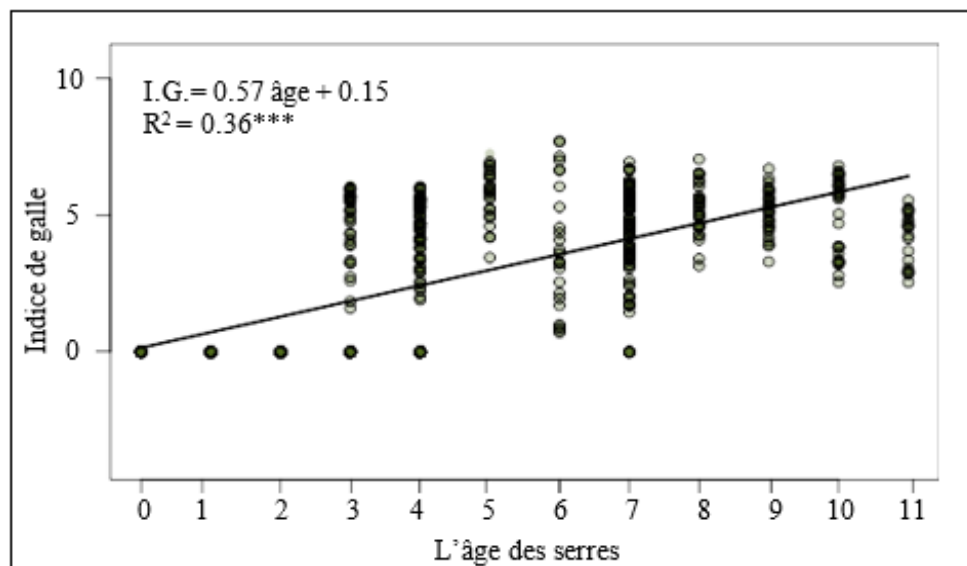
présente étude entre l'âge de la serre et l'indice de galles (Fig. 42). La fonction de la régression linéaire  $f(\text{âge}) = a \text{ I.G.} + b$  montre une augmentation de l'ordre de 0.6 de I.G. par an avec un coefficient de corrélation  $R^2 = 0.36$ .

**Tableau 6 :** Indice de vigueur et indice de galles moyens de trente stations étudiées en fonction des variétés cultivées de la tomate, l'âge des serres, le précédent cultural et les nématicides utilisés

Wilayates	N° de Station	Nombre de Serres	Variétés de la tomate	L'âge des Serres.	Précédent Cultural	Nématicides utilisés	I.V Moy	I.G. Moy
Oued-souf	ST1	25	Daoucèn	3	Piment	/	3.59	0.61
	ST2	23	Pelestin	1	Melon	Mocap	3.79	0
Biskra	ST3	27	Barbarina	7	Melon	Mocap	3.89	3.49
	ST4	20	Daoucèn	2	Aubergine	/	3.42	0
	ST5	30	12 Kawa 18 Nedjma	10	Tomate	/	2.87	5.05
Adrar	ST6	20	Daoucèn	2	Tomate	/	3.58	0
	ST7	27	Daoucèn	4	Concombre	/	3.55	0
	ST8	11	Tafna	7	Tomate	Vydate	3.29	1.61
Skikda	ST9	10	Tavira	1	Courgette	/	3.31	0
	ST10	25	Tavira	6	Tomate/Fraise	/	2.99	3.97
Jijel	ST11	18	Rania	3	Courgette	/	3.43	0
	ST12	20	Tavira	4	Tomate	/	3.42	0
	ST13	24	Tavira	5	Tomate/Fraise	D.Agro	2.60	5.79
	ST14	14	Valora (o)	1	Tomate	/	2.84	0
Boumerdes	ST15	30	20 Kawa 10 Tafna	8	Courgette	C.E. Bayer	2.87	5.22
	ST16	34	Tafna	7	Courgette	C.E. Bayer	2.52	5.83
	ST17	24	Kawa	2	Aubergine	/	3.22	0
Alger	ST18	33	Kawa	3	Courgette	/	2.64	5.83
	ST19	30	Kawa	3	Tomate	D.Agro	2.48	6.36
	ST20	30	Kawa	9	Tomate	D.Agro	2.58	5.12
	ST21	28	Kawa	4	Tomate	D.Agro	2.68	0
Tipaza	ST22	20	Daoucèn	0	Pomme de terre	/	3.27	0
	ST23	26	Kawa	2	courgette	/	3.44	0
	ST24	20	Kawa	11	Concombre	Mocap	2.76	4.04
	ST25	17	Daoucèn	4	Tomate	/	2.68	5.30
Chélif	ST26	25	15 Agora 10 Zahra	1	Tomate	/	3.38	0
	ST27	30	Agora	2	Tomate	/	3.31	0
Mostagha.	ST28	23	Kawa	4	Tomate	Mocap	2.86	3.61
	ST29	30	20 Zahra 10 Nedjma	4	Tomate	Vydate	2.58	4.87
	ST30	20	Zahra	7	Tomate	C.E. Bayer	2.59	4.84



**Figure 41** : Indices de galles moyens en fonction de l'âge de la serre (Les I.G. moyens avec la même lettre majuscule ne sont pas significativement différents entre eux, selon le test de Tukey à  $p = 0.05$ )



**Figure 42** : Corrélation linéaire de l'indice de galles en fonction de l'âge de la serre. \* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.001$ , \*\*\* :  $p < 0.0001$

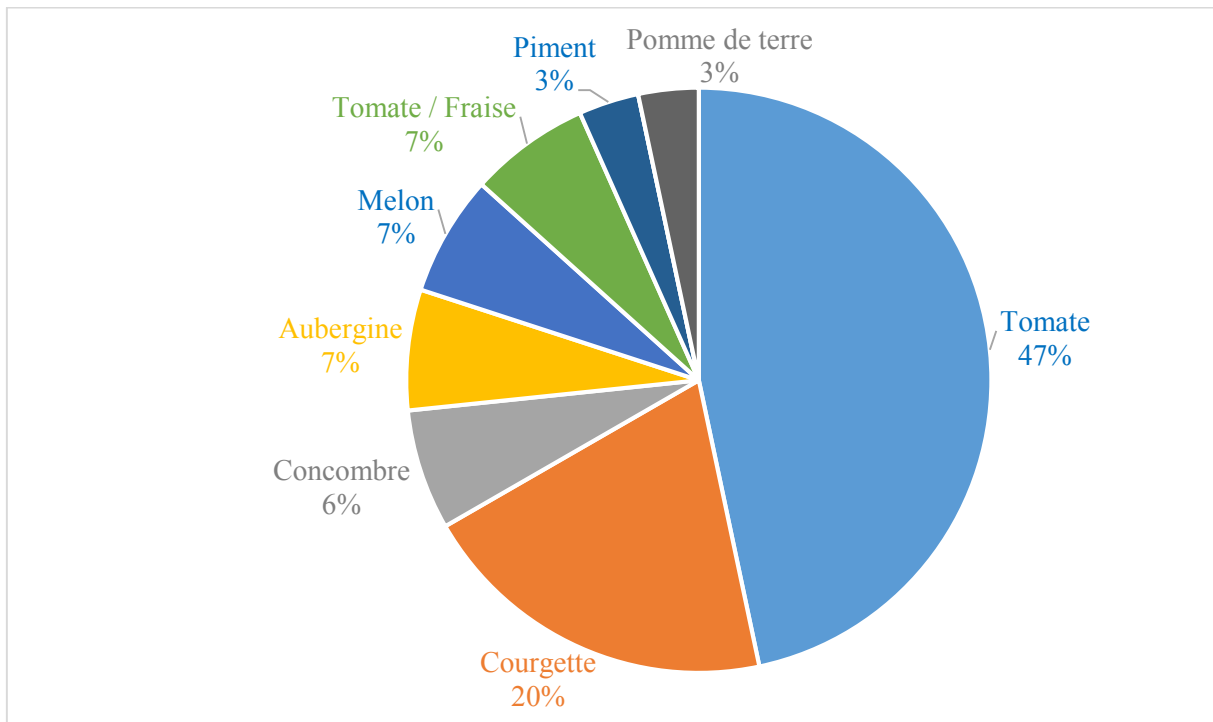


### III.1.1.1.2. L'influence du précédent culturel sur le degré d'infestation de la tomate sous serres

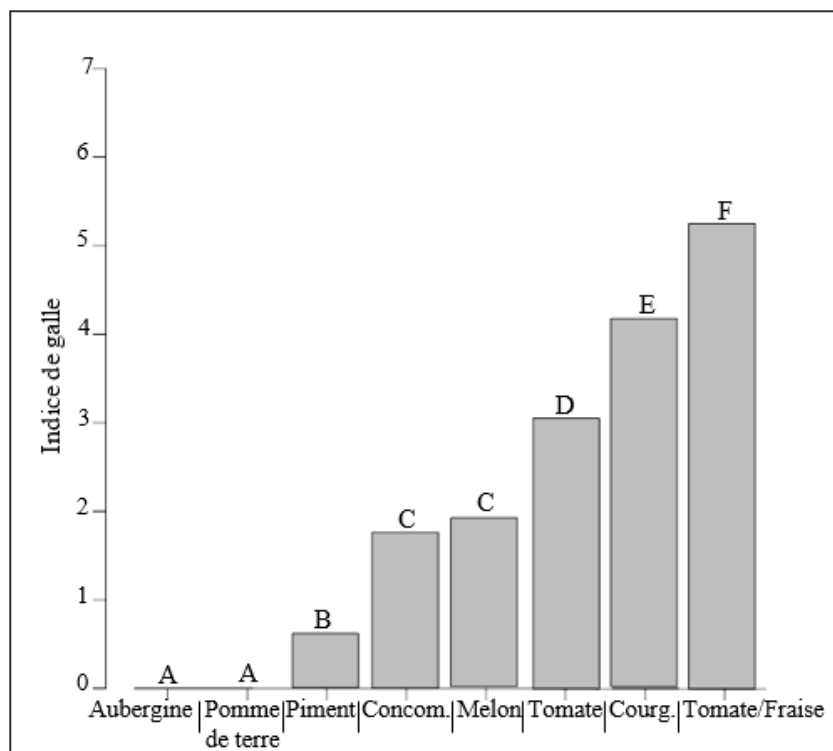
Plusieurs précédents culturels sont étudiés selon les différentes stations ; tomate, tomate associée à la fraise, courgettes, concombre, melon, pomme de terre et aubergine (Fig. 43). Toutes ces cultures sont considérées susceptibles d'héberger les nématodes à galles de genre *Meloidogyne*. Les résultats consignés dans le Tableau (06) montrent que l'infestation peut se manifester quel que soit le précédent culturel. L'infestation des serres occupées par les cultures de la tomate associée à la fraise, la courgette, et la tomate sont les plus infestées. Un I.G. moyen de 0 est enregistrée dans les deux stations où l'aubergine et la pomme de terre sont les précédents culturels. Cela est justifié par l'absence de *Meloidogyne* dans ces deux stations. L'âge des serres dans les deux stations est de 0 et 2 ans où la pomme de terre et l'aubergine représentent le précédent culturel. L'analyse statistique basée sur le test de Tukey fait ressortir plusieurs groupes homogènes ( $Pr < 2e^{-16}$ ) en fonctions des différents précédents culturels (Fig. 44). La culture de la tomate associée à la fraise est classée dans le premier groupe (f) représentant le degré d'infestation le plus élevé. Par contre la culture de la courgette et de la tomate forment deux groupes différents en (e) et (d) respectivement. Ces deux groupes sont suivis par la culture du concombre et du melon qui forment le même groupe homogène en (c).

### III.1.1.1.3. L'influence des variétés de la tomate cultivées sur l'agressivité de *Meloidogyne*

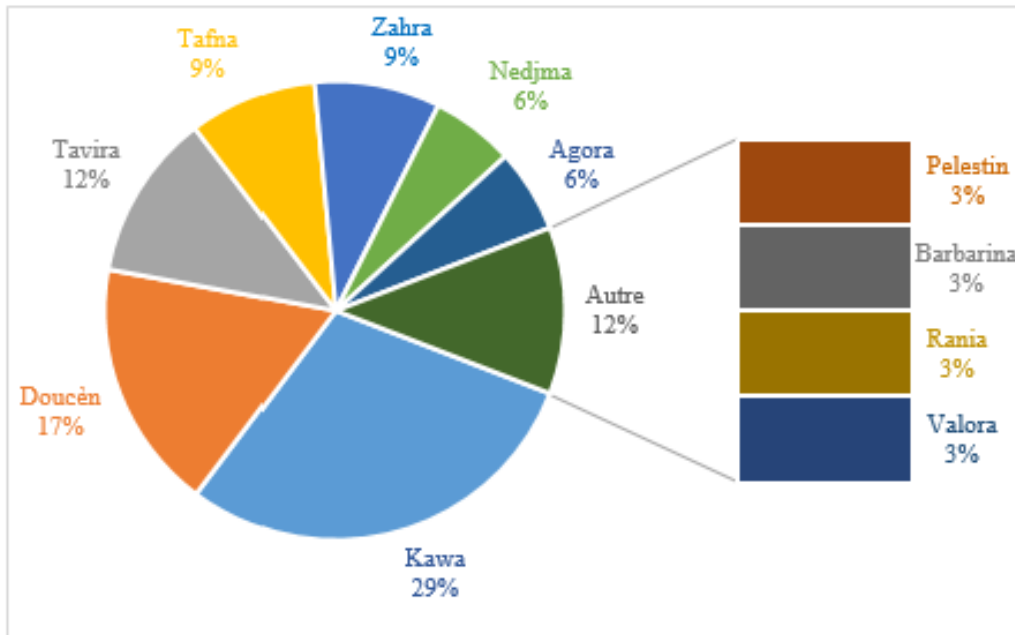
Plusieurs variétés de la tomate sont incluses dans cette étude. Toutes les variétés étudiées sont des hybrides ; Daoucèn, Kawa, Tafna, Tavira, Nedjma, Zahra, Agora, Barbarina, Palestine, Valora et Rania. Chacune des quatre dernières variétés (Palestine, Valora, Rania et Agora) est représentée par une seule station (Fig. 45). Un indice de galles de 0 est enregistré pour quatre variétés (Palestine, Valora, Rania et Agora). De ce fait ces quatre variétés sont classées dans le même groupe homogène (A). Cela peut être justifié par l'absence de *Meloidogyne*. La variété Nedjma est considérée la plus sensible aux attaques de ces derniers (D). Elle est suivie par les trois variétés ; Tafna, Tavira et Zahra qui forment un groupe homogène en (CD) (Fig. 46).



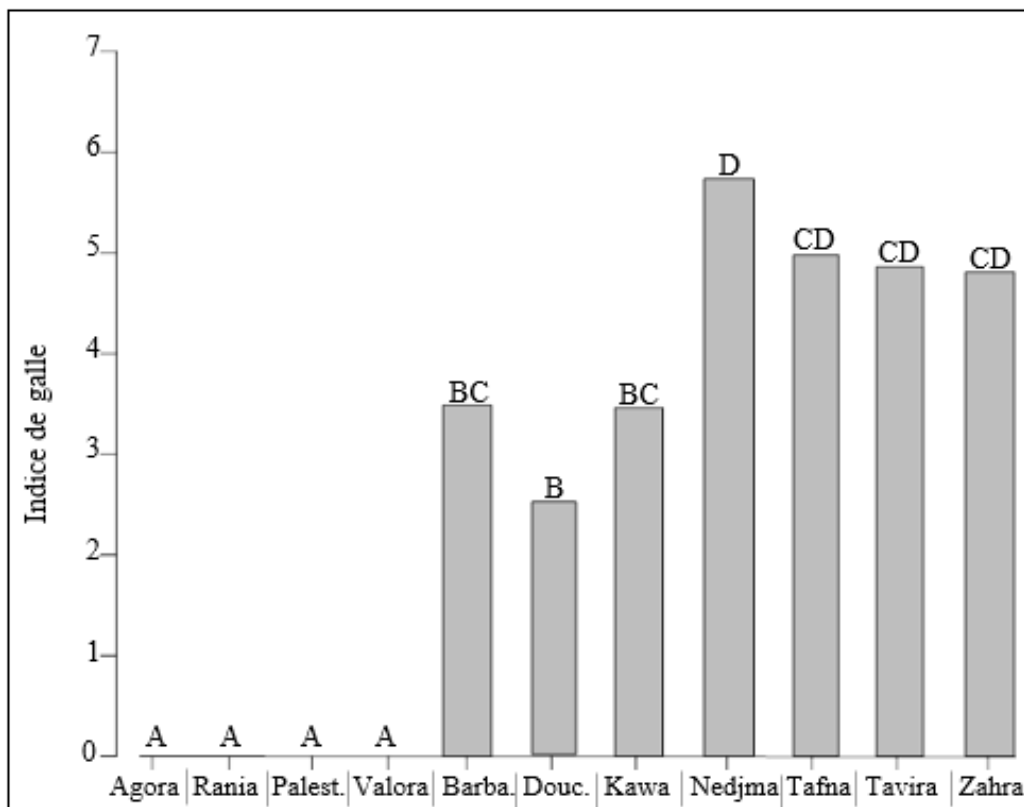
**Figure 43 :** Précédents culturaux appliqués dans les différentes régions visitées



**Figure 44 :** Indices de galle moyens en fonction des précédents culturaux (Les I.G. moyens avec la même lettre majuscule ne sont pas significativement différents entre eux, selon le test de Tukey à  $p = 0.05$ )



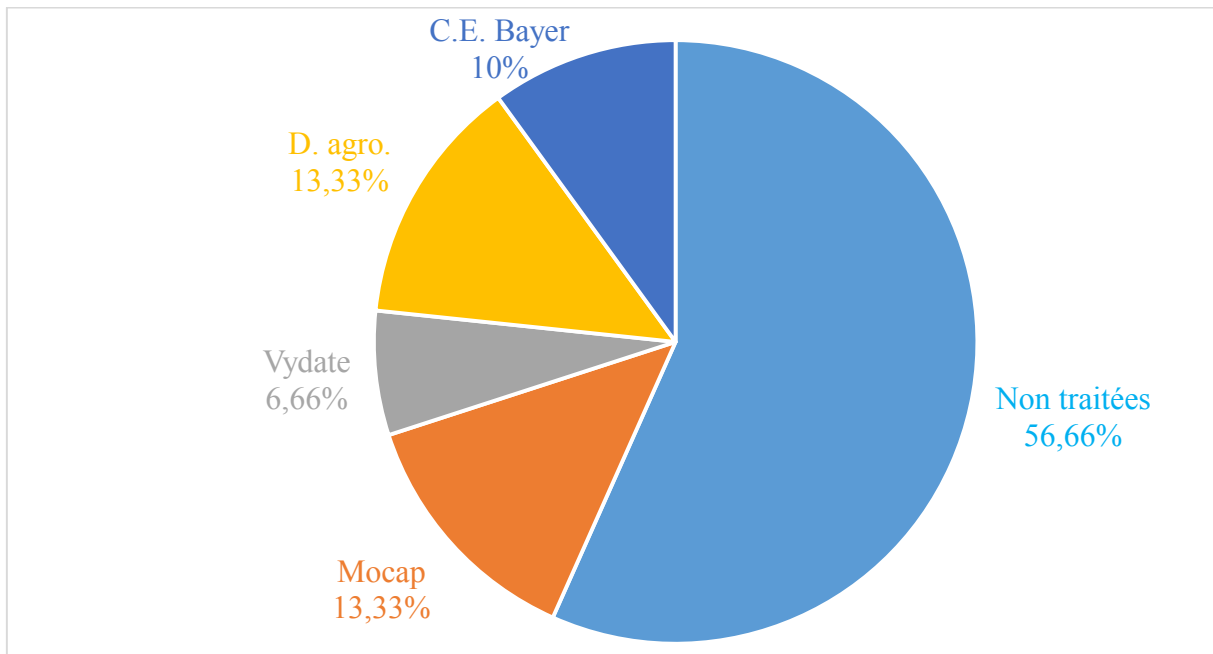
**Figure 45 :** Variétés de la tomate cultivées dans les stations étudiées



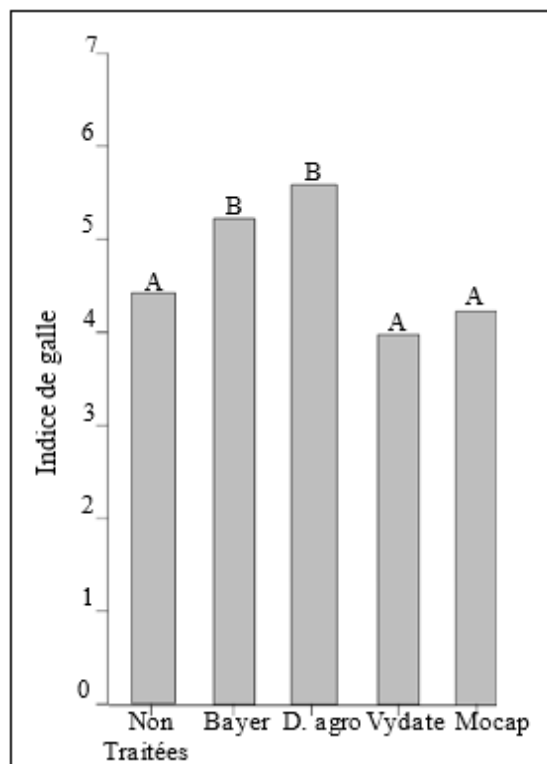
**Figure 46 :** Indices de galles moyens en fonction des variétés de la tomate (Les I.G. moyens avec la même lettre majuscule ne sont pas significativement différent entre eux, selon le test de Tukey à  $p = 0.05$ )

#### III.1.1.1.4. L'influence des produits nématicides utilisés sur le degré d'infestation par les *Meloidogyne*

Parmi les trente stations étudiées dix-sept stations (56,66%) n'ont reçu aucun produit nématicide (Fig. 47). Quatre sont traitées par le Mocap (13.33%), deux par le Vydate (6.66), quatre par le D. agro. (13.33) et trois par C.E. de Bayer (10%). Une différence très hautement significative ( $Pr < 2e^{-16}$ ) a été enregistrée entre les différentes stations en fonction des différents produits nématicides utilisés. Le classement des groupes homogènes fait apparaître que les stations non traitées et celles traitée par le Mocap et le Vydate sont les moins infestées et elles forment un groupe homogène en (a). Par contre les stations traitées par les deux produits ; C.E. Bayer et D.Agro sont les plus infestées et elles forment un groupe homogène en (b) (Fig. 48).



**Figure 47 :** Traitements nématicides appliqués dans les différentes régions visitées



**Figure 48 :** Indices de galles moyens en fonction des traitements nématicides (Les I.G. moyens avec la même lettre majuscule ne sont pas significativement différent entre eux, selon le test de Tukey à  $p = 0.05$ )

### III.1.1.1.5. L'influence des caractéristiques physico-chimiques du sol sur le degré d'infestation de la tomate sous serres par les *Meloidogyne*

Nos observations effectuées au niveau des racines de plants de tomate dans les différentes régions étudiées, nous ont permis d'étudier les facteurs qui peuvent déterminer l'agressivité de *Meloidogyne*. Pratiquement dans toutes les régions d'étude, les *Meloidogyne* causent de fortes infestations sur la tomate sous serres. Les analyses physico-chimiques du sol de chaque station étudiée nous ont permis de comparer l'état d'infestation de chaque région. Les analyses physico-chimiques du sol de trente stations étudiées sont effectuées au niveau du laboratoire du sol de l'Agence Nationale de Ressources Hydrauliques (A.N.R.H.) Bir Mourad Raïs – Alger. Les différents caractéristiques étudiées sont ; la Matière organique (Azote et carbone), les Réserves minérales (calcaire, phosphore assimilable et potassium assimilable), le complexe absorbant ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Na}^+$ ), la solution du sol ( $\text{pH}_{\text{eau}}$  et conductivité électrique) et les caractéristiques physiques (granulométrie).

#### III.1.1.1.5.1. L'influence de taux de matière organique de sol sur le degré d'infestation de la tomate sous serres par les *Meloidogyne*

Le taux de la matière organique varie d'une région à une autre et d'une station à une autre. La région du Sud qui englobe les trois wilayates (Oued-Souf, Biskra et Adrar) est caractérisée par un taux faible de matière organique (Azote et carbone). La teneur en azote du sol dans cette région est de 0.01‰ pour la première station (Oued-Souf) pour atteindre 0.35‰ dans la quatrième station (Biskra). La teneur en azote dans les différentes wilayates de littorale varie de 0.62‰ dans la station 29 (Mostaghanem) à 2.03‰ dans la station 18 (Alger). De même, Les taux de carbone les plus faibles sont enregistrés dans la région de sud. Ils sont de 0.4‰ dans la première station (Oued-Souf), le maximum est obtenu dans la 4ème station à Biskra (5.6‰). Les sols de littoral semblent être très riches en carbone. Il est de 6.2‰ dans la station 29 (Mostaghanem) et de 20.6‰ dans la station 14 de Jijel. Une corrélation positive très hautement significative est enregistrée entre la teneur en Azote et l'indice de galles. La fonction de la régression linéaire  $f(\text{I.G.}) = a(\text{Azote}) + b$  montre une augmentation de I.G. de l'ordre de 1.54 face à une augmentation de 1‰ d'azote avec un coefficient de corrélation de  $R^2 = 0.23$  (Fig. 49 et 50). Une corrélation positive très hautement significative est démontrée par la présente étude entre la teneur en carbone et l'indice de galles. L'augmentation de l'I.G. est de l'ordre de 0.16 est obtenue face à une augmentation de 1‰ de carbone avec un coefficient de corrélation de  $R^2 = 0.27$  (Fig. 51 et 52).

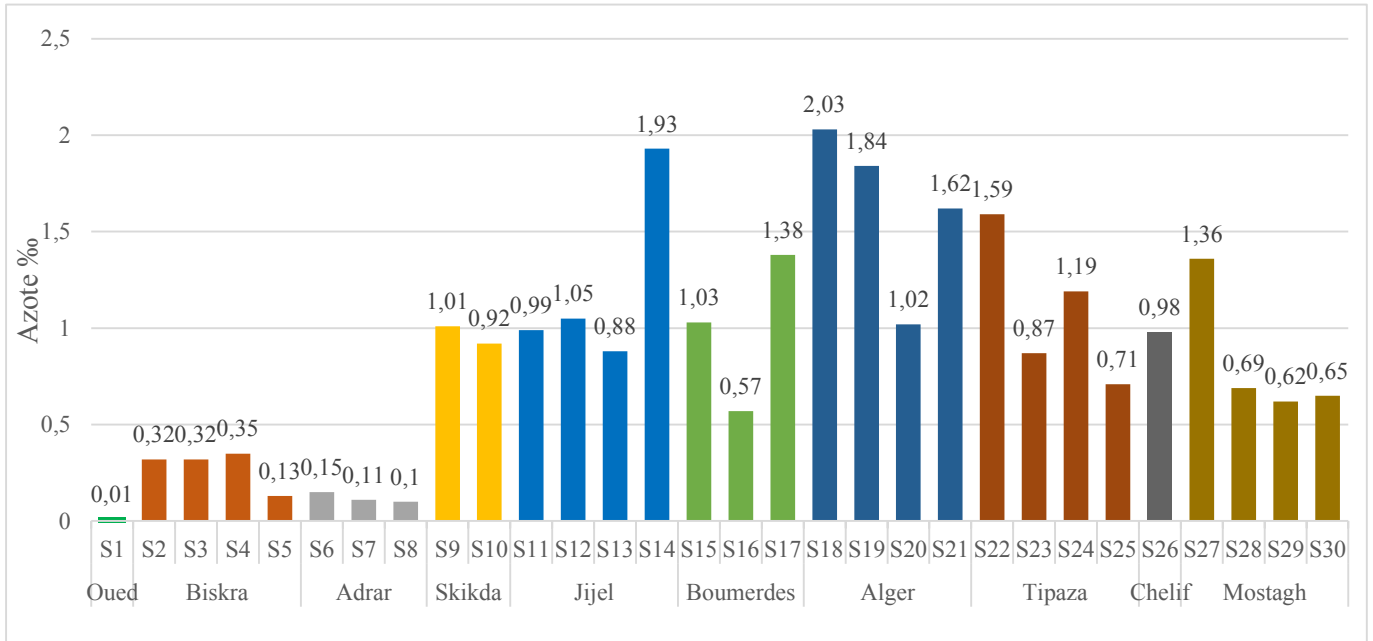


Figure 49 : Taux d'azote dans les trente stations étudiées

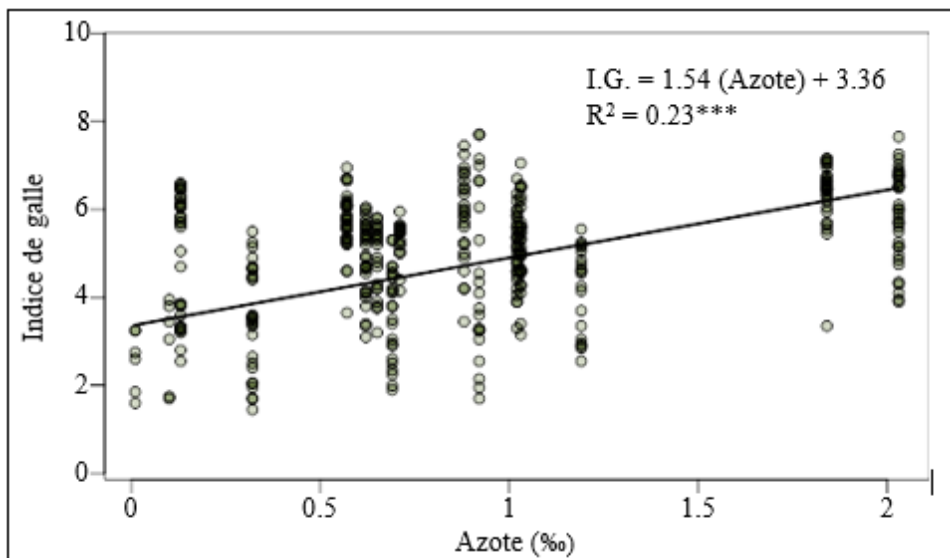


Figure 50 : Corrélation linéaire de l'indice de galles en fonction de taux d'azote. \* :

p<0.05, \*\* : p<0.001, \*\*\* : p<0.0001

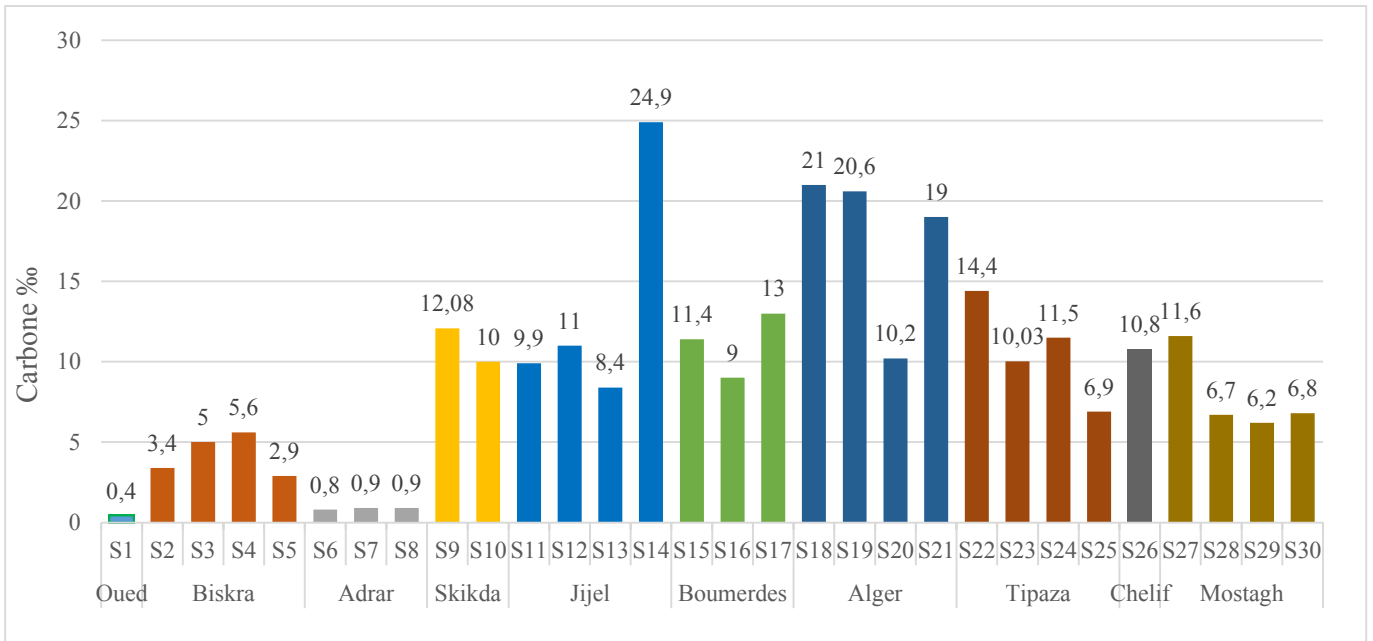


Figure 51 : Taux de carbone dans les trente stations étudiées

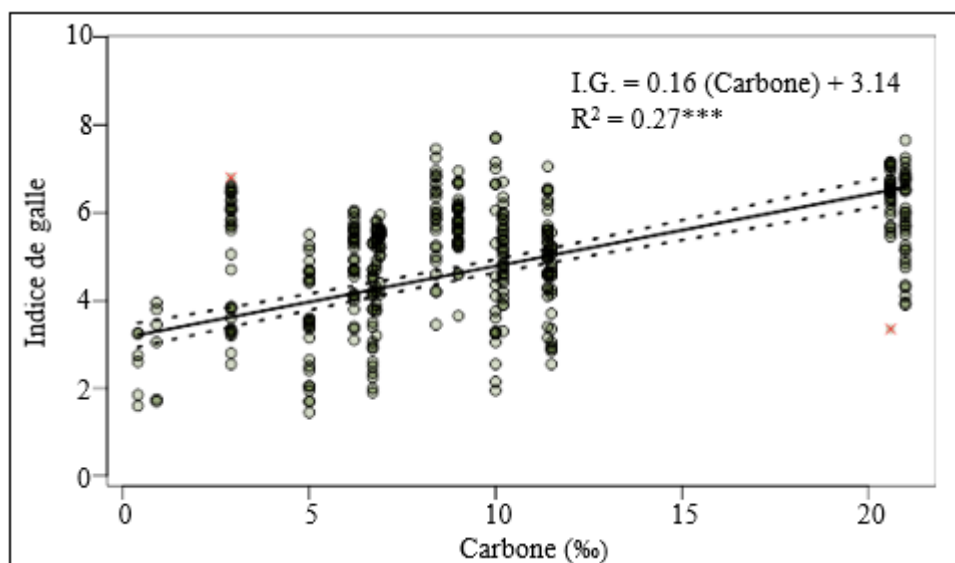


Figure 52 : Corrélation linéaire de l'indice de galles en fonction du taux de carbone. \*

:  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.001$ , \*\*\* :  $p < 0.0001$



### III.1.1.1.5.2. L'influence de la réserve minérale du sol sur le degré d'infestation de la tomate sous serres par les *Meloidogyne*

Contrairement aux deux taux d'azote et de carbone, le taux de calcaire est beaucoup plus important dans la région du sud que dans les différentes stations du littoral. Le pourcentage de calcaire le plus faible est de 0%, il est obtenu dans la station 11 de Jijel. La teneur la plus forte est de 35.91%, obtenue dans la station 5 de Biskra. La région de sud est caractérisée par un sol modérément calcaire contrairement au sol du littoral où le taux de calcaire est beaucoup plus faible (Fig. 53).

Les différents échantillons de sols prélevés dans la wilaya de Jijel, Boumerdès et Alger semblent plus riches en phosphore assimilable que les sols des autres régions. La teneur la plus faible en phosphore assimilable est de 32 ppm. Il est obtenu dans la station 7 d'Adrar. 2596 ppm représentent la teneur en phosphore assimilable la plus élevée, obtenue dans la station 18 d'Alger (Fig.54). La teneur en potassium assimilable varie d'une station à une autre. Les quantités de ce dernier dans le sol varient entre 0.6 (mg/100g) pour la station 10 de Skikda jusqu'à 114 mg/100g pour la station 22 de Tipaza (Fig. 55).

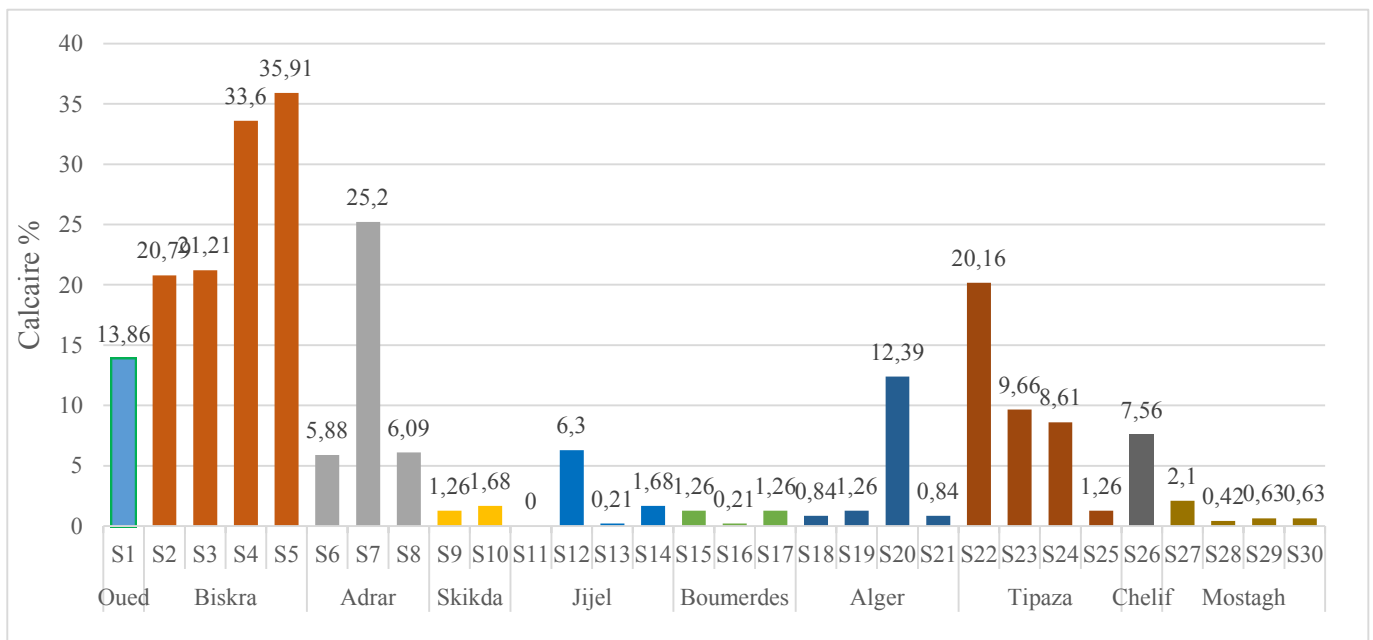


Figure 53 : Pourcentage de calcaire dans les trente stations étudiées

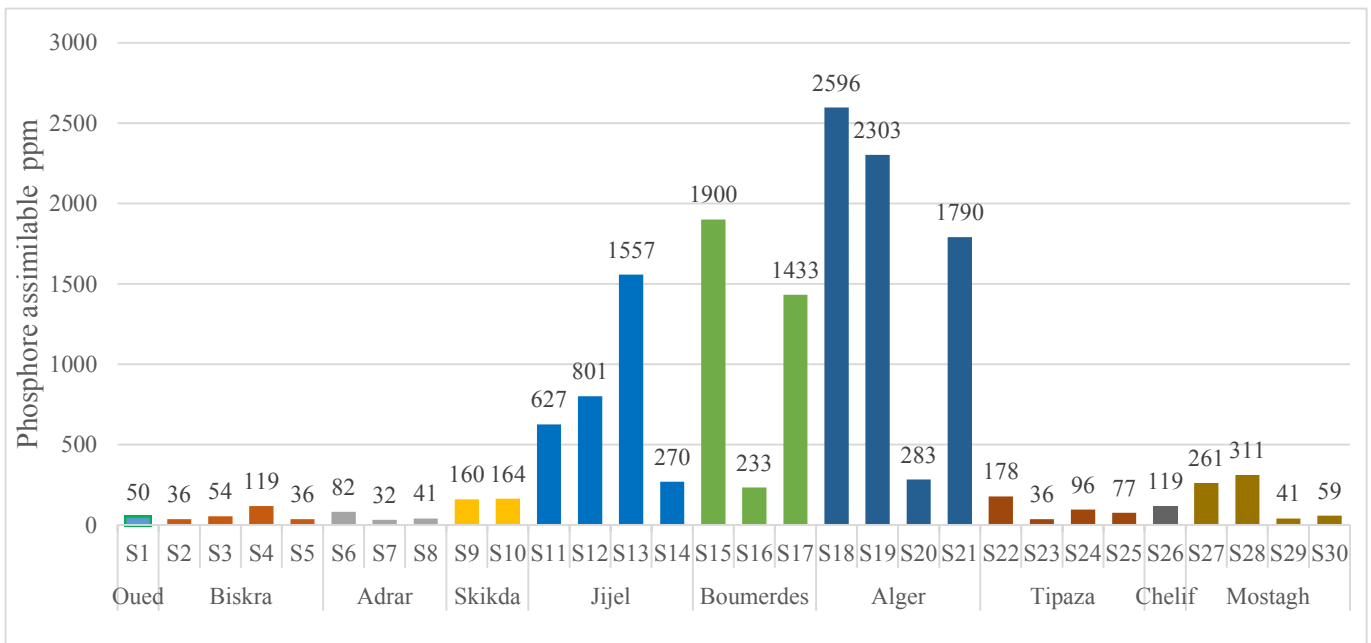


Figure 54 : Taux de phosphore assimilable dans les trente stations étudiées

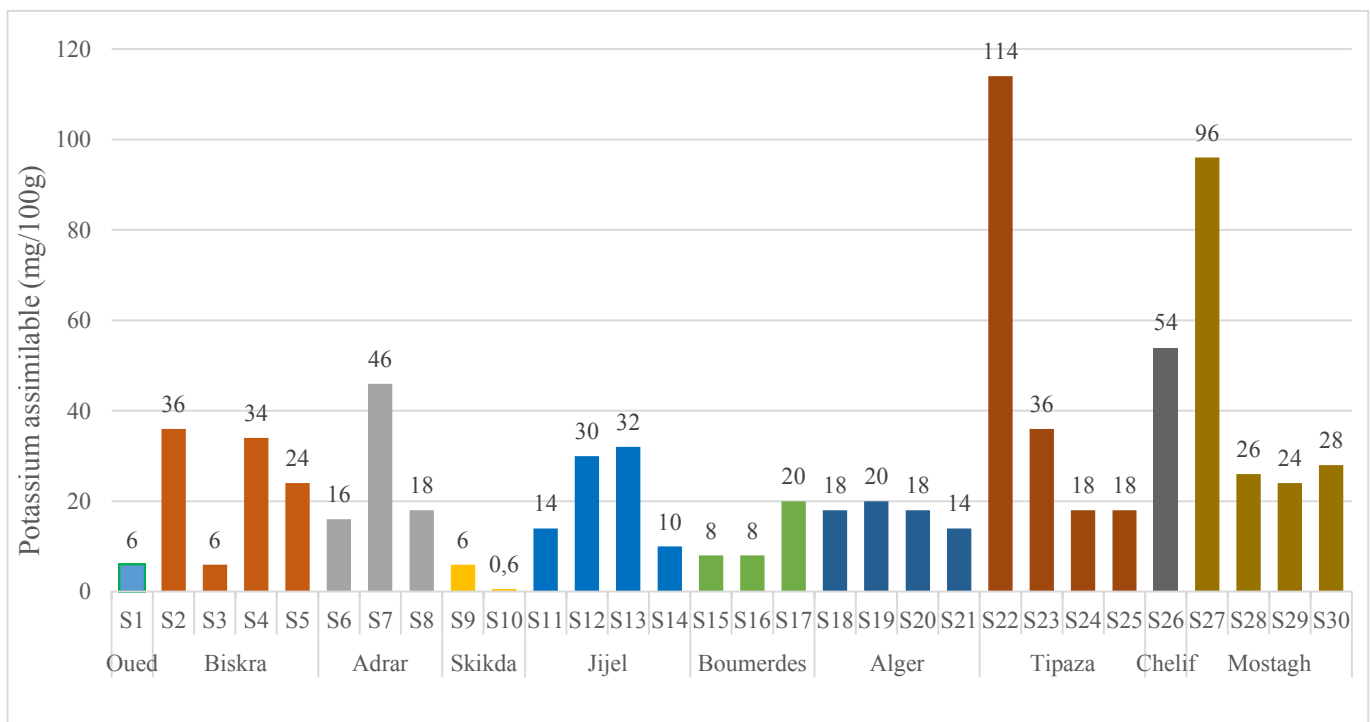
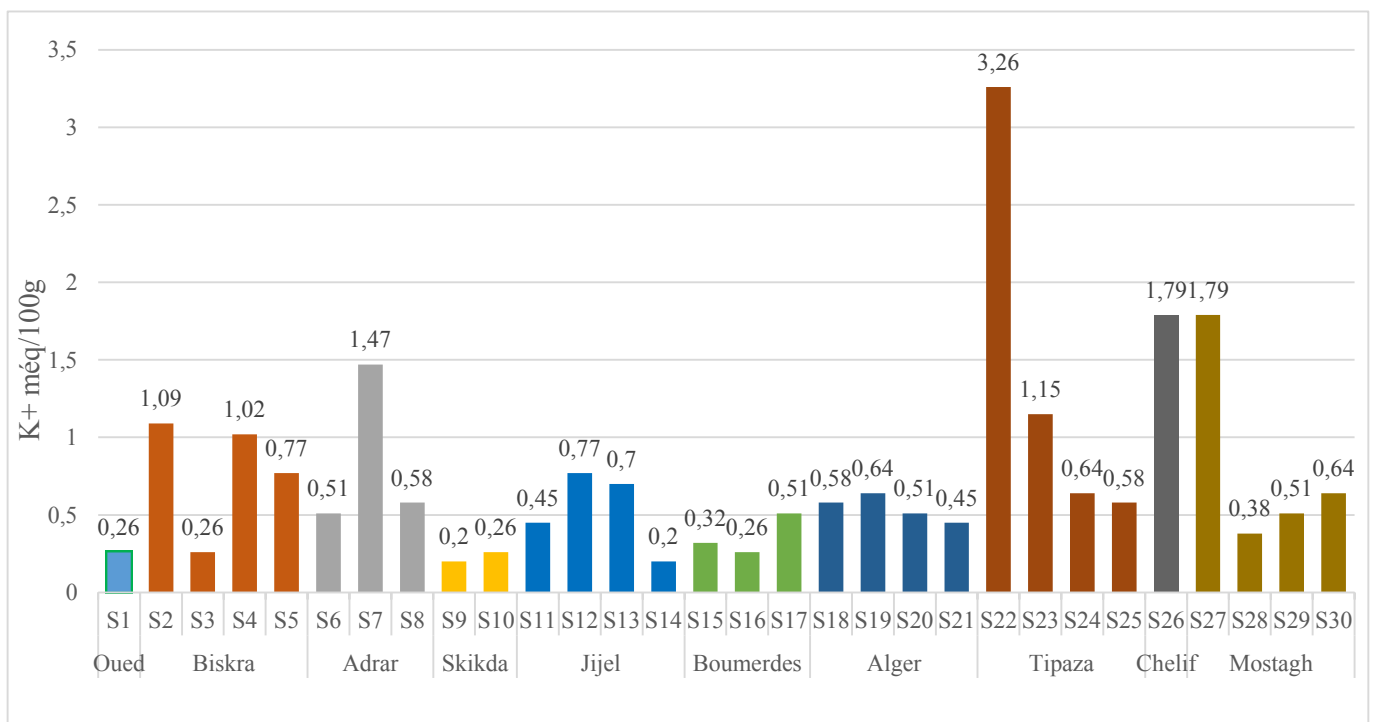


Figure 55 : Taux de potassium assimilable dans les trente stations étudiées

### III.1.1.1.5.3. L'influence du complexe absorbant sur le degré d'infestation de la tomate sous serres par les *Meloidogyne*

La teneur de sol en  $K^+$  varie en fonction des différentes stations étudiées (Figure 56). Il est de 0.2 méq/100g pour station 9 et 14 de Jijel et Skikda. Le taux le plus élevé de  $K^+$  est obtenu dans la station 22 de Tipaza (3.26 méq/100g). Aucune corrélation n'a été apportée par cette étude entre le degré d'infestation de la tomate sous serres et les différents facteurs cités auparavant (calcaire, phosphore assimilable et le potassium assimilable).

Les résultats consignés dans le tableau (07) montrent que la teneur des sols en  $Ca^{2+}$  diffère d'une région à une autre et d'une station à une autre. Elle est beaucoup plus élevée dans le sud que dans les différentes stations du littoral (Fig. 57) Cette teneur est de 0 meq/100g pour la station 9 de Skikda, les stations 16 et 17 de Boumerdes et les stations 28 et 29 de Mostaghanem pour atteindre 144 meq/100g dans la station 8 d'Adrar. Une corrélation négative très hautement significative est signalée par la présente étude entre la teneur en  $Ca^{2+}$  et l'indice de galles (Fig. 58). La fonction de la régression linéaire  $f(I.G.) = a Ca^{2+} + b$  montre une diminution de l'ordre de 0.03 de I.G. face à une augmentation de 1 (méq/ 100g) de  $Ca^{2+}$  avec un coefficient de corrélation de  $R^2 = 0.36$ .



**Figure 56 :** Taux de  $K^+$  dans les trente stations étudiées

**Tableau 7** : Matière organique, réserve minérale et complexe absorbant de sol

Wilayates		Mat.		Réserves minérales			Complexe absorbant				I.V Moy		I.G. Moy	
		Organiques					mécq/100g							
N° de Stat		Azote ‰	Carbone ‰	Calcai t. %	Phos as Ppm	Pot as mg/100g	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>				
Oued-souf	St1	0,01	0,4	13,86	50	6	88,42	0	0,26	1,96	<b>3.59</b>	<b>0.61</b>		
Biskra	St2	0,32	3,4	20,79	36	36	49,47	0,66	1,09	6,85	<b>3.79</b>	<b>0</b>		
	St3	0,32	5	21,21	54	6	16,71	2,7	0,26	2,83	<b>3.89</b>	<b>3.49</b>		
	St4	0,35	5,6	33,6	119	34	26,39	4,08	1,02	7,17	<b>3.42</b>	<b>0</b>		
	St5	0,13	2,9	35,91	36	24	31,32	1,57	0,77	3,48	<b>2.87</b>	<b>5.05</b>		
Adrar	St6	0,15	0,8	5,88	82	16	98,47	0,61	0,51	2,83	<b>3.58</b>	<b>0</b>		
	St7	0,11	0,9	25,2	32	46	32,1	0	1,47	6,52	<b>3.55</b>	<b>0</b>		
	St8	0,1	0,9	6,09	41	18	144,23	0,62	0,58	4,78	<b>3.29</b>	<b>1.61</b>		
Skikda	St9	1,01	12,08	1,26	160	6	0	0	0,2	1,3	<b>3.31</b>	<b>0</b>		
	St10	0,92	10	1,68	164	0,6	20,51	0	0,26	2,5	<b>2.99</b>	<b>3.97</b>		
Jijel	St11	0,99	9,9	0	627	14	10,23	0,44	0,45	5	<b>3.43</b>	<b>0</b>		
	St12	1,05	11	6,3	801	30	7,39	1,47	0,77	12,72	<b>3.42</b>	<b>0</b>		
	St13	0,88	8,4	0,21	1557	32	5,58	0	0,7	2,07	<b>2.60</b>	<b>5.79</b>		
	St14	1,93	24,9	1,68	270	10	7,57	0	0,2	1,3	<b>2.84</b>	<b>0</b>		
Boumerdes	St15	1,03	11,4	1,26	1900	8	3,15	1	0,32	2,72	<b>2.87</b>	<b>5.22</b>		
	St16	0,57	9	0,21	233	8	0	0	0,26	1,96	<b>2.52</b>	<b>5.83</b>		
	St17	1,38	13	1,26	1433	20	0	0	0,51	2,07	<b>3.22</b>	<b>0</b>		
Alger	St18	2,03	21	0,84	2596	18	4,51	0	0,58	2,5	<b>2.64</b>	<b>5.83</b>		
	St19	1,84	20,6	1,26	2303	20	4,46	0	0,64	2,07	<b>2.48</b>	<b>6.36</b>		
	St20	1,02	10,2	12,39	283	18	15,94	0,28	0,51	1,96	<b>2.58</b>	<b>5.12</b>		
	St21	1,62	19	0,84	1790	14	5,53	0	0,45	1,96	<b>2.68</b>	<b>0</b>		
Tipaza	St22	1,59	14,4	20,16	178	114	26,73	1,41	3,26	3,8	<b>3.27</b>	<b>0</b>		
	St23	0,87	10,03	9,66	36	36	27,33	3,65	1,15	3,59	<b>3.44</b>	<b>0</b>		
	St24	1,19	11,5	8,61	96	18	33,98	6,08	0,64	3,59	<b>2.76</b>	<b>4.04</b>		
	St25	0,71	6,9	1,26	77	18	7,14	1,28	0,58	3,37	<b>2.68</b>	<b>5.30</b>		
Chélif	St26	0,98	10,8	7,56	119	54	44,02	5,59	1,79	3,15	<b>3.38</b>	<b>0</b>		
Mostagha.	St27	1,36	11,6	2,1	261	96	9,72	0	1,79	5,33	<b>3.31</b>	<b>0</b>		
	St28	0,69	6,7	0,42	311	26	0	0	0,38	0,65	<b>2.86</b>	<b>3.61</b>		
	St29	0,62	6,2	0,63	41	24	0	0	0,51	1,96	<b>2.58</b>	<b>4.87</b>		
	St30	0,65	6,8	0,63	59	28	4,74	0	0,64	2,17	<b>2.59</b>	<b>4.84</b>		

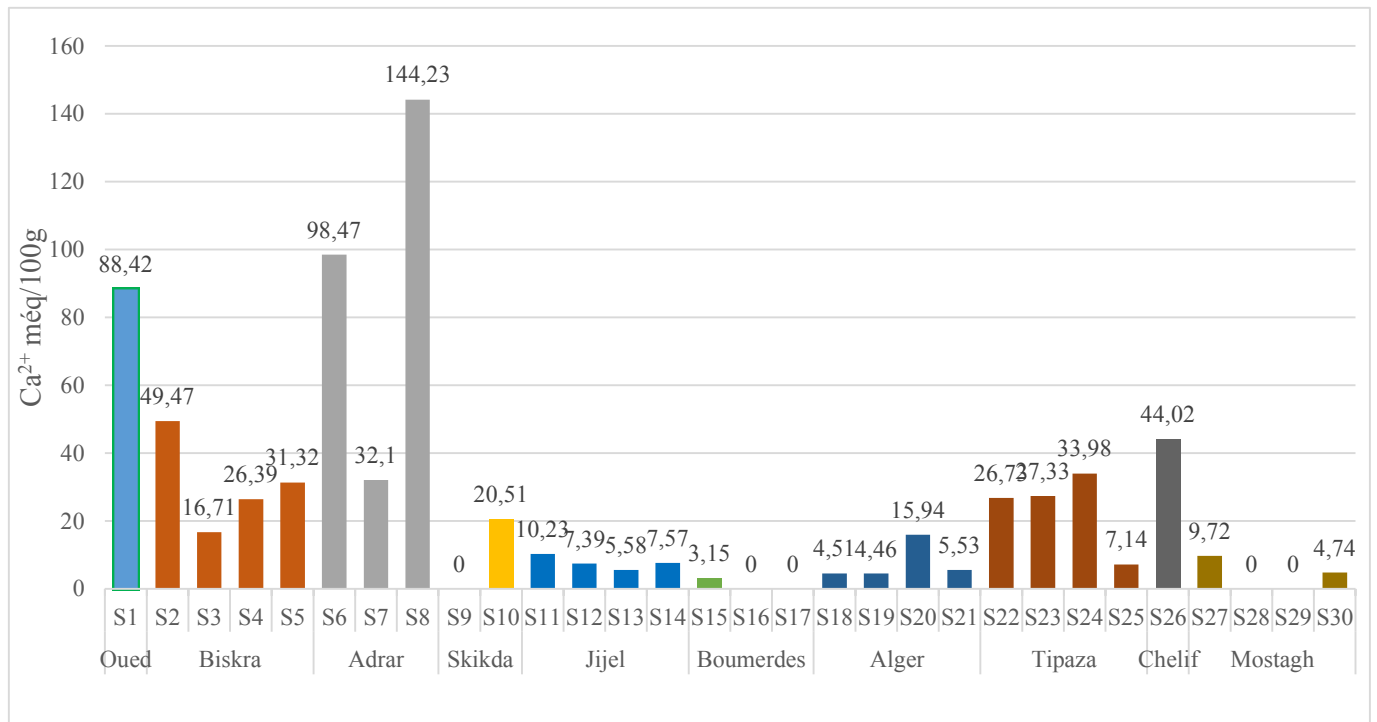


Figure 57 : Taux de Ca<sup>2+</sup> dans les trente stations étudiées

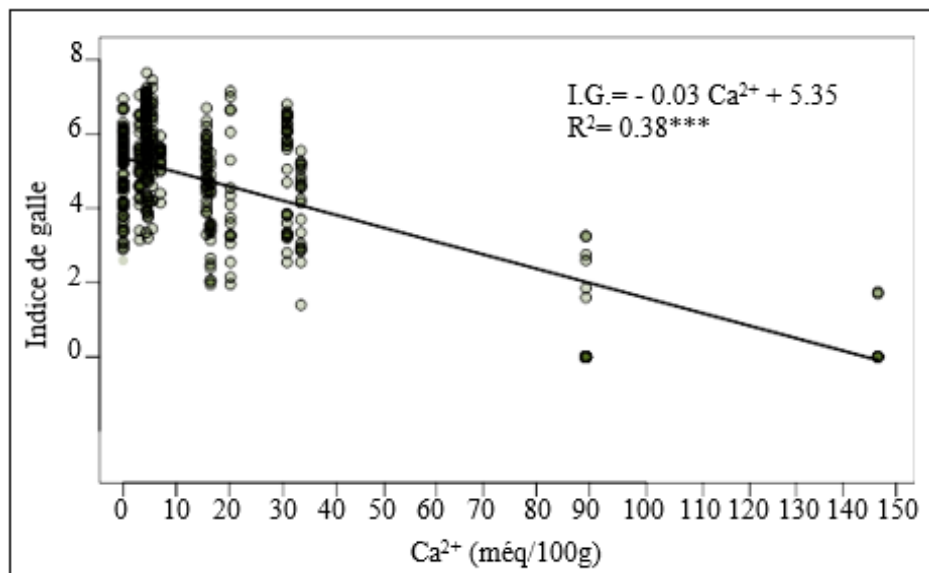


Figure 58 : Corrélation linéaire de l'indice de galle en fonction de Ca<sup>2+</sup>. \* : p<0.05, \*\* : p<0.001, \*\*\* : p<0.0001

Les résultats liés à la teneur de  $Mg^{2+}$  et  $Na^+$  dans les différentes stations sont consignés dans le tableau (07). Nous avons enregistré l'absence de  $Mg^{2+}$  dans 15 stations de différentes régions (Fig. 59). Le taux de  $Mg^{2+}$  atteint son maximum dans la station 24 de Tipaza (6.08 méq/100g). Une corrélation négative très hautement significative est obtenue par la présente étude entre la teneur en  $Mg^{2+}$  et l'indice de galles (Fig. 60). La fonction de la régression linéaire  $f(I.G.) = a Mg^{2+} + b$  montre une diminution de l'ordre de 0.15 de I.G. face à une augmentation de 1 (méq/ 100g) de  $Mg^{2+}$  avec un coefficient de corrélation de  $R^2 = 0.01$ . Le taux de  $Na^+$  varie d'une station à une autre. Le plus faible est de 0.65 (méq/100g), il est obtenu dans la station 28 de Mostaghanem. La teneur la plus forte est de 12.72 (méq/100g) enregistré dans la station 12 de Jijel (Fig. 61). Une corrélation négative très hautement significative est également obtenue par la présente étude entre la teneur en  $Mg^{2+}$  et l'indice de galles. La figure (62) montre une diminution de l'ordre de 0.17 de I.G. face à une augmentation de 1 (méq/ 100g) de  $Na^+$  avec un coefficient de corrélation de  $R^2 = 0.01$ .

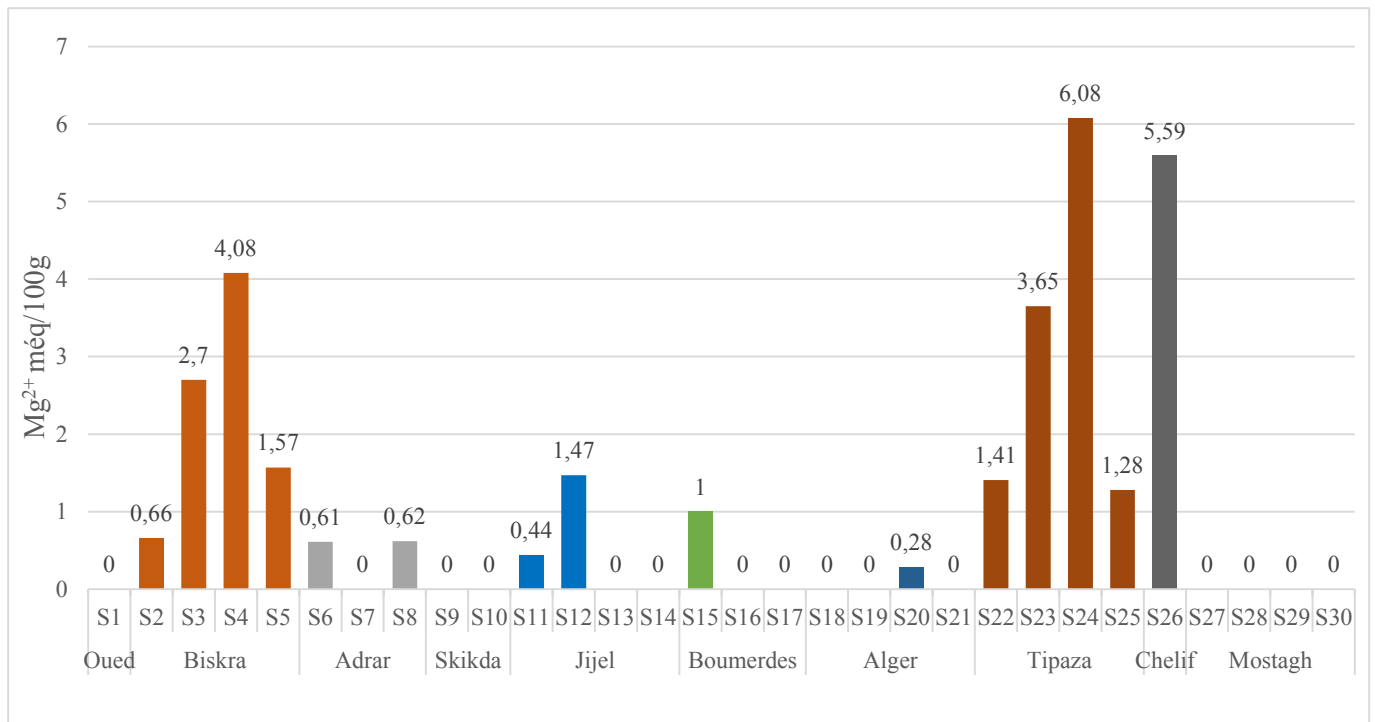


Figure 59 : Taux de Mg<sup>2+</sup> dans les trente stations étudiées

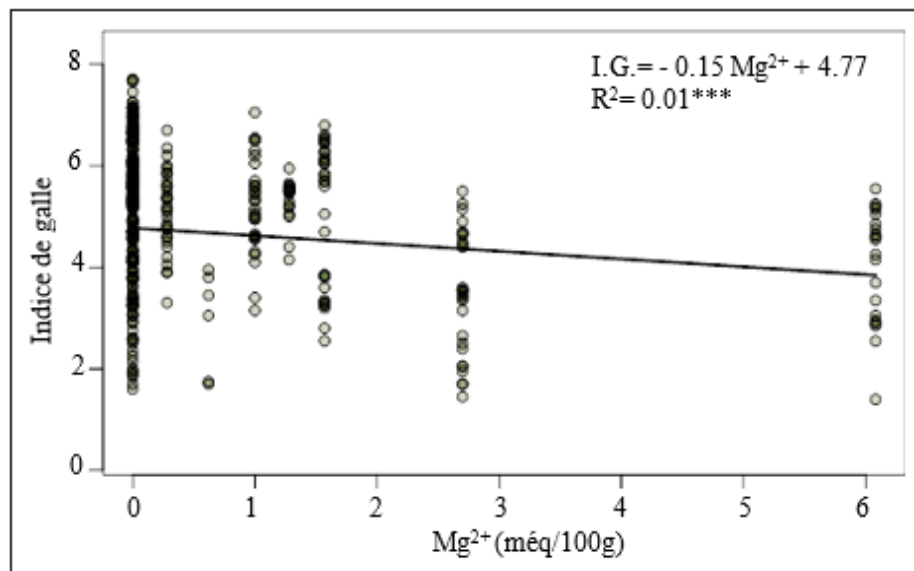


Figure 60 : Corrélation linéaire de l'indice de galle en fonction de Mg<sup>2+</sup>. \* : p<0.05, \*\* : p<0.001, \*\*\* : p<0.0001

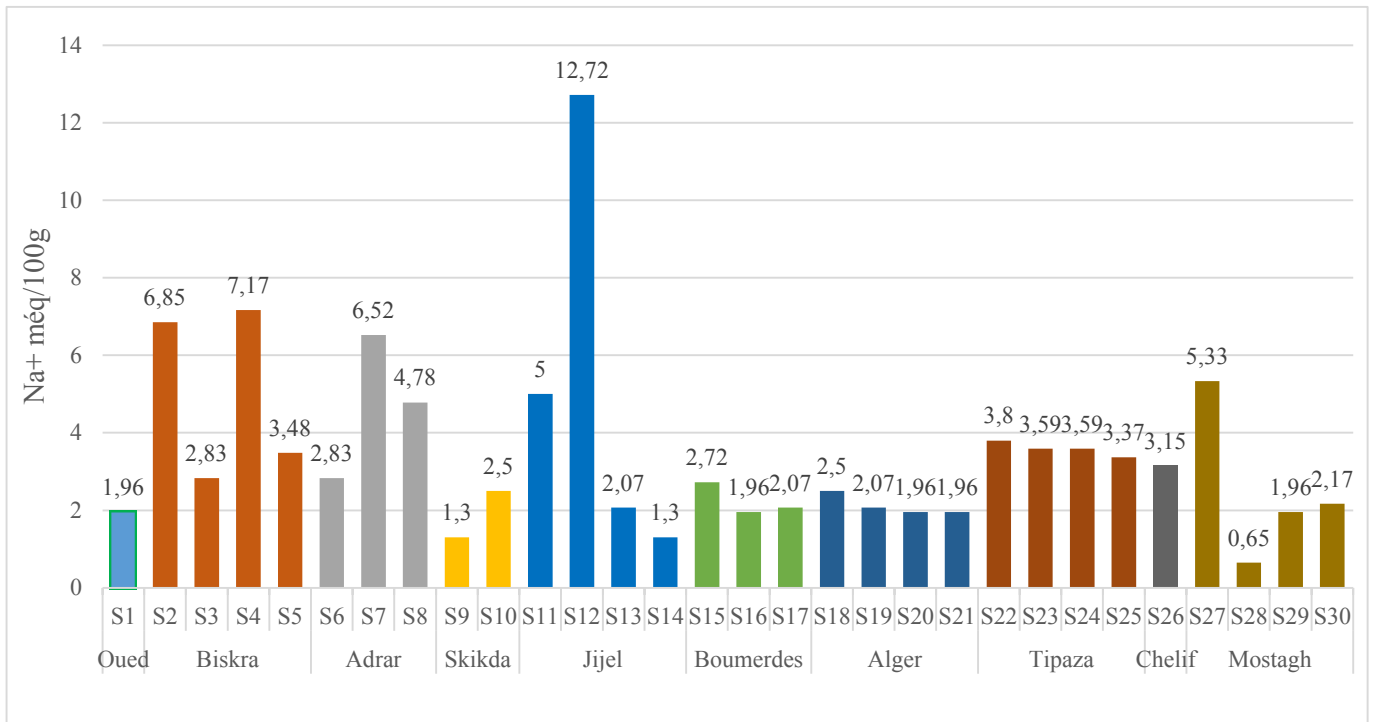


Figure 61 : Taux de Na<sup>+</sup> dans les trente stations étudiées

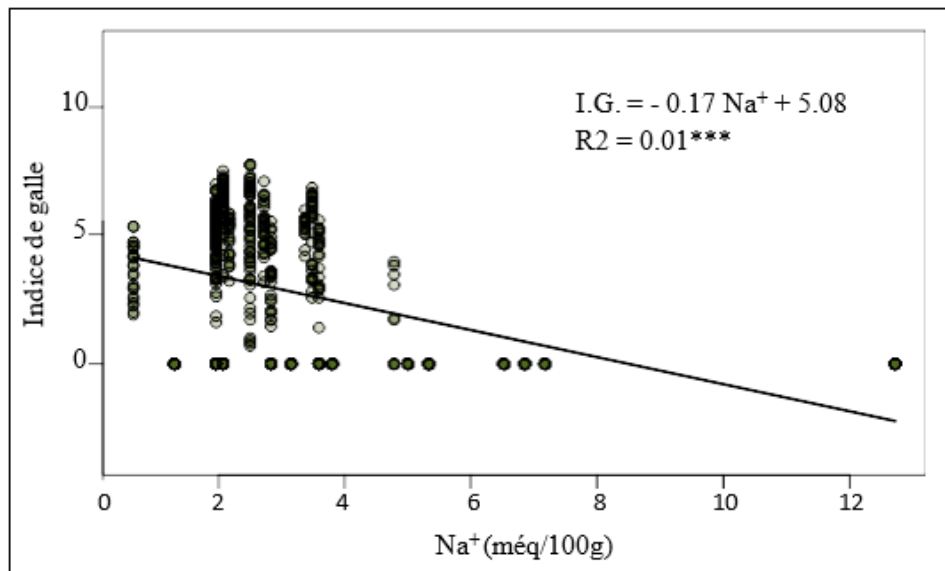


Figure 62 : Corrélation linéaire de l'indice de galles en fonction de Na<sup>+</sup>. \* : p<0.05, \*\* : p<0.001, \*\*\* : p<0.0001



#### III.1.1.1.5.4. L'influence du pH du sol et de la conductivité électrique sur le degré d'infestation de la tomate sous serres par les *Meloidogyne*

Les résultats liés au pH. de sol et à la conductivité électrique des différentes stations sont consignés dans le tableau (08). Dans les différentes régions, nous avons enregistré un pH. de 6.89 pour la station 13 de Jijel et de 8.32 pour la station 8 d'Adrar (Fig. 63). Une corrélation négative très hautement significative est obtenue par la présente étude entre le pH de sol et l'indice de galles (Fig. 64). La fonction de la régression linéaire  $f(I.G.) = a \text{ pH} + b$  montre une diminution de l'ordre de 1.12 de I.G. face à une augmentation de 1 de pH avec un coefficient de corrélation de  $R^2 = 0.17$ . Les valeurs de la conductivité électrique des différentes stations varient d'une station à une autre. La valeur la plus faible est de 0.64 mmhos/cm, elle est obtenue dans la station 10 de Skikda. Celle de 15.16 mmhos/cm est la valeur la plus élevée, elle est obtenue dans la station 27 de Mostaghanem (Fig. 65). Cependant, aucune corrélation n'est signalée par cette étude entre la conductivité électrique des différentes stations étudiées et l'indice de galles.

#### III.1.1.1.5.5. L'influence de la texture du sol sur le degré d'infestation de la tomate sous serres par les *Meloidogyne*

Les prélèvements d'échantillons de sol nous ont permis de caractériser la granulométrie. Ils ont fait ressortir l'existence de cinq classes de texture à savoir : Argilo-limoneuse, Limono-sableuse, Limoneuse, Sablo-limoneuse et Sableuse (Tab. 08). Les résultats de l'état d'infestation des différentes stations montrent que les nématodes sont présents quel que soit le type de sol. Cependant, Une forte agressivité de nématodes est observée pour le sol sableux et sablo-limoneux. Une différence très hautement significatives est enregistrée ( $Pr < 2e^{-16}$ ) entre les différentes stations en fonctions de leurs granulométrie (Fig. 66). Le classement des groupes homogènes fait apparaître que les sols de type argilo-limoneux et limono-sableux sont les moins infestés. Ils forment un groupe homogène respectivement en (A) et (AB). Par contre les sols de type limon et sablo-limoneux forment un autre groupe homogène en (BC). Cependant les dégâts causés par les *Meloidogyne* sur les racines de la tomate dans les sols sableux sont significativement plus élevés et forment un groupe homogène en (C).

**Tableau 8** : pH. du sol, Conductivité électrique et granulométrie de trente stations étudiées

Wilayates	N° de Stat	Solution du sol		Caractéristiques physiques	I.V Moy	I.G. Moy
		pH eau	Conductivité éle. mmhos/cm	Granulométrie		
Oued	ST1	7,07	6,74	Sablo-limoneux	<b>3.59</b>	<b>0.61</b>
	ST2	7,96	13,48	Limono-sableux	<b>3.79</b>	<b>0</b>
Biskra	ST3	7,9	10,11	Sablo-limoneux	<b>3.89</b>	<b>3.49</b>
	ST4	7,73	14,27	Limono-sableux	<b>3.42</b>	<b>0</b>
	ST5	7,88	9,33	Limono-sableux	<b>2.87</b>	<b>5.05</b>
Adrar	ST6	7,79	8,98	Sablo-limoneux	<b>3.58</b>	<b>0</b>
	ST7	8,3	13,48	Sablo-limoneux	<b>3.55</b>	<b>0</b>
	ST8	8,32	11,55	Sablo-limoneux	<b>3.29</b>	<b>1.61</b>
Skikda	ST9	7,91	2,76	Sableux	<b>3.31</b>	<b>0</b>
	ST10	7,89	2,64	Limoneux	<b>2.99</b>	<b>3.97</b>
Jijel	ST11	7,45	6,56	Limoneux	<b>3.43</b>	<b>0</b>
	ST12	7,49	5,64	Limoneux	<b>3.42</b>	<b>0</b>
	ST13	6,89	8,66	Limoneux	<b>2.60</b>	<b>5.79</b>
	ST14	7,46	4,66	Limono-sableux	<b>2.84</b>	<b>0</b>
Boumerdes	ST15	7,39	8,66	Sableux	<b>2.87</b>	<b>5.22</b>
	ST16	7,06	5,51	Sableux	<b>2.52</b>	<b>5.83</b>
	ST17	7,02	8,36	Sablo-limoneux	<b>3.22</b>	<b>0</b>
Alger	ST18	7,15	11,03	Sablo-limoneux	<b>2.64</b>	<b>5.83</b>
	ST19	7,44	7,58	Sablo-limoneux	<b>2.48</b>	<b>6.36</b>
	ST20	7,6	7,13	Limono-sableux	<b>2.58</b>	<b>5.12</b>
	ST21	7,76	4,33	Sablo-limoneux	<b>2.68</b>	<b>0</b>
Tipaza	ST22	7,82	8,36	Limoneux	<b>3.27</b>	<b>0</b>
	ST23	7,84	3,79	Limono-Argileux	<b>3.44</b>	<b>0</b>
	ST24	7,63	10,11	Argilo- limoneux	<b>2.76</b>	<b>4.04</b>
	ST25	7,66	4,49	Limoneux	<b>2.68</b>	<b>5.30</b>
Chélif	ST26	7,68	2,92	Argilo- limoneux	<b>3.38</b>	<b>0</b>
Mostagh.	ST27	7,35	15,16	Limono-sableux	<b>3.31</b>	<b>0</b>
	ST28	7,68	6,22	Sablo-limoneux	<b>2.86</b>	<b>3.61</b>
	ST29	7,66	4,49	Sablo-limoneux	<b>2.58</b>	<b>4.87</b>
	ST30	7,57	6,38	Sablo-limoneux	<b>2.59</b>	<b>4.84</b>

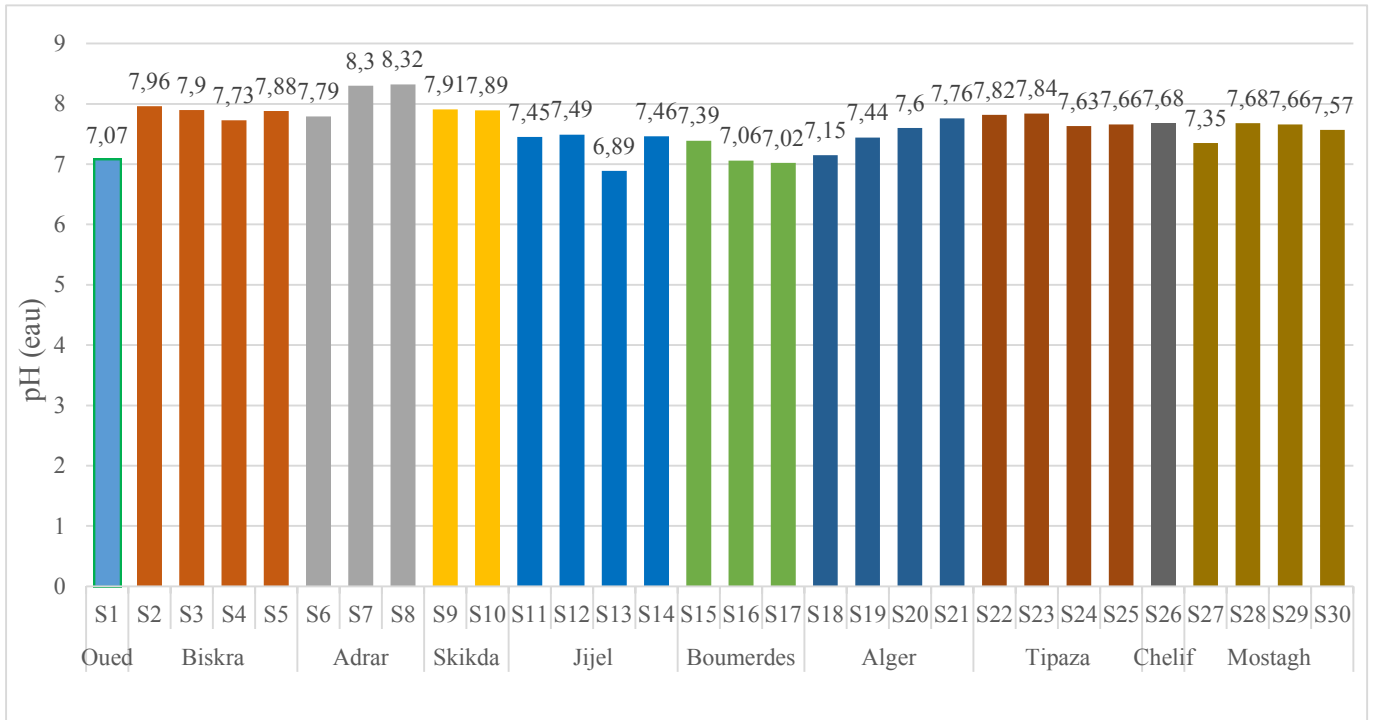


Figure 63 : pH. des sols des trente stations étudiées

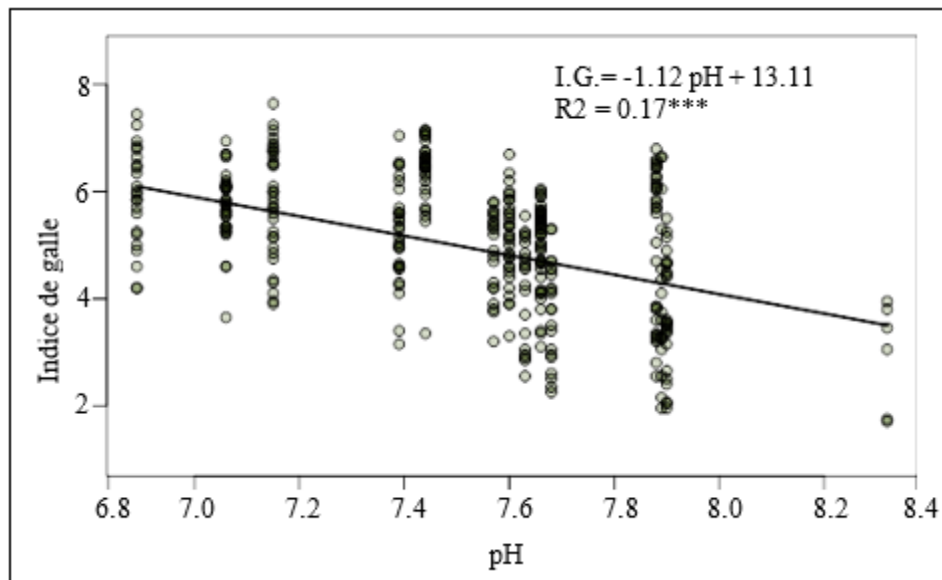


Figure 64 : Corrélation linéaire de l'indice de galles en fonction du pH. \* : p<0.05, \*\* : p<0.001, \*\*\* : p<0.0001

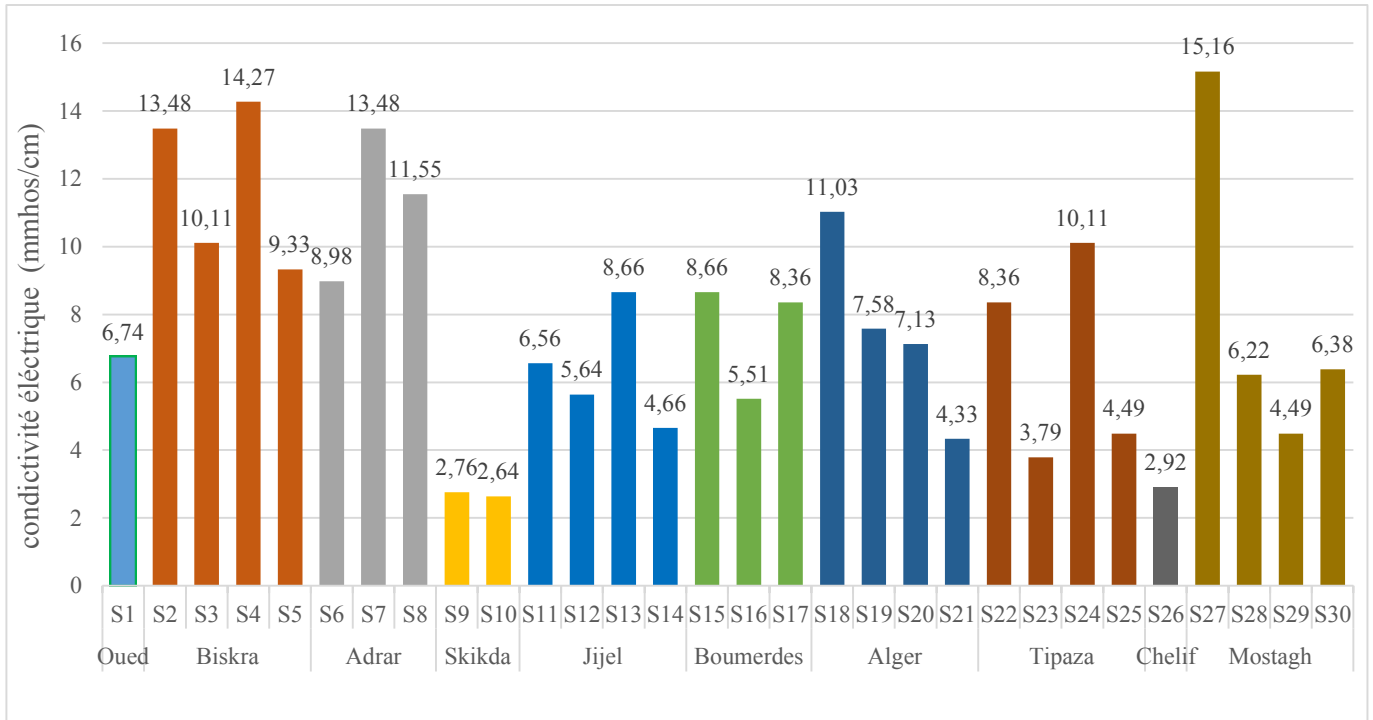


Figure 65 : Conductivité électrique des trente stations étudiées

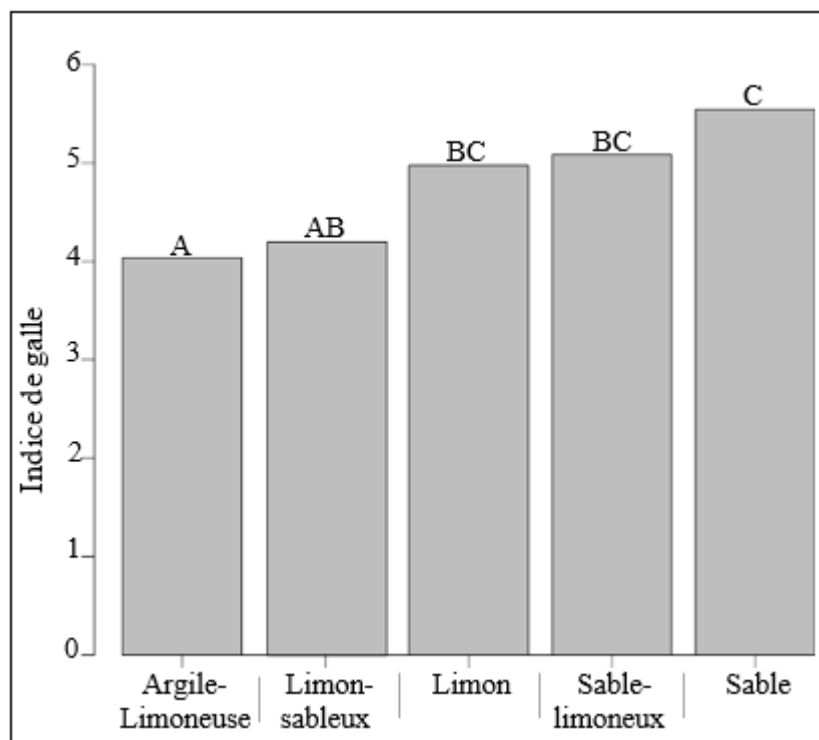
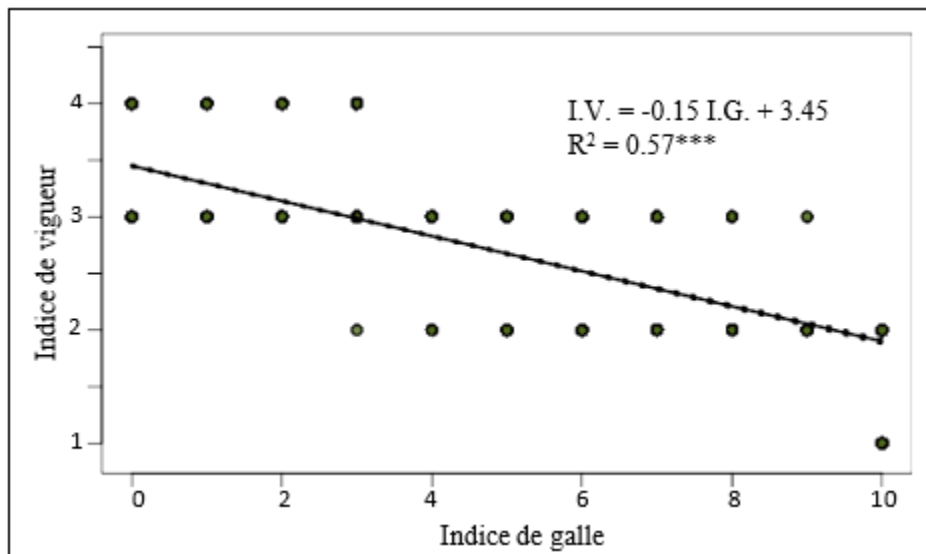


Figure 66 : Indices de galles moyens en fonction de la granulométrie (Les I.G. moyens avec la même lettre majuscule ne sont pas significativement différent entre eux, selon le test de Tukey à  $p = 0.05$ )

**III.1.1.2. Effet de *Meloidogyne* sur la partie aérienne de la tomate sous serres**

L'analyse statistique basée sur les corrélations existantes entre deux variables nous a permis de ressortir une corrélation entre l'indice de galles des racines et l'indice vigueur afin de mettre en évidence la relation entre la biomasse de *Meloidogyne* et l'état sanitaire de la partie aérienne des plants de la tomate. Une corrélation négative très hautement significative est enregistrée entre l'indice de vigueur et l'indice de galles. La figure (67) montre une diminution de l'ordre de 0.15 de I.V. face à une augmentation de 1 de l'I.G. avec un coefficient de corrélation de  $R^2 = 0.57$ .

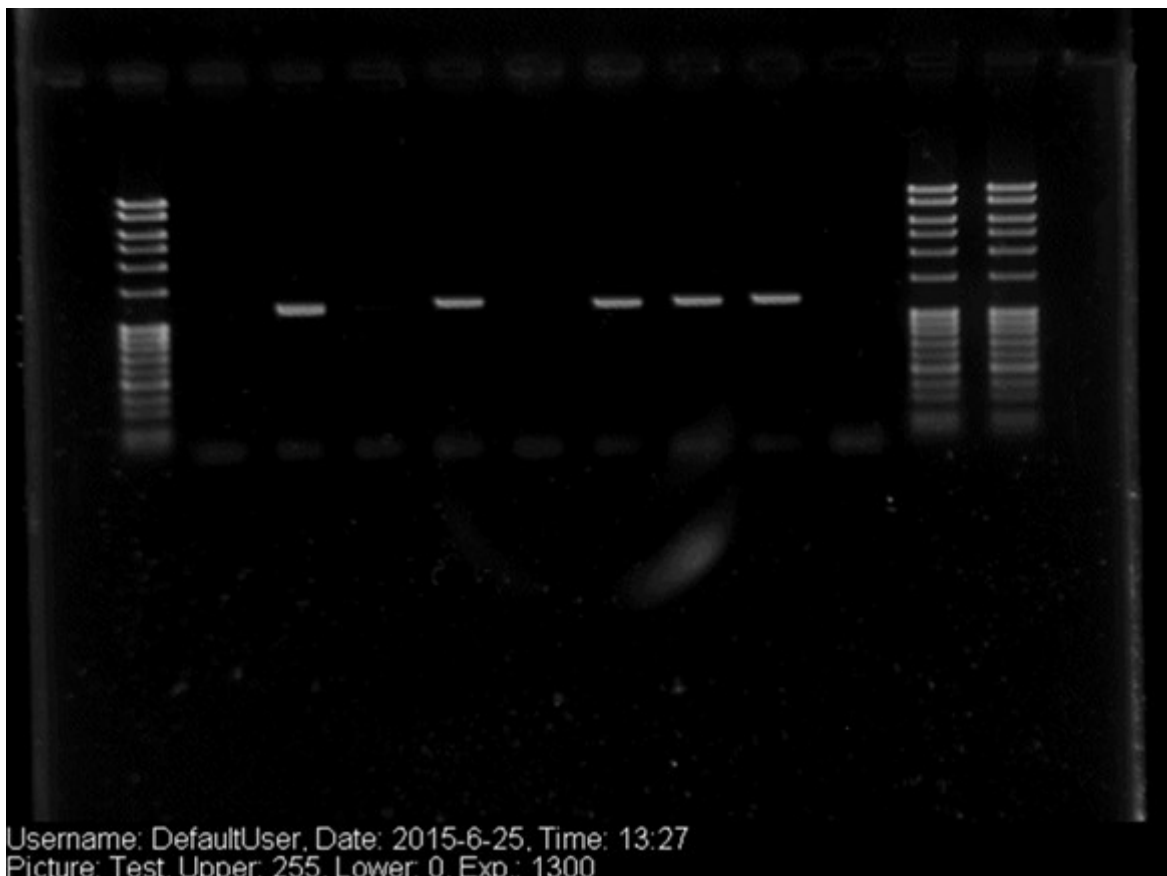


**Figure 67 :** Corrélation linéaire de l'indice de vigueur en fonction de l'indice de galles. \* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.001$ , \*\*\* :  $p < 0.0001$

### III.1.2. Identification moléculaire

L'identification des différentes espèces de genre *Meloidogyne* est effectuée à base de la biologie moléculaire. Dans le but d'établir une cartographie de distribution de ces dernières, nous avons commencé par de tests préliminaires sur la présence ou bien l'absence de *Meloidogyne incognita* dans les différentes régions. Les résultats consignés dans la figure (68) montrent la présence de *M. incognita* dans cinq régions ; Oued-souf, Alger, Jijel, Biskra et Skikda.

Après avoir confirmé la présence de *M. incognita* dans cinq différentes régions nous avons mis en élevage vingt masses gélatineuses prises de vingt femelles de chaque région afin d'étudier les caractéristiques morphologiques et moléculaires de cette espèce en fonction des différentes régions (Fig. 69).



**Figure 68** : Présence de *M. incognita* dans cinq régions après l'amplification de l'ADN et la séparation sur gels d'agaroses



**Figure 69** : Inoculation de cent-vingt populations de *Meloidogyne sp.*

### III.1.3. Discussions

Les problèmes phytosanitaires causés par les nématodes phytoparasites ont une incidence économique très importante à l'échelle mondiale. Ils sont classés au troisième rang pour ce qui concerne les pertes dues aux maladies (WHITEHEAD, 1998) car ils s'attaquent aussi bien aux grandes cultures, qu'aux cultures maraîchères, florales, fruitières. Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* appelés communément nématodes des racines noueuses (*Root knot nematodes*) constituent aussi l'un des principaux problèmes pour les cultures protégées aux pays méditerranéens où les conditions climatiques favorisent leur développement (GIANNAKOU, 2007). C'est en 1928 que la présence de ce nématode a été signalée en Algérie par Delassus (SCOTTO LA MASSESE, 1962). Actuellement, la présence des espèces de *Meloidogyne* est signalée dans presque toutes les zones pratiquant les cultures maraichères et représentent une menaces non négligeable sur ces cultures (MOKABLI, 1988 ; SELLAMI *et al.*, 1999).

Cette étude nous a permis de comparer l'agressivité de *Meloidogyne* sur la tomate sous serres en fonctions de plusieurs facteurs. Les degrés d'infestation sont beaucoup plus élevés au littoral que dans les plaines intérieures. Sur 531 serres étudiées au littoral, 59.51% sont infestées. Oued Souf, Biskra et Adrar sont infestées avec 37.70% sur un total de 497 serres visitées. Pratiquement, pour toutes les régions d'étude, les *Meloidogyne* sont présents sauf pour la wilayat de Chélif qui est représentée par une seule station. Le taux d'infestation et les indices de galles les plus élevés sont enregistrés sur le littoral algérois par Alger, Boumerdès et Tipaza. MOKABLI (1988) a signalé que les degrés d'infestations sont beaucoup plus élevés au littoral que dans les plaines. En effet, sur 425 serres étudiées dans la première zone, 77.64% sont infestées. Les plaines n'ont que 43%. Vu la production intensifiée des cultures sous abris plastique un peu partout en Algérie, la forte dissémination des *Meloidogyne* est certainement très aggravée.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent effectivement qu'il existe une série de facteurs qui déterminent l'agressivité des *Meloidogyne* sur la tomate sous serres. Plusieurs facteurs sont étudiés tels que la variété cultivée, l'âge de la serre, le précédent cultural, le nématicide utilisé et le type de sol.

L'infestation de la tomate sous serre par les *Meloidogyne* est beaucoup plus importante au niveau des serres âgées que les serres récemment installées. L'analyse statistique basée sur



le test Anova nous a démontré une différence très hautement significatives entre les différentes stations en fonctions de leurs anciennetés. Le classement des groupes homogènes fait apparaître que les différents âges (0, 1 et 2 ans) forment un groupe homogène. Par contre les âges de 08, 09 et 10 ans forment un autre groupe homogène. Dans une autre analyse statistique, une corrélation positive très hautement significative notée entre l'âge de la serre et l'indice de galles avec une augmentation de l'ordre de 0.6 d'I.G. par an. Cette augmentation de l'indice de galles est due à l'évolution des populations de *Meloidogyne*. La différence entre l'état d'infestation en fonction de l'âge peut être justifié par le fait que les serres âgées n'ont pas eu au fil des années écoulés les bonnes pratiques culturales et les meilleurs soins de protection.

L'étude de l'agressivité de *Meloidogyne* en fonction des précédents culturels montre que les plus forts pourcentages d'infestation correspondent au précédent cultural : tomate associée à la fraise représentant le degré d'infestation le plus élevé. Elle est suivie par la culture de la courgette, le concombre et le melon. Vu l'importance de la gamme d'hôte de *Meloidogyne*. Tous les précédents culturels étudiés peuvent héberger et multiplier les populations de *Meloidogyne*. Le facteur précédent cultural ne peut pas contribuer seul dans la multiplication de *Meloidogyne*. La rotation est souvent conseillée comme moyen de réduire les populations de nématodes. Pour les cultures de tomate au champ, une rotation avec les céréales ou autres graminées. Les cultures sous serres, une rotation avec des fèves serait appropriée contre les nématodes (DUVAN, 1991). Une rotation de la tomate avec des plantes pièges comme l'arachide (plante capable d'attirer et d'héberger le Nématode sans subir de dégâts), réduit l'action néfaste de *Meloidogyne* (SARR et al., 1986). L'utilisation des plantes nématicides en rotation avec des cultures donne de bons résultats. LUNG et al. (1997) ont utilisé la tagette comme plante nématicide. Ils ont remarqué que la tagete réduisait la densité de populations des nématodes de 95% après une période de culture de deux mois.

Plusieurs variétés de la tomate sont incluses dans cette études. Toutes les variétés étudiées sont des hybrides ; Daoucèn, Kawa, Tafna, Tavira, Nedjma, Zahra, Agora, Barbarina, Palestine, Valora et Rania. Un indice de galles de 0 est enregistré pour quatre variétés ; Palestine, Valora, Rania et Agora. Cela peut être justifié par une résistance ou par l'absence de *Meloidogyne*. Les trois variétés ; Agora, Palestine et Valora sont cultivées dans des stations nouvelles (un an). Le reste des variétés étudiées constituent un facteur important dans la multiplication des *Meloidogyne*. De nombreuses plantes cultivées ou spontanées sont sélectionnées pour leur résistance ou immunité vis-à-vis des espèces de *Meloidogyne*. Ces plantes évitent que le

nématode achève son cycle dans leurs racines, en piégeant les juvéniles du second stade. Elle empêchant la formation des cellules nourricières nécessaires à sa survie autour du nématode (WHITEHEAD, 1998). Selon MESSIAEN *et al.* (1991), le gène de résistance le plus caractérisé est le gène *Mi*, qui confère la résistance à plusieurs espèces de *Meloidogyne* sur tomate. Il a été transféré de l'espèce sauvage de tomate *Lycopersicum peruvianum* dans diverses variétés. Certains cultivars résistants sont intéressants dans les rotations culturales. Elles participent dans le développement des cultures suivantes en réduisant les populations de *Meloidogyne*. L'emploi de ces cultivars résistants se heurte néanmoins à des inconvénients, qui constituent à l'heure actuelle les limites de l'utilisation des variétés de tomate dites résistantes : <sup>(1)</sup> Tout d'abord, les gènes de résistance utilisés chez une espèce végétale ne contrôlent généralement pas toutes les espèces ou populations du parasite, ce qui implique une parfaite identification des pathotypes présents avant la mise en culture de telle ou telle variété résistante (CASTAGNONE, 2002). <sup>(2)</sup> D'autre part, certains de ces gènes peuvent être contournés par des individus virulents, c'est-à-dire capable de se multiplier sur des plantes résistantes (CASTAGNONE, 2002). <sup>(3)</sup> La température est un facteur limitant du gène (*Mi*), les températures qui avoisinent ou dépassent les 28-30° C inactivent ce gène. Il convient de préciser que cette température doit être effective dans le sol (CASTAGNONE, 1999).

Parmi les trente stations étudiées dix-sept n'ont reçu aucun traitement nématicide. Quatre sont traitées par le Mocap, deux par le Vydate, quatre par le D. agro et trois par C.E de Bayer. L'analyse de la variance basée sur le test de Tukey nous a donné une différence très hautement significative entre les différentes stations en fonction des différents produits nématicides utilisés. Les stations non traitées et celles traitées par le Mocap et le Vydate sont les moins infestées. Par contre les stations traitées par les deux produits ; C.E. Bayern et D.Agro sont les plus infestées. Plusieurs stations sont notées fortement infestées par les *Meloidogyne* ; Station 4 de Biskra (I.G. = 5.05), Station 10 de Skikda (I.G. = 3.97), station 18 d'Alger (I.G. = 5.83), station 25 de Tipaza (I.G. = 5.30). Cependant, ces stations n'ont été traitées par aucun produit nématicide à cause de la méconnaissance de *Meloidogyne* par les agriculteurs d'une part et les coûts des produits nématicides d'autre part. L'utilisation de Mocap jusqu'à aujourd'hui peut être justifiée par le prix et le mode d'application de ce dernier. Le Mocap est considéré comme le produit nématicide le moins cher. Les traitements par ce dernier sont effectués trois semaines avant plantation et nécessitent aucun appareillage. Deux stations visitées sont traitées par le Vydate ; station 8 d'Adrar (I.G. = 1.61) et station 29 de Mostaghanem (I.G. = 4.87). Ces deux traitements sont effectués en cours de culture de la tomate. Le reste des

stations est traité par Le produit nématicide de Dow agro-science et le produit nématicide de Bayer dont la matière active (1.3-Dichloropropène) avec le même mode d'application. Ces deux produits sont utilisés beaucoup plus au littoral algérois où les dégâts causés par les nématodes à galles de genre *Meloidogyne* sont très importants. Certaines pratiques sont notées lors des prospections notamment, la mauvaise utilisation des produits nématicides, le non-respect des doses, les dates d'application. C'est pratiques découlent souvent d'une négligence des agriculteurs. Des analyses nématologiques doivent être effectués afin d'évaluer la présence de nématodes et leurs biomasses (seuil de nuisibilité) avant l'utilisation des produits nématicides. Selon MOKABLI (1988), l'utilisation des nématicides doit être précédée par une expérimentation préalable à fin de connaitre le degré d'infestation d'une serre par les *Meloidogyne*.

Le taux de matière organique varie d'une région à une autre et d'une station à une autre. La région du Sud qui englobe les trois wilayates (Oued-Souf, Biskra et Adrar) est caractérisée par un taux faible en matière organique (Azote et carbone). Une corrélation positive très hautement significative est enregistrée entre la teneur en Azote et la teneur en carbone avec l'indice de galles. HAMMACHE (2010) a étudié l'influence de quelques types de sols algériens sur le développement des nématodes à galles. Trois types de sol sont testés ; Sol sableux, argileux et argilo-limoneux dont Le taux de matière organique diffère d'un sol à un autre. Ce même auteur a signalé un effet positif de la matière organique sur l'activité des nématodes par un complexe argilo humique équilibré favorable à toute activité de micro-organismes. ARVIEU et CUANY (1983) rapportent que la matière organique des sols et des substrats de culture donnent lieu à des interactions physico-chimiques avec le bromure de méthyle, qui détermine les propriétés et le devenir du pesticide. La matière organique réduit par adsorption la concentration en pesticide disponible dans l'eau ou l'air de sol : c'est-à-dire la dégradation de ce dernier. Par contre, KORAYEM (2003) a rapporté que les dégâts due aux *Meloidogyne* sont plus importants dans les sols pauvres en matière organique. CASTAGNON *et al.*, (1988), ont pu démontré que la matière organique peut provoquer une baisse du potentiel reproducteur de femelles de *M. incognita* sur tomate. Lors de sa décomposition, la matière organique libère des produits toxiques tels que l'acide butyrique entraînant une diminution de la population de nématodes. Elle modifie également la physiologie de la plante qui devient tolérante aux nématodes (DE GUIRAN, 1971).

Aucune corrélation n'est obtenue par cette étude entre le degré d'infestation de la tomate sous serres et les facteurs suivants ; calcaire, phosphore assimilable, potassum assimilable et  $K^+$ . Par contre, Le  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  et  $Na^+$  semblent avoir un effet négatif sur la multiplication et le développement des nématodes. Selon HAMMACHE (2010), l'évolution des populations de *M. incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria* dans les différents types de sols est liée également à la teneur de calcaire, potassum et magnésium présent dans le sol. CADET *et al.*, (2000), rapportent que pour les facteurs abiotiques, il semble que des différences significatives dans les teneurs en magnésium ou en calcium correspondent à des différences significatives dans les populations de *Helicotylenchus dihystica*, *Scutellonema cavanessi* et *Tylenchorynchus gladiolatus*.

Dans les différentes régions, nous avons enregistré un pH de sol se situant entre 6.89 (Presque neutre) et 8.32 (moyennement alcalin). Une corrélation négative très hautement significative est menée par la présente étude entre le pH du sol et l'indice de galles. L'infestation des *Meloidogyne* est moins sévère en sol acide qu'en sol neutre ou alcalin (HAMMACHE, 2010 ; REDDY 1983). FERRIS et VAN GUNDY (1979) ont montré que les sols neutres ou plus ou moins acides favorisent l'éclosion des œufs des *Meloidogyne* et au-dessous de 5.2 cette dernière est inhibée. WALLACE (1968) cite que les nématodes à galles survivent, éclosent et se reproduisent à des pH variables entre 4 et 8. KORAYEM (2003) a rapporté que les dégâts dus aux *Meloidogyne* sont plus importants dans les sols à pH faible.

Les résultats de l'état d'infestation des différentes stations montrent que les nématodes sont présents quel que soit le type de sol. Cependant, Une forte agressivité des nématodes est observée pour le sol sableux et sablo-limoneux. Une différence très hautement significatives est enregistrée entre les différentes stations en fonctions de leurs granulométries. Les sols de type argilo-limoneux et limono-sableux sont les moins infestés suivis par les sols de type limoneux et sablo-limoneux. Cependant les dégâts les plus importants sont causés par les *Meloidogyne* sur les racines de la tomate dans les sols sableux. Selon JONES *et al.*, (1997), la sévérité des attaques des *Meloidogyne* varie en fonction de la nature de sol. Les dégâts sont plus importants dans les sols sableux. BERTAND, (2001) a signalé que les dégâts dus aux *Meloidogyne* sont plus accentués en sols sablonneux avec la présence d'une macroporosité et microporosité importantes facilitant leurs déplacements que les sols lourds riches en argiles. Par contre, HAMMACHE en 2010 a indiqué que le sol limono-sableux, intermédiaire entre le sableux et l'argileux présente les meilleurs conditions pour le développement des *Meloidogyne*.

L'analyse statistique basée sur les corrélations existantes entre deux variables nous a permis de ressortir une corrélation entre l'indice de galles et l'indice vigueur afin de mettre en évidence la relation entre la biomasse de *Meloidogyne* et l'état sanitaire de la partie aérienne des plants de la tomate. Une corrélation négative très hautement significative est enregistrée entre l'indice de vigueur et l'indice de galles. Cette corrélation justifie l'effet des *Meloidogyne* sur la partie aérienne des plantes hôtes. Les racines infestées limitent le transport des nutriments vers le reste de la plante qui flétris rapidement et montre des signes de carence en cas de forte infestation. Un retard de croissance de l'hôte et une réduction significative de la taille et de la vigueur des plants sont aussi des signes d'infestation des plantes par les *Meloidogyne* (SIDDIQUI *et al.*, 2002). Ainsi, l'établissement des autres pathogènes à travers les blessures causées par la pénétration du nématode, accélèrent la dégradation du phloème des plantes et forment ainsi des maladies. L'infection des plantes par les *Meloidogyne* rend plus sévère et plus rapide l'invasion des champignons, augmentant ainsi les dégâts des maladies cryptogamiques. L'interaction entre *Meloidogyne*, *Fusarium*, *Verticillium* et *phytophthora* constitue parfois des facteurs limitant d'une culture donnée (DALMASSO et MISSONIER, 1986). La présence de *Meloidogyne* joue un rôle très important dans la propagation de bactéries, la pénétration de *Pseudomonas solanacearum* sur œillet est favorisée par *Meloidogyne acrita* (DALLIL, 1999). Comme elle peut être obligatoire chez le cas d'*Agrobacterium tumefaciens* qui ne peut s'attaquer à certaines variétés de framboise qu'en présence de *Meloidogyne* (GRIFFIN, 1968). RYDER ET GRITTENDEM (1969) ont signalé qu'il existe un synergisme entre les *Meloidogyne* et le virus des taches annulaires du tabac. Lorsque les plants de soja sont infestés par *Meloidogyne incognita* et ce virus les dommages causés aux plants augmentent.

Dans le but d'établir une cartographie de distribution des espèces de *Meloidogyne* en Algérie, nous avons commencé par de tests préliminaires sur la présence ou l'absence de *Meloidogyne incognita* dans les différentes régions. Nos résultats montrent la présence de *M. incognita* dans cinq régions ; Oued-souf, Alger, Jijel, Biskra et Skikda. Selon SELLAMI *et al.*, (1999), l'espèce *Meloidogyne incognita* est trouvée dans la quasi-totalité des zones littorales sur tomate. Cette espèce est plus abondante où les précipitations dépassent les 500 mm. Elle a également été décelée dans les zones sahariennes (Ouargla, Adrar et Biskra).

### III.2. Etude de la multiplication et le développement des juvéniles de *Meloidogyne incognita* sur les racines de *Datura* (*D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*)

Les résultats liés à notre expérimentation ayant porté sur l'effet de l'inoculum des *M. incognita* sur le comportement de trois espèces de *Datura* (*D. stramonium*, *D. innoxia*, *D. tatula*) et une variété de tomate (Susana) sont donnés et interprétés. Les comparaisons des degrés d'attaques avec une notation de l'indice de galles, nous permettent de confirmer l'idée que les *Datura* peuvent présenter un intérêt particulier dans un programme de lutte. Ces dernières peuvent être considérées comme les plantes dites nématocides.

#### III.2.1. Evaluation de la notation de l'indice de galles

Les résultats obtenus montrent une variabilité de l'indice de galles d'une racine à une autre. Un degré d'infestation diffère d'un plant à un autre selon l'espèce et la propagation des J2s de *Meloidogyne incognita* et leurs reproductions. Nous avons noté l'absence des galles dans les racines des trois espèces de *Datura stramonium*, *D. tatula* et *D. innoxia*, alors que les racines de la tomate (*L. esculentum*) ont atteint un seuil d'infestation (I.G.) de 8 dans les répétitions 1 et 10 et une valeur minimal de 5 dans la 5<sup>ème</sup> répétitions avec un indice de galles moyen de 6.8. Les résultats des indices de galles de chaque espèce végétale sont présentés dans le tableau (09).

**Tableau 9** : indices de galles des racines de *D. stramonium*, *D. tatula*, *D. innoxia* et *L. esculentum* (variété Susana)

	R1*	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Moy
<i>D. stramonium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>D. innoxia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>D. tatula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>L. esculentum</i>	8	7	7	6	5	6	7	7	7	8	<b>6.8</b>

R\*: répétition

#### III.2.2. Nombre de masses d'œufs et de femelles dans les racines de *D. stramonium*, *D. tatula*, *D. innoxia* et *L. esculentum*.

Les racines des trois espèces de *Datura* et de la tomate ont été misent sous la loupe binoculaire pour le comptage du masse d'œufs et des femelles. L'observation sur les racines des trois espèces de *Datura* n'a montré aucune femelle, ce qui confirme la notation de l'indice de galle. Nous avons compté 350 femelles dans les racines de tomate pour la 8<sup>ème</sup> répétition

comme nombre maximal et un minimum de 194 femelles pour la 5<sup>ème</sup> répétition avec un nombre de femelles moyen de 252,1. Le nombre de masses d'œufs dans les racines des différentes espèces de *Datura* est de 0. Tandis que chez la tomate le nombre de masse d'œufs a atteint un maximum de 150 dans le premier pot et un minimum de 75 au niveau du 4<sup>ème</sup> pot avec un nombre moyen de 103.8. Le nombre de femelles par racines confirme les résultats précédents. Notons que la femelle est la responsable du site nourricier et puis la formation des galles, et ainsi que la ponte des œufs à l'intérieure d'une masse gélatineuse. Les résultats sont illustrés dans le tableau (10).

**Tableau 10 :** Nombre de femelles et de masse d'œufs dans les racines des *D. stramonium*, *D. tatula*, *D. innoxia* et *L. esculentum* (variété Susana)

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Moy.
<i>L. esculentum</i>	*313 (150)	256 (98)	306 (124)	197 (75)	194 (90)	227 (93)	209 (87)	350 (120)	210 (91)	259 (110)	<b>252.1</b> <b>(103.8)</b>
<i>D. stramonium</i>	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	<b>0(0)</b>
<i>D. innoxia</i>	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	<b>0(0)</b>
<i>D. tatula</i>	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	<b>0(0)</b>

\*nombre de femelles (nombre de masses gélatineuses)

### III.2.3. Extraction des larves à partir du sol et de racines de chaque espèce végétale

Les juvéniles de *M. incognita* en tendance à se conserver dans le sol et puis la multiplication lors du contact avec la racine de la plante hôte. Le nombre des J2<sub>s</sub> dans 1kg du sol dans les trois blocs de *Datura* est de 0 alors que dans le bloc de *L. esculentum* le nombre est trop élevé et atteint un maximum de 15666 larves par 1 kg du sol et un minimum de 9000 juvéniles avec un nombre moyen de 13 260,5. D'après ces résultats et la comparaison entre le nombre de J2<sub>s</sub> inoculés et le nombre de J2<sub>s</sub> dans 1 Kg de sol après 8 semaines de suivi, nous pouvons dire que les J2<sub>s</sub> inoculés de *M. incognita* se sont reproduites dans le bloc de *L. esculentum* ce qui confirme que le cycle biologique de notre ravageur a été achevé du stade infestant J2 inoculé au début de notre expérimentation, jusqu'à une nouvelle génération de J2<sub>s</sub>. Par contre dans les trois blocs de *Datura* les J2<sub>s</sub> n'ont pas eu la même faculté de s'installer pour crée le site nourricier pour se reproduire. L'extraction de ces derniers à partir des racines avec la méthode d'incubation a pour but la confirmation de l'origine des J2<sub>s</sub> dans le sol qui

proviennent des œufs contenu dans la masse gélatineuse. Le nombre de J2<sub>s</sub> dans 5g de racine dans les trois blocs de *Datura* est de 0, alors que dans le bloc témoin le nombre est trop élevé atteignant un maximum de 735 J2<sub>s</sub> dans le 1<sup>er</sup> pot et un minimum de 438 J2<sub>s</sub> dans le 4<sup>ème</sup> pot avec un nombre de J2<sub>s</sub> moyen de 565,6. Les résultats de l'extraction de J2<sub>s</sub> de *M. incognita* à partir d'un Kg du sol et de 5 g de racine de chaque espèce *D. stramonium*, *D. tatula*, *D. innoxia* et *L. esculentum* (variété Susana) sont résumés dans le tableau (11).

**Tableau 11** : Nombre de J2<sub>s</sub> dans 1 kg de sol et dans 5 g de racines de chaque espèce végétale

	<i>L. esculentum</i>	<i>D. stramonium</i>	<i>D. innoxia</i>	<i>D. tatula</i>
R1	15300 (735)*	0 (0)	0 (0)	0 (0)
R2	10800 (530)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
R3	14533 (692)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
R4	9000 (438)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
R5	10666 (542)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
R6	12000 (498)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
R7	14500 (470)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
R8	15666 (615)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
R9	14510 (508)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
R10	15630 (628)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<b>Moy.</b>	<b>13260,5 (565,6)</b>	<b>0 (0)</b>	<b>0 (0)</b>	<b>0 (0)</b>

\* Nombre de J2<sub>s</sub> dans 1 kg de sol (nombre de J2<sub>s</sub> dans 5g de racines).



### III.2.4. Discussions

Actuellement nous avons recensé plus de 200 espèces de plantes de différentes familles botaniques (*Asteraceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae*, *ombellifères*, *euphorbiaceae*) pour leurs propriétés nématocides (DJIAN-CAPORALINO *et al.*, 2008). Les substances actives peuvent être exsudées au niveau racinaire et agir soit en inhibant la pénétration des juvéniles dans les racines (effet répulsif du sésame), soit en inhibant l'éclosion des œufs (effet ovicide de la graminée *Eragrostis curvula*), soit en empoisonnant les nématodes (effet larvicide de la pervenche de Madagascar *Catharanthus roseus*) (DJIAN-CAPORALINO *et al.*, 2009). Les plantes sont capables de produire des substances naturelles très variées. En effet, en plus des métabolites primaires classiques (glucides, protéines, lipides, acides nucléiques), elles synthétisent et accumulent perpétuellement des métabolites secondaires dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais qui représente une source immense de molécules exploitables par l'homme dans des domaines aussi distincts que la pharmacologie, l'agroalimentaire ou encore en agriculture dans le cadre de la phytoprotection (AUGER *et al.*, 2002 ; HADDOUCHI *et al.*, 2008). En outre ces produits peuvent être exploités pour l'élaboration de biopesticides qui ont l'avantage d'être respectueux pour l'environnement et pour la santé humaine (KADIOGLU et YANAR, 2004). Des insecticides issus des plantes sont déjà connus depuis longtemps. Ils ont été développés et commercialisés contre les insectes. C'est le cas du pyrèthre (PHILOGENE *et al.*, 2005). Plusieurs composés à effet nématocide ont été isolés à partir des plantes principalement ceux de la famille des *Asteraceae*, c'est le cas de  $\alpha$ -terthienyl isolé à partir des tagetes qui présente une très grande efficacité contre les nématodes. Actuellement, les extraits des plantes commencent à avoir un intérêt très promoteur comme une source potentielle de molécules naturelles bioactives. Les extraits végétaux font l'objet d'études pour leur éventuelle utilisation comme alternative pour les traitements insecticides, bactéricides, nématocides et fongicides (YAKHLEF, 2010). Les effets des extraits de plantes sur les micro-organismes ont été étudiés par un très grand nombre de chercheurs dans différents pays du monde (KIVCAK *et al.*, 2002 ; ATES *et al.*, 2003 ; DULGER *et al.*, 2005 ; KUMAR *et al.*, 2006). D'autres travaux ont fait l'objet d'essais *in vitro* des extraits aqueux, alcooliques et lipidiques de diverses espèces végétales sur les larves et les œufs de nématodes, principalement les *Meloidogyne spp* (ISMAN, 2002). Il a été mis en évidence par MUNACATA (1979) que la plupart des substances naturelles nématocides, qui peuvent avoir une activité systémique (véhiculées par la sève de la plante), sont décomposables et non polluantes. Elles pourraient être utilisées comme base pour la synthèse de nouveaux nématocides (DIJIAN-

CAPRORALINO *et al.*, 2002). Les plantes ont servi de pesticides depuis des périodes antiques. Des substances naturelles et synthétiques analogues aux composés naturels des plantes ont été développés pour contrôler les parasites, tels que de la pyréthrine et les pyrethroides utilisés comme insecticides (OKA, 2010). Des essais *in vitro*, montrent l'effet bioinsecticide des extraits des *Datura* contre les insectes phytophages et ceux des denrées. RAMYA *et al.*, (2008), rapportent que les extraits aqueux des *Datura metel* ont un effet larvicide contre *Helicoverpa armigera* (noctuelle de la tomate ou chenille du cotonnier). Comme ils provoquent un effet toxique sur les insectes des denrées ; *Tribolium castaneum* et *Tribolium confusum* (SINGHVI *et al.*, 2002 ; SINGHVI *et al.*, 2001). Par ailleurs, il a été démontré que les extraits organiques (acétone et pet-éther) de feuilles de *D. alba* ont une activité insecticide contre le Trogoderme des graines (*Trogoderma granarium*) affectant les grains de blé stockés (DWIVEDI et SHEKHAWAT, 2004). Les doses élevées des extraits chloroformiques de feuilles (les alcaloïdes) de *D. alba* sont également toxiques sur les aphides et les fourmis noires (KUGANATHAN *et al.*, 2008). Selon BOUHAS-BOUBEKKA (2011) , des extraits végétaux aqueux de *Datura innoxia* ont provoqué des taux de mortalité de 60 %, des prolongements des durées des stades larvaires allant de 3 jours jusqu'à 6 jour selon les stades traités, comme ils ont induit une diminution de la croissance pondérale, une perturbation de l'activité alimentaire et une réduction des performances reproductives (fertilité, maturité sexuelle et taux d'éclosion). Il a été mis en évidence par MUNAKATA (1979) que la plupart de ces substances naturelles nématocides peuvent avoir une activité systémique (le principe actif est transporté par la sève dans tous les organes de la plante), sont décomposables et non polluantes. Elles peuvent être utilisées comme base pour la synthèse de nouveaux nématocides ou dans la recherche de gènes de résistance aux Nématodes pour la création de nouvelles variétés. Des essais *in vitro* montrent que les extraits aqueux de *D. alba* présentent une activité larvicide contre les nématodes des citrus, *Tylenchulus semipenetrans* (AHMED *et al.*, 2004). Le *D. stramonium* figure parmi les plantes qui peuvent diminuer les populations des nématodes à galles du genre *Meloidogyne*, et même pour lutter contre le doryphore de la pomme de terre (ADABLO, 2004). HUSSAIN *et al.*, (2011) ont montré que le *D. stramonium* a un effet toxique sur *M. incognita* *in vitro*. Par ailleurs des essais *in vitro* montrent que les extraits aqueux de feuilles de *D. stramonium* sont responsables d'une activité antifongique envers différents champignons phytopathogènes tel que : *Alternaria alternata* (TÜRKÜSAY et ONGUR, 1989 ; ANAND et BHASKARAN, 2009), *Alternaria solani*, *Botrytis cinerea* et *Drechslera sorokiniana* (TÜRKÜSAY et ONGUR, 1989). De même les extraits aqueux et organiques ont un effet toxique sur différentes espèces

d'*Aspergillus* qui sont isolées à partir de sorgho, maïs et paddy (SATISH *et al.*, 2007) et *Fusarium mangiferae* (USHA *et al.*, 2009). Les *Datura* possèdent également des propriétés antimicrobiennes et antiparasitaires qui peuvent être utilisées contre différentes maladies infectieuses chez l'homme et les animaux. Selon SHARMA et PATEL (2009), les extraits acétoniques de *D. stramonium* ont une activité antibactérienne contre les bactéries gram négatives *Vibrio cholerae* et *Vibrio parahaemolyticus*. En outre BAYOUD *et al.*, (2007), mentionnent que les extraits éthanoliques et les alcaloïdes totaux des parties aériennes de *D. stramonium* ont des propriétés antimicrobiennes contre *Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus saprophyticus* et *Pseudomonas aeruginosa*. Pour évaluer l'effet nématocide de trois espèces des *Datura* dans le contrôle des *Meloidogyne* nous avons tenu compte de l'état d'infestation des racines par les J2<sub>s</sub> de *M. incognita* (nombre de galles), le développement du nombre de femelle et leur fécondité (nombre de masse d'œufs, nombre des larves). Nous sommes arrivés à des résultats positifs et concluants sur les *M. incognita* pour les trois espèces de *Datura* avec un indice de galle de 0. Nous pouvons dire que les *Datura* ont un effet remarquable sur la reproduction et le développement des *Meloidogyne* qui sont avec des taux de 0 %. AYAZPOUR *et al.*, (2010) ont utilisé des extraits aqueux de sept espèces botanique différentes des plantes adventices (*Allium sp*, *Brassica sp*, *Capsicum sp*, *Glycyrrhiza sp*, *Datura innoxia*, *Chenopodium sp*, *Foeniculum sp*) sur les nématodes des citrus *Tylenchulus semipenetrans*. Les résultats obtenus montrent que *D. innoxia* a montré un résultat très satisfaisant par rapport aux autres espèces, avec une moyenne de 26 J2/500 g de sol et 303 J2/1 g de racine. Le nombre de larves obtenus dans le bloc témoin est 3072 J2/500 g de sol et 516/1g de racine. D'après NATH *et al.*, (1982), les amendements organiques et les extraits aqueux du *Argemone mexicana*, *Calotropis procera*, *Datura stramonium* et *Solanum xanthocarpum*, ont un effet nématocide sur *M. javanica*. Selon ALAM *et al.*, (1978), la décomposition chimique dans le sol de quelques plantes adventices permet d'avoir une toxicité vis-à-vis des nématodes. Ceci conduit à une réduction des populations dans le sol. ALAM, (1986) a utilisé des amendements organiques sous forme de pousses coupées du *Datura metel* contre *M. incognita*. Une réduction importante de la population a été observé entre le bloc traité par le *D. metel* (220 J2/ 200 g de sol) et le bloc témoin (1400 J2/ 200 g de sol). Pendant notre élevage, nous avons eu des attaques intenses des acariens rouges et des noctuelles sur la tomate. Ces deux dernières ont causé quelques dégâts sur les feuilles de *D. stramonium*. Les noctuelles ont causé des dégâts sur feuilles de *D. stramonium*. Les araignes rouges peuvent s'installer sur la partie inférieure de

feuilles de *D. stramonium*. L'absence des ravageurs est enregistrée sur *D. tatula* et *D. innoxia* ce qui donne un effet insecticide aussi pour les deux espèces.

### III.3. L'activité nématicide des extraits aqueux et éthanoliques de *Datura stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* contre *Meloidogyne incognita*

Cette étude nous a permis d'évaluer l'efficacité des extraits issus de trois plantes du genre *Datura* (*Datura stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*) sur la mortalité des juvéniles, le potentiel d'éclosion des œufs in vitro d'une part et sur le développement des larves de *Meloidogyne incognita* in vivo d'autre part.

#### III.3.1. Effet des extraits aqueux et éthanoliques de *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* sur la mortalité des J2s de *Meloidogyne incognita*

D'après les résultats consignés dans le tableau (12), les extraits aqueux et éthanoliques des trois *Datura* testées *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* présentent une activité nématicide à l'égard de *M. incognita*. Cette activité augmente lorsque la concentration et la période d'exposition augmente également. La mortalité des J2s dans les blocs traités par les extraits aqueux ne présente une différence significative avec le bloc témoin qu'à un temps d'exposition de 120 min et plus. L'E.A.R. de *D. stramonium* et *D. tatula* à la plus faible concentration de 6.25% ne dépassent pas 3% de mortalité après 10 min de traitement. Les deux extraits à une dose de 50% après 20 h d'exposition enregistrent 93% sur l'activité des juvéniles avec E.A.R. de *D. stramonium* et 100% avec E.A.R. *D. tatula*. Une différence significative est enregistrée entre le témoin et les différents extraits éthanoliques des trois parties des *Datura* testées durant toute l'expérimentation quelle que soit leur concentration et leur temps d'exposition. Aux faibles doses (6.25%) et après 10 min de traitement, le pourcentage de mortalité des J2s le plus faible est enregistré par l'E.E.R. de *D. stramonium* (17 %). Le taux de mortalité avec le même extraits et la même dose s'est élevé à 54 % après 20h d'exposition. 100% d'inactivité de J2s est obtenue à un temps d'exposition de 60 min pour l'E.E.F. de *D. stramonium* et *D. innoxia*, l'E.E.R. de *D. innoxia* et l'E.E.M. des trois *Datura*. Vingt heures d'exposition sont suffisantes pour une concentration de 12.5% de l'E.E.M de *D. innoxia* pour immobiliser 100% de J2s. En général, les extraits éthanoliques sont significativement plus efficace que les extraits aqueux et les extraits des feuilles et de mixture sont plus efficaces que ceux extraites à partir des racines. Après avoir lavé et inoculé les J2s dans l'eau pendant 24 h, toute les J2s traitées auparavant par les extraits éthanoliques de différentes parties des trois *Datura* à une dose de 100 % sont restées inactives pour être considérées comme larves mortes. Le même pourcentage de mortalité est obtenu (100 %) avec les E.A.F. et E.A.M. de *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*. Par contre, le nombre des J2s inactives traitées par les

E.A.R. de trois *Datura* est diminué à 70%, 87% et 82% pour *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* respectivement. L'E.A.R et l'E.A.M. de *D. Stramonium* sont significativement moins efficaces que les extraits de *D. innoxia* et *D. tatula* (Tableau). De même, L'E.E.R. de *D. stramonium* est moins efficace que celles obtenues avec *D. innoxia* et *D. Tatula*. L'E.E.M. de *D. innoxia* est considéré significativement plus efficace que E.E.F. de *D. innoxia*, E.E.M. et E.E.F. de *D. stramonium* et *D. tatula*. En outre, Les différentes concentrations des différentes parties de trois espèces de *Datura* utilisées et les différents temps d'exposition affectent l'inactivité des juvéniles (Fig. 70 - 87).

**Tableau 12** : Effet des différentes parties de *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* sur la mortalité de J2<sub>s</sub> de *M. incognita*

L'espèce végétale	Partie utilisée	Type d'extrait	Temps d'expo.***	L'inactivité des Juvéniles (%)					
				Concentrations					
				6.25%	12.5%	25%	50%	100%	
<i>Datura stramonium</i>									
CD*	Feuille	Aqueux	10 min	4 <sup>a**</sup>	6 <sup>abc</sup>	9 <sup>abcd</sup>	13 <sup>abcde</sup>	19 <sup>defg</sup>	
			30 min	6 <sup>ab</sup>	8 <sup>abc</sup>	16 <sup>bcdef</sup>	24 <sup>fgh</sup>	33 <sup>hi</sup>	
			60 min	9 <sup>abcd</sup>	11 <sup>abcde</sup>	27 <sup>gh</sup>	55 <sup>kl</sup>	70 <sup>mno</sup>	
			120 min	17 <sup>cdefg</sup>	20 <sup>efg</sup>	46 <sup>jk</sup>	76 <sup>o</sup>	100 <sup>p</sup>	
			20 h	60 <sup>lm</sup>	80 <sup>o</sup>	100 <sup>p</sup>	100 <sup>p</sup>	100 <sup>p</sup>	
			20 h + w.e.	27 <sup>gh</sup>	42 <sup>ij</sup>	65 <sup>lmn</sup>	75 <sup>no</sup>	100 <sup>p</sup>	
K	Feuille	Ethanol	10 min	20 <sup>a</sup>	26 <sup>ab</sup>	34 <sup>bc</sup>	42 <sup>cd</sup>	54 <sup>ef</sup>	
			30 min	41 <sup>cd</sup>	54 <sup>ef</sup>	63 <sup>fgh</sup>	73 <sup>hij</sup>	81 <sup>ijkl</sup>	
			60 min	48 <sup>de</sup>	65 <sup>ghi</sup>	74 <sup>ij</sup>	87 <sup>klm</sup>	100 <sup>n</sup>	
			120 min	59 <sup>fg</sup>	74 <sup>hij</sup>	89 <sup>lm</sup>	100 <sup>n</sup>	100 <sup>n</sup>	
			20 h	88 <sup>lm</sup>	96 <sup>mn</sup>	100 <sup>n</sup>	100 <sup>n</sup>	100 <sup>n</sup>	
			20 h + w.e.	58 <sup>fg</sup>	77 <sup>jk</sup>	90 <sup>lmn</sup>	100 <sup>n</sup>	100 <sup>n</sup>	
A	Racine	Aqueux	10 min	3 <sup>a</sup>	4 <sup>ab</sup>	5 <sup>ab</sup>	7 <sup>abc</sup>	9 <sup>abcd</sup>	
			30 min	4 <sup>ab</sup>	6 <sup>ab</sup>	9 <sup>abcd</sup>	14 <sup>bcd</sup>	17 <sup>cde</sup>	
			60 min	5 <sup>ab</sup>	8 <sup>abcd</sup>	13 <sup>abcd</sup>	28 <sup>fg</sup>	34 <sup>g</sup>	
			120 min	9 <sup>abcd</sup>	14 <sup>abcd</sup>	27 <sup>efg</sup>	50 <sup>h</sup>	60 <sup>hi</sup>	
			20 h	57 <sup>h</sup>	71 <sup>i</sup>	84 <sup>k</sup>	93 <sup>kl</sup>	100 <sup>l</sup>	
			20 h + w.e.	9 <sup>abcd</sup>	19 <sup>def</sup>	30 <sup>g</sup>	51 <sup>h</sup>	70 <sup>ij</sup>	
G	Racine	Ethanol	10 min	17 <sup>a</sup>	21 <sup>ab</sup>	31 <sup>bc</sup>	39 <sup>cde</sup>	49 <sup>efg</sup>	
			30 min	32 <sup>c</sup>	39 <sup>cde</sup>	47 <sup>defg</sup>	61 <sup>hijk</sup>	73 <sup>lmn</sup>	
			60 min	38 <sup>cd</sup>	46 <sup>defg</sup>	55 <sup>ghij</sup>	70 <sup>klmn</sup>	87 <sup>op</sup>	
			120 min	45 <sup>defg</sup>	54 <sup>ghi</sup>	64 <sup>ijkl</sup>	77 <sup>mno</sup>	100 <sup>q</sup>	
			20 h	54 <sup>ghij</sup>	64 <sup>ijkl</sup>	78 <sup>mno</sup>	90 <sup>pq</sup>	100 <sup>q</sup>	
			20 h + w.e.	41 <sup>cdef</sup>	51 <sup>fgh</sup>	69 <sup>klm</sup>	80 <sup>nop</sup>	100 <sup>q</sup>	
C	Mélange	Aqueux	10 min	6 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	9 <sup>ab</sup>	11 <sup>ab</sup>	18 <sup>bc</sup>	
			30 min	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	13 <sup>ab</sup>	26 <sup>cd</sup>	35 <sup>de</sup>	
			60 min	7 <sup>a</sup>	10 <sup>ab</sup>	27 <sup>cd</sup>	52 <sup>fg</sup>	65 <sup>hij</sup>	
			120 min	14 <sup>ab</sup>	18 <sup>bc</sup>	42 <sup>ef</sup>	73 <sup>ijk</sup>	91 <sup>l</sup>	
			20 h	56 <sup>gh</sup>	77 <sup>k</sup>	94 <sup>l</sup>	100 <sup>l</sup>	100 <sup>l</sup>	
			20 h + w.e.	27 <sup>cd</sup>	42 <sup>e</sup>	63 <sup>ghi</sup>	73 <sup>jk</sup>	97 <sup>l</sup>	
K	Mélange	Ethanol	10 min	23 <sup>a</sup>	28 <sup>ab</sup>	37 <sup>bc</sup>	44 <sup>cd</sup>	57 <sup>ef</sup>	
			30 min	44 <sup>cd</sup>	57 <sup>ef</sup>	65 <sup>fgh</sup>	77 <sup>ij</sup>	82 <sup>ijk</sup>	
			60 min	50 <sup>de</sup>	64 <sup>fg</sup>	76 <sup>hij</sup>	87 <sup>k</sup>	100 <sup>l</sup>	
			120 min	57 <sup>ef</sup>	72 <sup>ghi</sup>	89 <sup>k</sup>	100 <sup>l</sup>	100 <sup>l</sup>	
			20 h	85 <sup>jk</sup>	90 <sup>kl</sup>	100 <sup>l</sup>	100 <sup>l</sup>	100 <sup>l</sup>	
			20 h + w.e.	56 <sup>ef</sup>	75 <sup>hij</sup>	89 <sup>k</sup>	100 <sup>l</sup>	100 <sup>l</sup>	

tableau continue dans la page suivante

l'espèce végétale	Partie utilisée	Type d'extrait	Temps d'expo.***	L'inactivité des Juvéniles (%)					
Suite du tableau précédent									
<i>Datura innoxia</i>	D*	Aqueux		<b>Concentrations</b>					
				6.25%	12.5%	25%	50%	100%	
			10 min	5 <sup>a**</sup>	6 <sup>ab</sup>	9 <sup>abc</sup>	14 <sup>abcd</sup>	20 <sup>cd</sup>	
			30 min	6 <sup>a</sup>	9 <sup>ab</sup>	17 <sup>bcd</sup>	24 <sup>de</sup>	32 <sup>e</sup>	
			60 min	10 <sup>abc</sup>	14 <sup>abcd</sup>	33 <sup>e</sup>	56 <sup>g</sup>	70 <sup>hi</sup>	
			120 min	20 <sup>cd</sup>	23 <sup>de</sup>	57 <sup>g</sup>	81 <sup>jk</sup>	94 <sup>l</sup>	
	Feuille	20 h	61 <sup>gh</sup>	82 <sup>jk</sup>	100 <sup>l</sup>	100 <sup>l</sup>	100 <sup>l</sup>		
		20 h + w.e.	32 <sup>e</sup>	45 <sup>f</sup>	72 <sup>ij</sup>	83 <sup>k</sup>	100 <sup>l</sup>		
		K	Ethanol	10 min	23 <sup>a</sup>	28 <sup>ab</sup>	35 <sup>bc</sup>	43 <sup>cd</sup>	55 <sup>ef</sup>
				30 min	42 <sup>cd</sup>	55 <sup>ef</sup>	64 <sup>fgh</sup>	73 <sup>hi</sup>	83 <sup>ijk</sup>
				60 min	48 <sup>de</sup>	66 <sup>gh</sup>	74 <sup>hi</sup>	88 <sup>kl</sup>	100 <sup>m</sup>
				120 min	56 <sup>efg</sup>	79 <sup>ij</sup>	91 <sup>klm</sup>	100 <sup>m</sup>	100 <sup>m</sup>
20 h	89 <sup>kl</sup>			95 <sup>lm</sup>	100 <sup>m</sup>	100 <sup>m</sup>	100 <sup>m</sup>		
20 h + w.e.	61 <sup>fg</sup>			82 <sup>ijk</sup>	91 <sup>klm</sup>	100 <sup>m</sup>	100 <sup>m</sup>		
B	Aqueux	10 min	4 <sup>a</sup>	4 <sup>ab</sup>	7 <sup>abcd</sup>	9 <sup>abcde</sup>	12 <sup>abcdef</sup>		
		30 min	5 <sup>abc</sup>	6 <sup>abcd</sup>	11 <sup>abcde</sup>	17 <sup>defg</sup>	22 <sup>fgh</sup>		
		60 min	7 <sup>abcd</sup>	10 <sup>abcde</sup>	27 <sup>h</sup>	40 <sup>i</sup>	51 <sup>jk</sup>		
		120 min	14 <sup>bcdef</sup>	19 <sup>efgh</sup>	43 <sup>ij</sup>	60 <sup>k</sup>	75 <sup>lm</sup>		
		20 h	61 <sup>k</sup>	79 <sup>lm</sup>	96 <sup>n</sup>	100 <sup>n</sup>	100 <sup>n</sup>		
		20 h + w.e.	15 <sup>cdef</sup>	26 <sup>gh</sup>	55 <sup>k</sup>	73 <sup>l</sup>	85 <sup>m</sup>		
I	Ethanol	10 min	20 <sup>a</sup>	23 <sup>ab</sup>	34 <sup>bc</sup>	41 <sup>cde</sup>	51 <sup>efgh</sup>		
		30 min	38 <sup>cd</sup>	46 <sup>defg</sup>	55 <sup>ghi</sup>	66 <sup>ijkl</sup>	81 <sup>lmn</sup>		
		60 min	45 <sup>def</sup>	55 <sup>ghi</sup>	70 <sup>ijkl</sup>	85 <sup>no</sup>	100 <sup>p</sup>		
		120 min	54 <sup>fghi</sup>	65 <sup>ijk</sup>	73 <sup>klm</sup>	100 <sup>p</sup>	100 <sup>p</sup>		
		20 h	64 <sup>ijk</sup>	73 <sup>klm</sup>	85 <sup>no</sup>	100 <sup>p</sup>	100 <sup>p</sup>		
		20 h + w.e.	50 <sup>efgh</sup>	60 <sup>hij</sup>	77 <sup>lmn</sup>	95 <sup>op</sup>	100 <sup>p</sup>		
E	Aqueux	10 min	8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	12 <sup>ab</sup>	14 <sup>abc</sup>	23 <sup>cde</sup>		
		30 min	9 <sup>a</sup>	13 <sup>abc</sup>	21 <sup>bcde</sup>	28 <sup>def</sup>	37 <sup>f</sup>		
		60 min	11 <sup>a</sup>	18 <sup>abcd</sup>	35 <sup>f</sup>	61 <sup>g</sup>	72 <sup>h</sup>		
		120 min	18 <sup>abcd</sup>	30 <sup>ef</sup>	56 <sup>g</sup>	84 <sup>i</sup>	100 <sup>j</sup>		
		20 h	56 <sup>g</sup>	79 <sup>hi</sup>	100 <sup>j</sup>	100 <sup>j</sup>	100 <sup>j</sup>		
		20 h + w.e.	38 <sup>f</sup>	51 <sup>g</sup>	74 <sup>hi</sup>	83 <sup>i</sup>	100 <sup>j</sup>		
L	Ethanol	10 min	25 <sup>a</sup>	31 <sup>ab</sup>	41 <sup>bc</sup>	49 <sup>cd</sup>	62 <sup>efg</sup>		
		30 min	51 <sup>cd</sup>	57 <sup>def</sup>	71 <sup>ghi</sup>	80 <sup>ijk</sup>	92 <sup>lmn</sup>		
		60 min	56 <sup>de</sup>	73 <sup>hij</sup>	82 <sup>kl</sup>	95 <sup>mn</sup>	100 <sup>n</sup>		
		120 min	66 <sup>fgh</sup>	82 <sup>kl</sup>	100 <sup>n</sup>	100 <sup>n</sup>	100 <sup>n</sup>		
		20 h	89 <sup>klm</sup>	100 <sup>n</sup>	100 <sup>n</sup>	100 <sup>n</sup>	100 <sup>n</sup>		
		20 h + w.e.	63 <sup>efg</sup>	84 <sup>kl</sup>	100 <sup>n</sup>	100 <sup>n</sup>	100 <sup>n</sup>		

tableau continue dans la page suivante



L'espèce végétale	Partie utilisée	Type d'extrait	Temps d'expo.***	L'inactivité des Juvéniles (%)				
Suite du tableau précédent								
<i>Datura tatula</i>			<b>concentrations</b>					
				6.25%	12.5%	25%	50%	100%
E*	Feuille	Aqueux	10 min	6 <sup>a**</sup>	7 <sup>ab</sup>	10 <sup>abc</sup>	14 <sup>abcd</sup>	19 <sup>cde</sup>
			30 min	8 <sup>ab</sup>	11 <sup>abcd</sup>	19 <sup>cde</sup>	32 <sup>gh</sup>	42 <sup>hi</sup>
			60 min	12 <sup>abcd</sup>	17 <sup>bcde</sup>	35 <sup>ghi</sup>	62 <sup>j</sup>	76 <sup>k</sup>
			120 min	22 <sup>def</sup>	26 <sup>efg</sup>	57 <sup>j</sup>	89 <sup>l</sup>	100 <sup>m</sup>
			20 h	62 <sup>j</sup>	81 <sup>kl</sup>	100 <sup>m</sup>	100 <sup>m</sup>	100 <sup>m</sup>
			20 h + w.e.	31 <sup>fg</sup>	45 <sup>i</sup>	75 <sup>k</sup>	90 <sup>lm</sup>	100 <sup>m</sup>
K	Feuille	Ethanol	10 min	18 <sup>a</sup>	24 <sup>ab</sup>	30 <sup>bc</sup>	40 <sup>cde</sup>	50 <sup>efg</sup>
			30 min	38 <sup>cd</sup>	50 <sup>fg</sup>	60 <sup>gh</sup>	66 <sup>hi</sup>	76 <sup>ijk</sup>
			60 min	44 <sup>def</sup>	60 <sup>gh</sup>	70 <sup>hij</sup>	80 <sup>jkl</sup>	95 <sup>mn</sup>
			120 min	53 <sup>fg</sup>	69 <sup>hi</sup>	81 <sup>kl</sup>	93 <sup>mn</sup>	100 <sup>n</sup>
			20 h	81 <sup>kl</sup>	87 <sup>lm</sup>	96 <sup>mn</sup>	100 <sup>n</sup>	100 <sup>n</sup>
			20 h + w.e.	56 <sup>g</sup>	70 <sup>hij</sup>	89 <sup>lm</sup>	100 <sup>n</sup>	100 <sup>n</sup>
B	Racine	Aqueux	10 min	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	6 <sup>ab</sup>	8 <sup>ab</sup>	12 <sup>abc</sup>
			30 min	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	12 <sup>abcd</sup>	20 <sup>cd</sup>	22 <sup>d</sup>
			60 min	5 <sup>a</sup>	7 <sup>ab</sup>	22 <sup>cd</sup>	38 <sup>e</sup>	48 <sup>fg</sup>
			120 min	12 <sup>abcd</sup>	17 <sup>bcd</sup>	40 <sup>ef</sup>	58 <sup>gh</sup>	73 <sup>ij</sup>
			20 h	61 <sup>h</sup>	87 <sup>k</sup>	90 <sup>kl</sup>	100 <sup>l</sup>	100 <sup>l</sup>
			20 h + w.e.	11 <sup>abc</sup>	36 <sup>e</sup>	50 <sup>fg</sup>	66 <sup>hi</sup>	82 <sup>jk</sup>
H	Racine	Ethanol	10 min	19 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	33 <sup>b</sup>	38 <sup>bc</sup>	49 <sup>de</sup>
			30 min	34 <sup>b</sup>	40 <sup>bcd</sup>	49 <sup>de</sup>	62 <sup>fg</sup>	75 <sup>hi</sup>
			60 min	42 <sup>bed</sup>	49 <sup>de</sup>	62 <sup>fg</sup>	74 <sup>hi</sup>	93 <sup>jk</sup>
			120 min	49 <sup>de</sup>	57 <sup>ef</sup>	69 <sup>gh</sup>	83 <sup>ij</sup>	100 <sup>k</sup>
			20 h	57 <sup>ef</sup>	67 <sup>fgh</sup>	82 <sup>i</sup>	100 <sup>k</sup>	100 <sup>k</sup>
			20 h + w.e.	48 <sup>cde</sup>	60 <sup>fg</sup>	77 <sup>hi</sup>	97 <sup>k</sup>	100 <sup>k</sup>
F	Mélange	Aqueux	10 min	10 <sup>a</sup>	11 <sup>ab</sup>	11 <sup>ab</sup>	15 <sup>abc</sup>	25 <sup>cde</sup>
			30 min	12 <sup>ab</sup>	15 <sup>abc</sup>	20 <sup>abc</sup>	32 <sup>def</sup>	50 <sup>hi</sup>
			60 min	15 <sup>abc</sup>	21 <sup>bc</sup>	38 <sup>fg</sup>	66 <sup>jk</sup>	78 <sup>l</sup>
			120 min	22 <sup>bcd</sup>	34 <sup>ef</sup>	60 <sup>ij</sup>	91 <sup>mno</sup>	100 <sup>o</sup>
			20 h	58 <sup>ij</sup>	81 <sup>lm</sup>	100 <sup>o</sup>	100 <sup>o</sup>	100 <sup>o</sup>
			20 h + w.e.	47 <sup>gh</sup>	71 <sup>kl</sup>	89 <sup>mn</sup>	96 <sup>no</sup>	100 <sup>o</sup>
K	Mélange	Ethanol	10 min	22 <sup>a</sup>	24 <sup>a</sup>	33 <sup>ab</sup>	43 <sup>bc</sup>	52 <sup>cde</sup>
			30 min	43 <sup>cd</sup>	55 <sup>ef</sup>	64 <sup>fgh</sup>	72 <sup>hi</sup>	78 <sup>ij</sup>
			60 min	52 <sup>cde</sup>	66 <sup>gh</sup>	78 <sup>ij</sup>	86 <sup>jkl</sup>	100 <sup>m</sup>
			120 min	57 <sup>efg</sup>	75 <sup>hi</sup>	90 <sup>klm</sup>	100 <sup>m</sup>	100 <sup>m</sup>
			20 h	81 <sup>ijk</sup>	89 <sup>kl</sup>	100 <sup>m</sup>	100 <sup>m</sup>	100 <sup>m</sup>
			20 h + w.e.	53 <sup>de</sup>	73 <sup>hi</sup>	92 <sup>lm</sup>	100 <sup>m</sup>	100 <sup>m</sup>
Témoin	100% Eau						0	

\* L'ensemble de traitement (espèces végétales + partie végétale + solvant) avec la même lettre majuscule ne sont pas significativement différentes. \*\* Les moyennes avec la même petite lettre ne sont pas significativement différents entre elles. Selon le test de Tukey à  $p = 0,05$  ( $n = 5$ ). Les moyennes écrites en gras sont significativement différents du témoin selon le test de Dunnett à  $p < 0,05$  ( $n = 5$ ). \*\*\* 20 h + w.e. = Après 20 h de traitement Les juvéniles sont lavées et incubés dans de l'eau pendant 24 h avant l'évaluation.

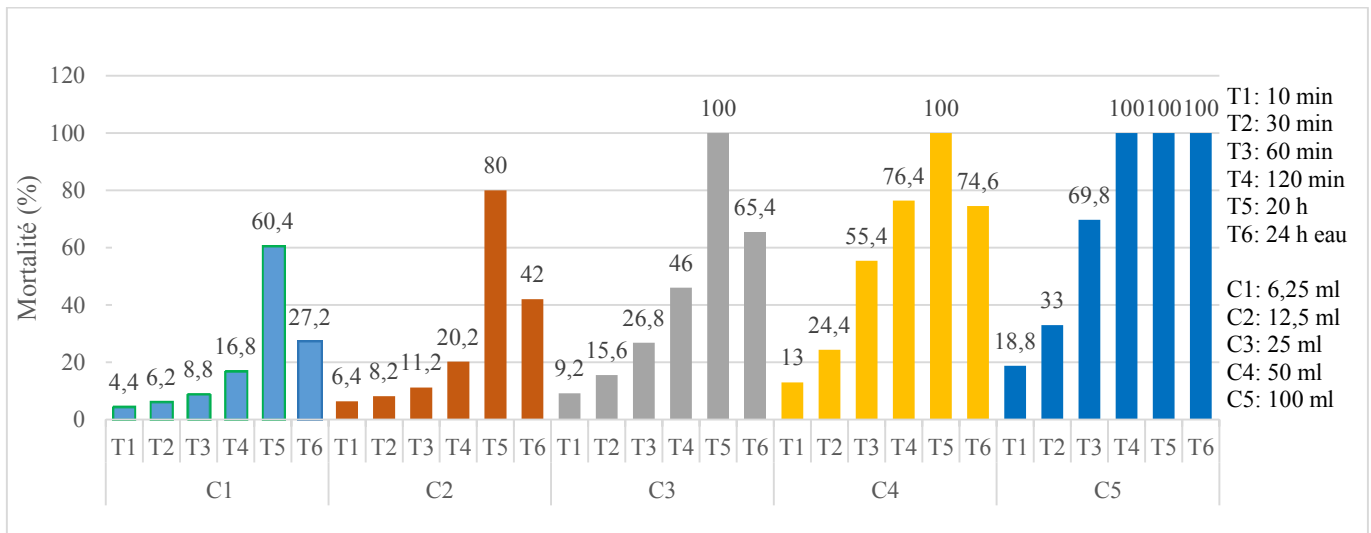


Figure 70 : Effet de l'E.A.F. de *D. stramonium* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

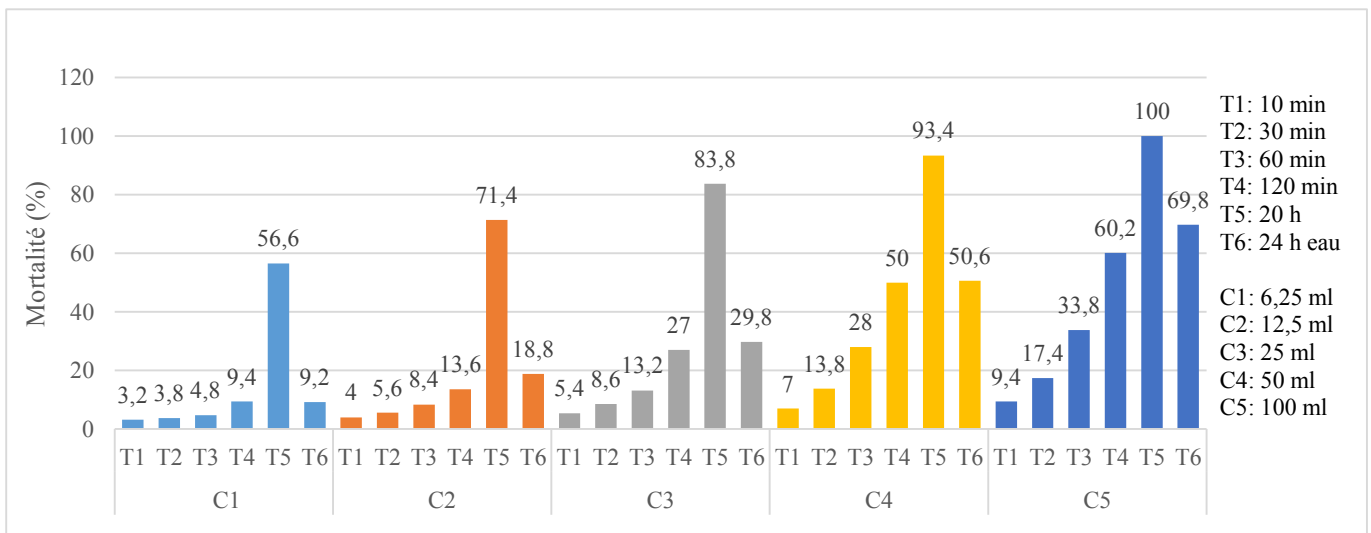


Figure 71 : Effet de l'E.A.R. de *D. stramonium* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

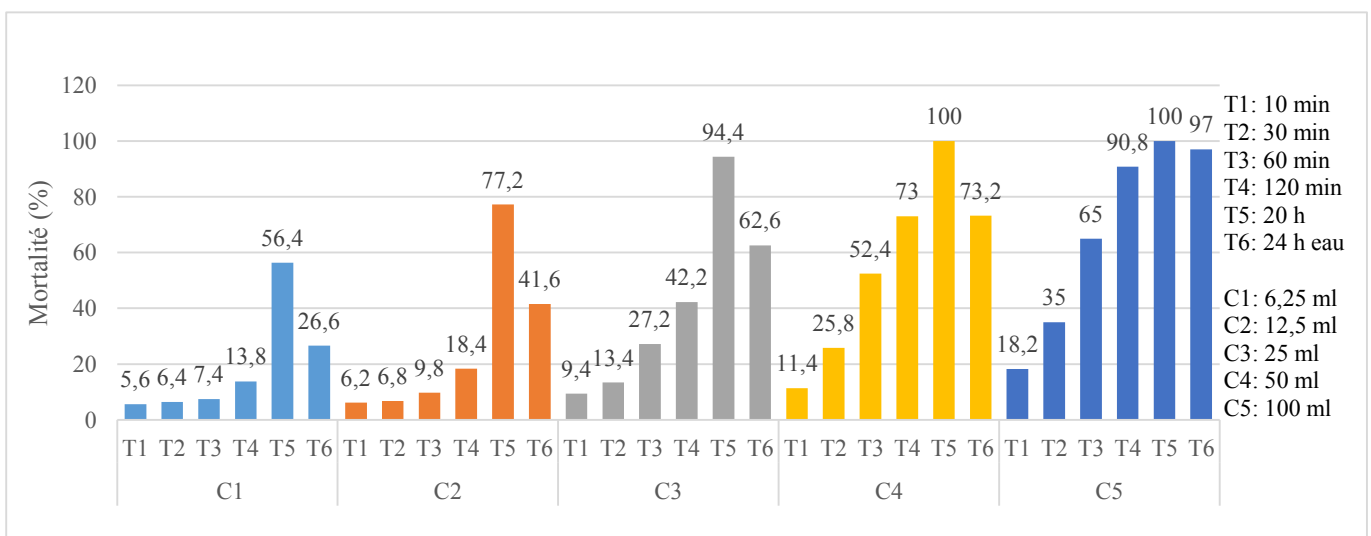


Figure 72: Effet de l'E.A.M. de *D. stramonium* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

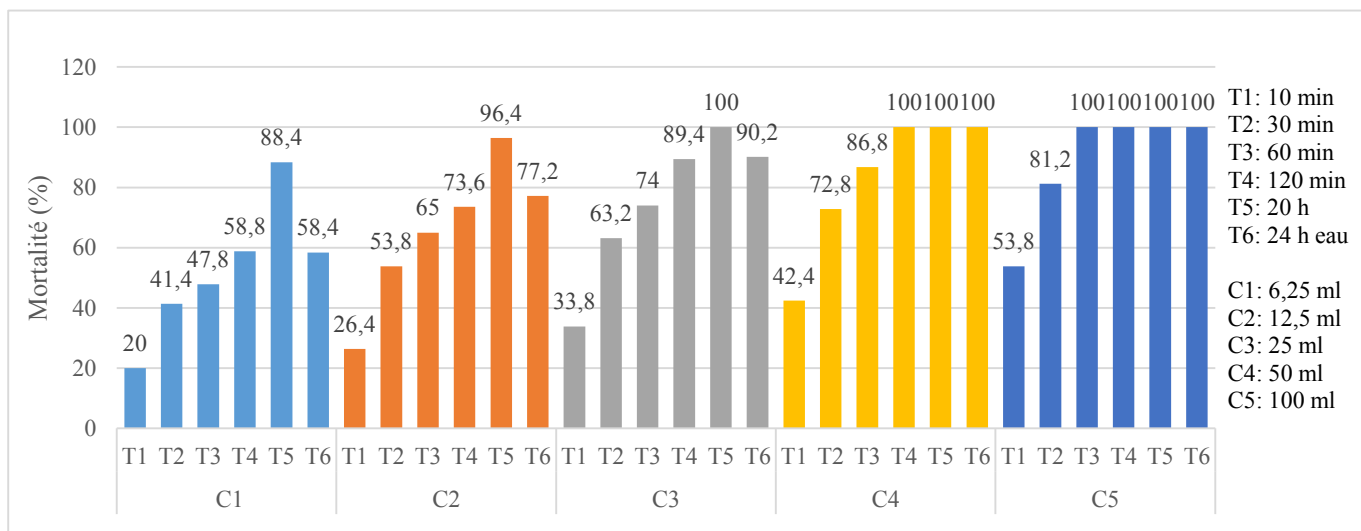


Figure 73 : Effet de l'E.E.F. de *D. stramonium* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

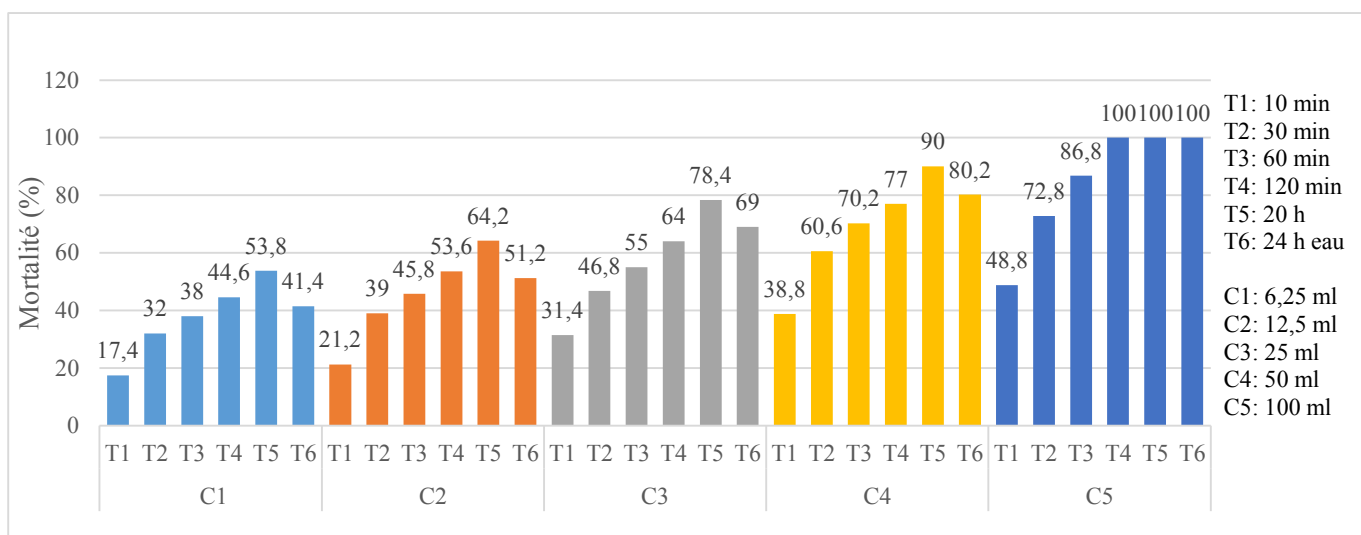


Figure 74 : Effet de l'E.E.R. de *D. stramonium* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

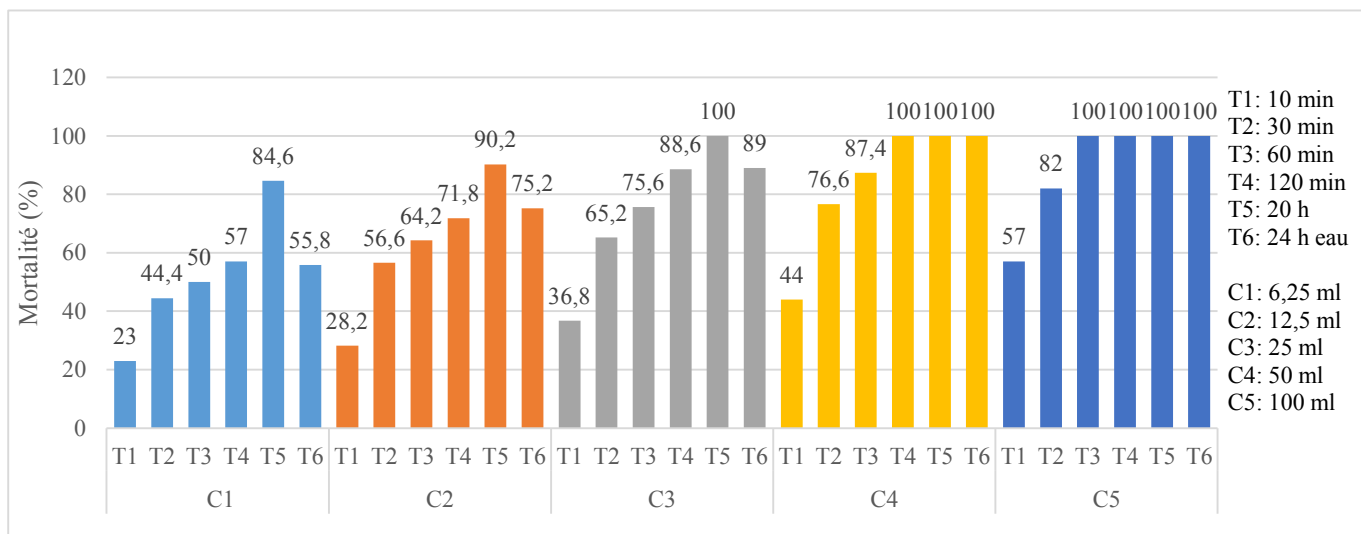


Figure 75 : Effet de l'E.E.M. de *D. stramonium* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

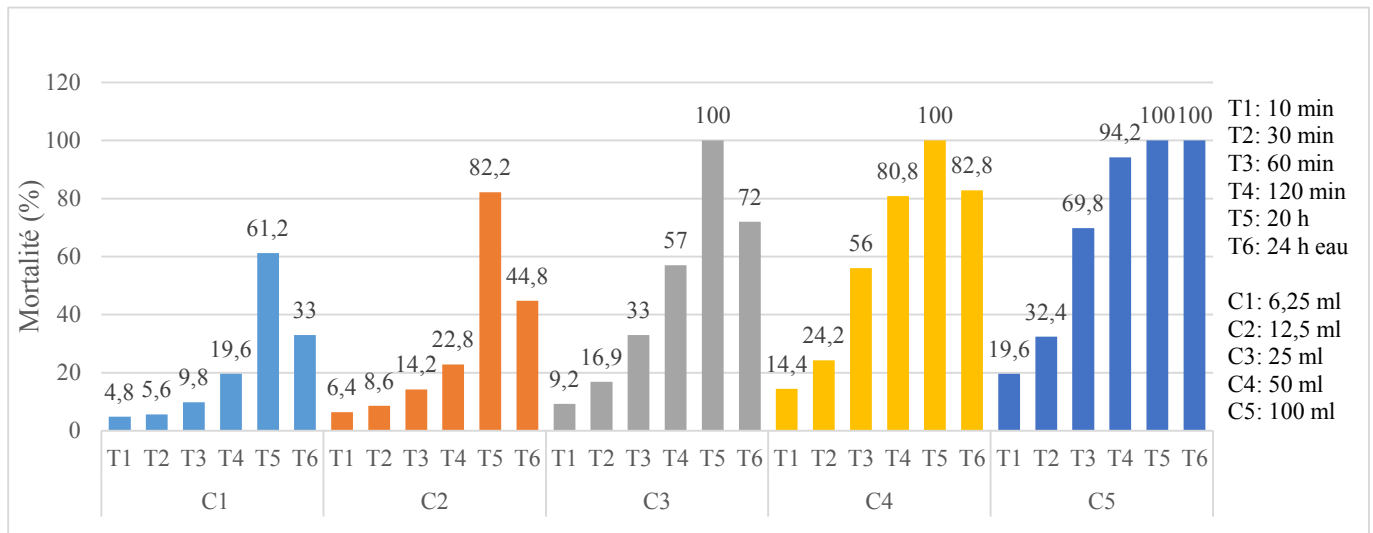


Figure 76 : Effet de l'E.A.F. de *D. innoxia* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

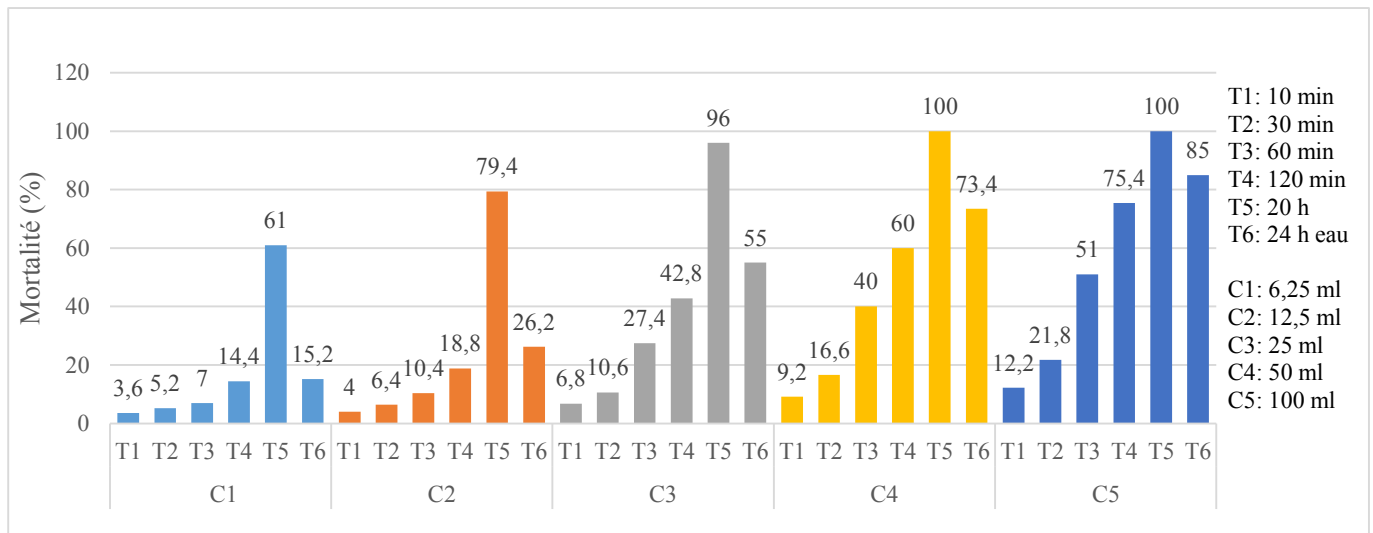


Figure 77 : Effet de l'E.A.R. de *D. innoxia* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

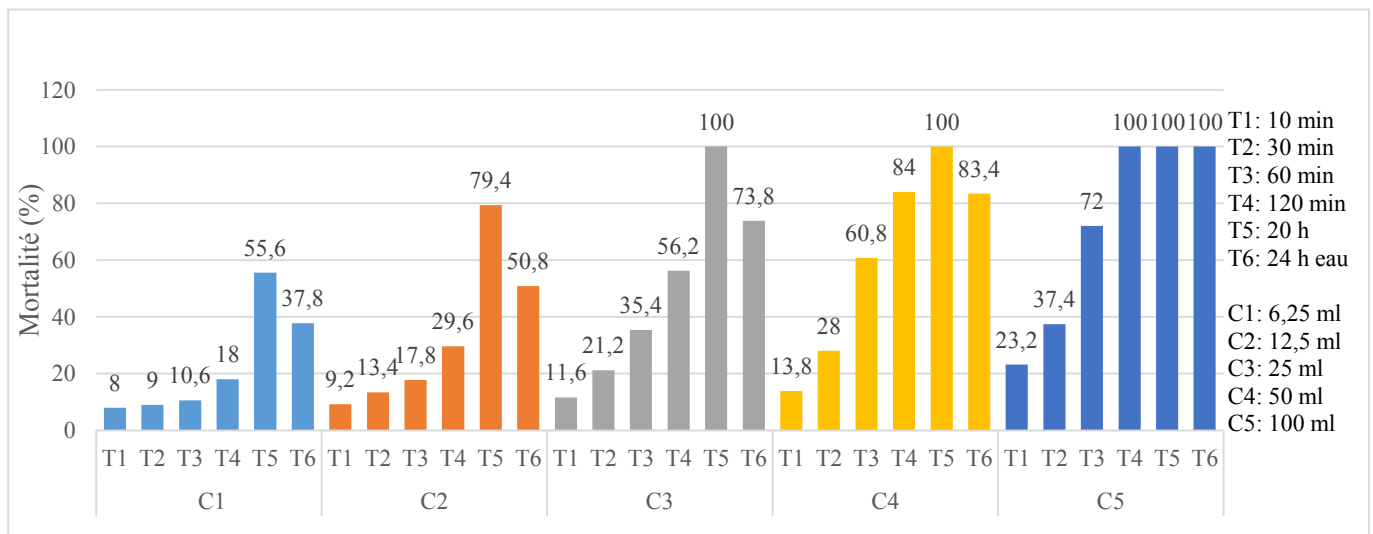


Figure 78 : Effet de l'E.A.M. de *D. innoxia* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

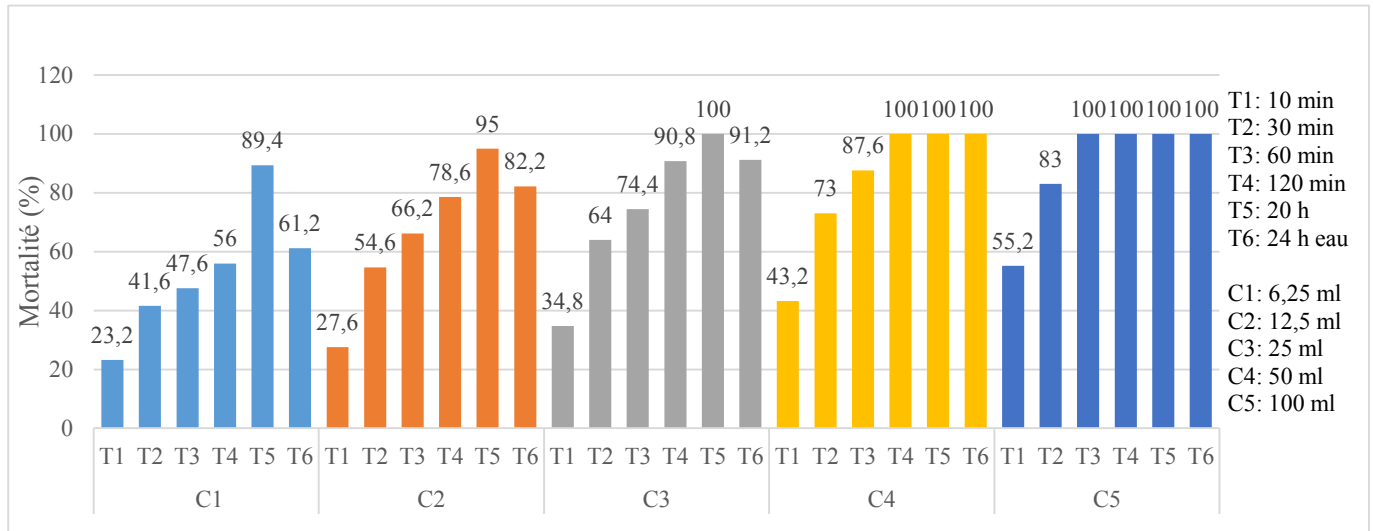


Figure 79 : Effet de l'E.E.F. de *D. innoxia* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

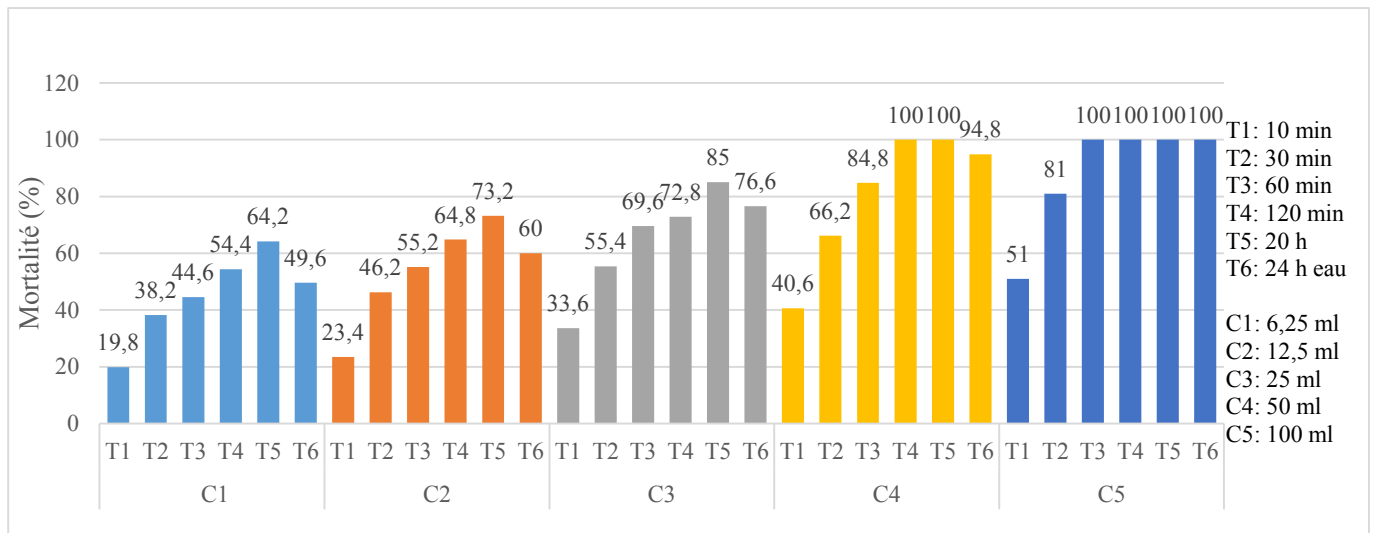


Figure 80 : Effet de l'E.E.R. de *D. innoxia* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

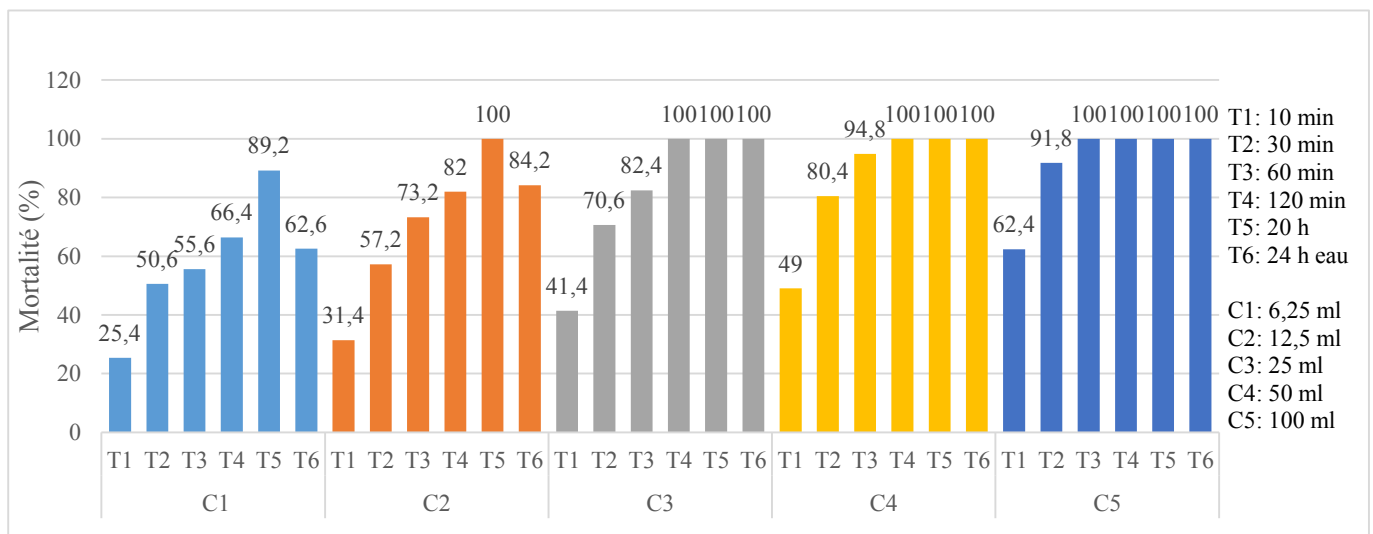


Figure 81 : Effet de l'E.E.M. de *D. innoxia* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

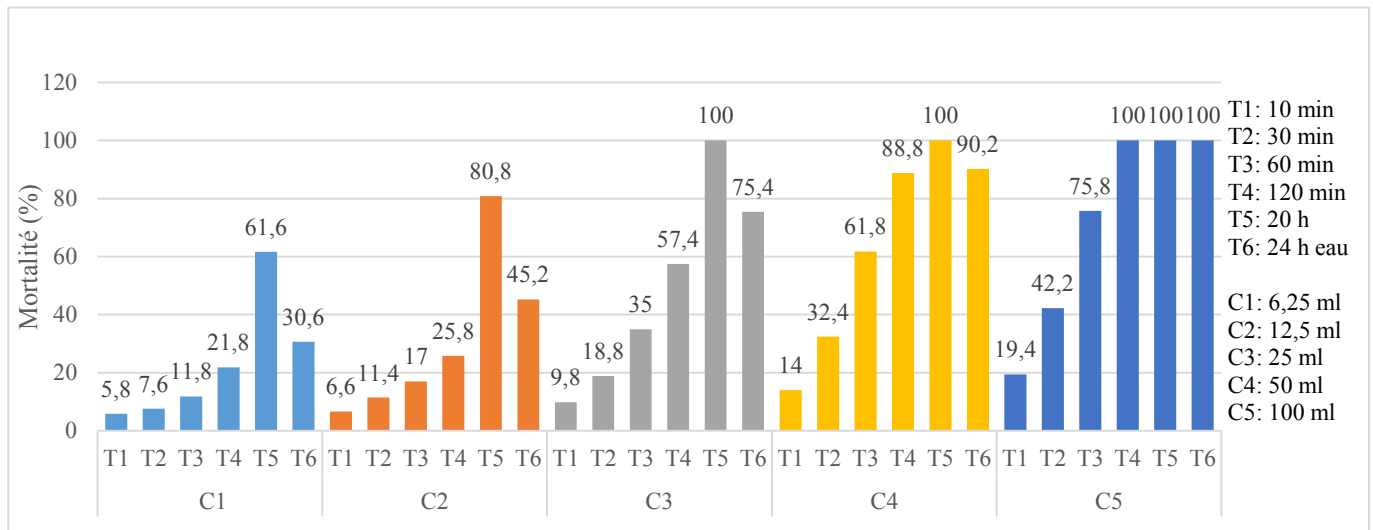


Figure 82 : Effet de l'E.A.F. de *D. tatula* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

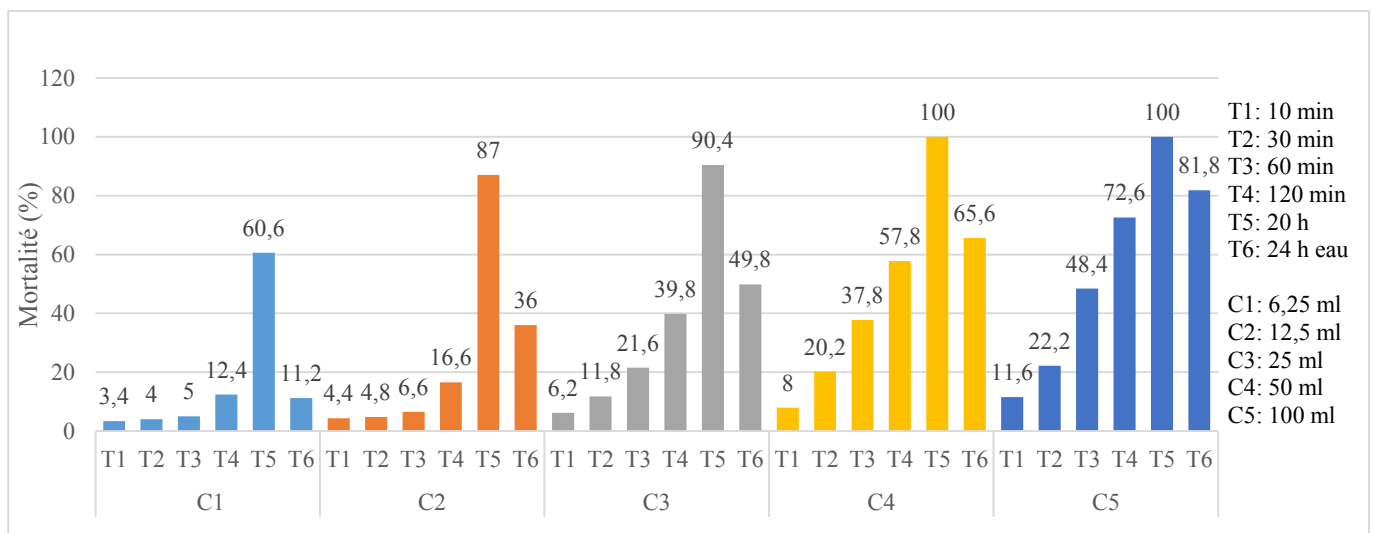


Figure 83 : Effet de l'E.A.R. de *D. tatula* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

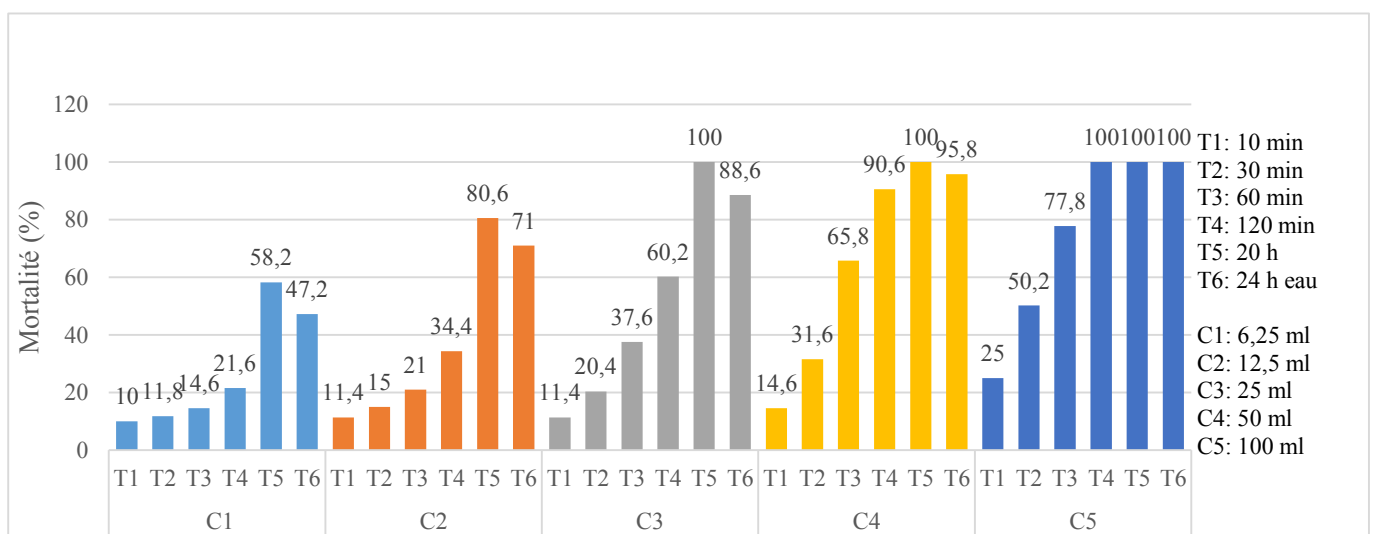


Figure 84 : Effet de l'E.A.M. de *D. tatula* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

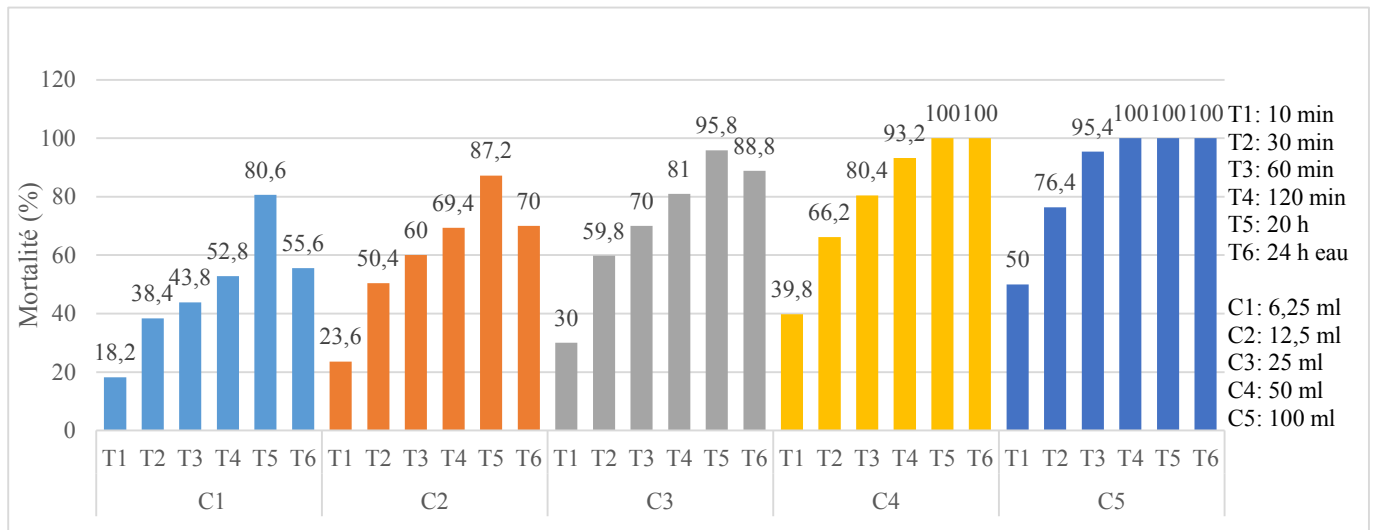


Figure 85 : Effet de l'E.E.F. de *D. tatula* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

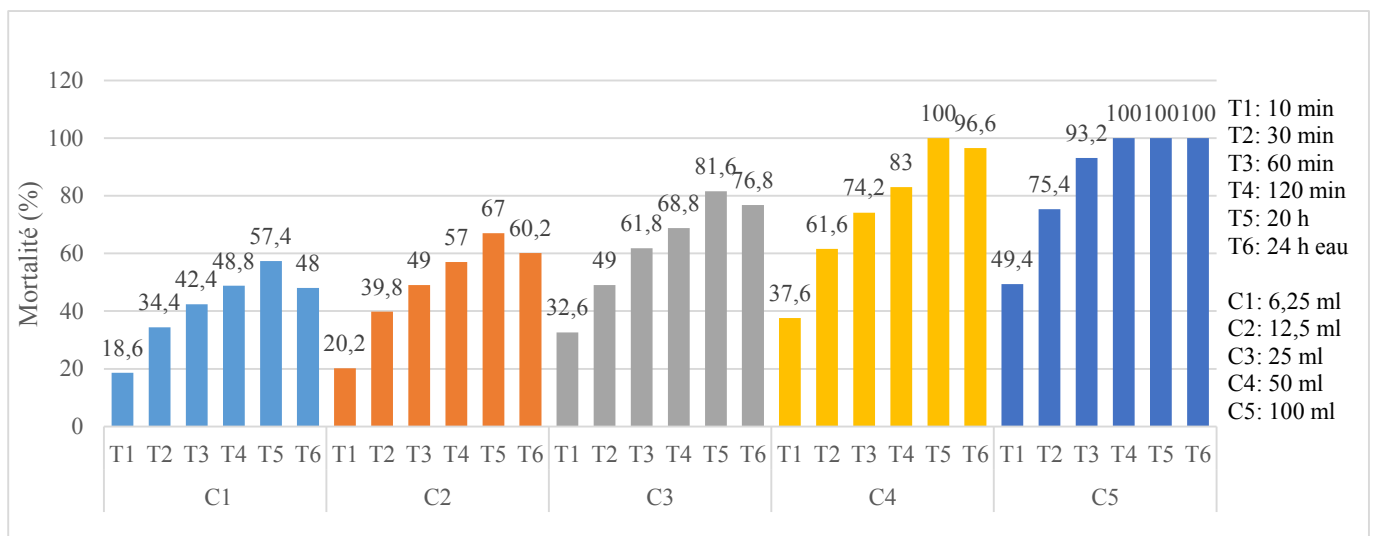


Figure 86 : Effet de l'E.E.R. de *D. tatula* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

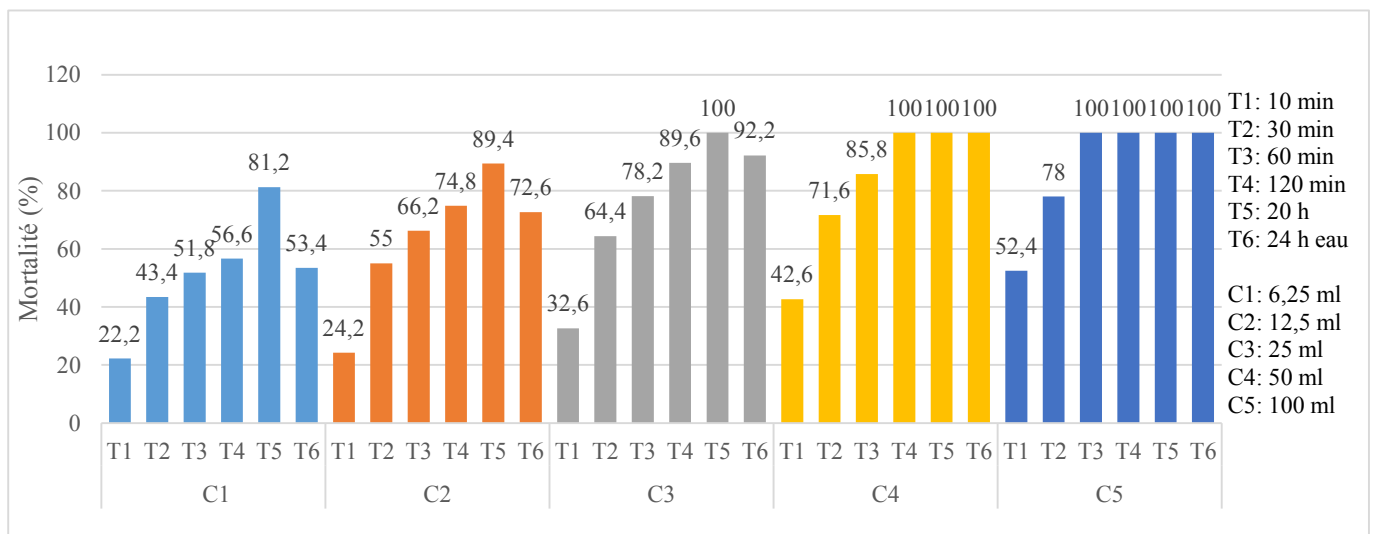


Figure 87 : Effet de l'E.E.M. de *D. tatula* sur la mortalité des J2s de *M. incognita*

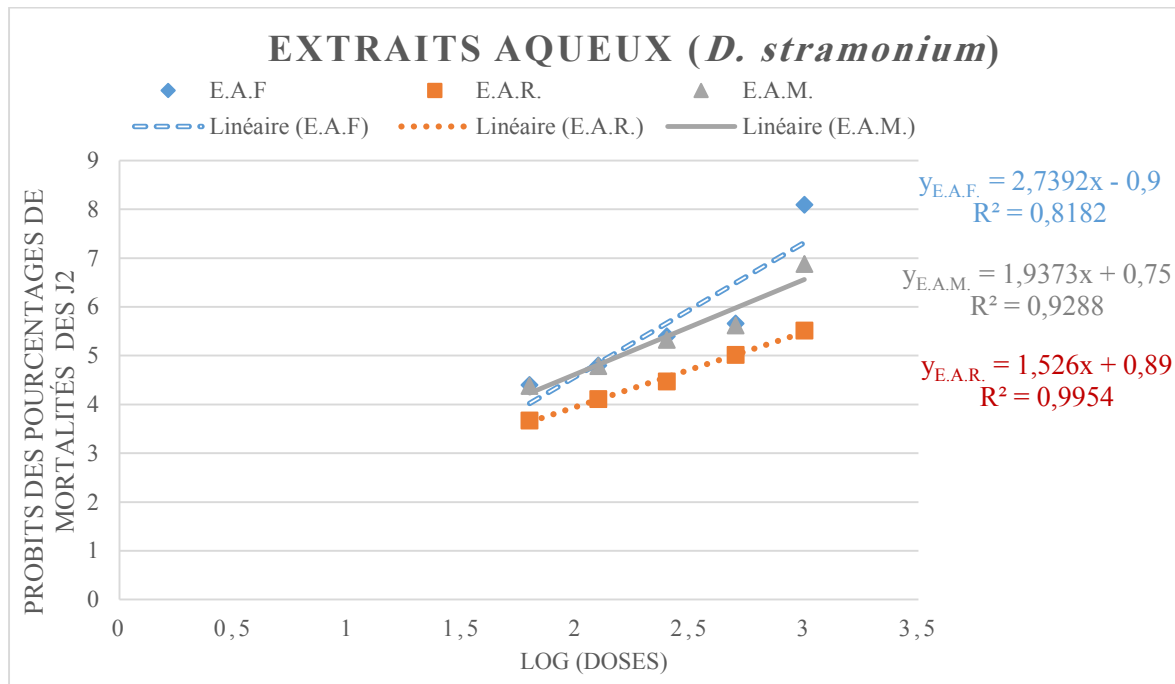
III.3.1.1. Calcul de la DL<sub>50</sub>

L'efficacité des différents extraits des *Datura* est également évaluée par les DL<sub>50</sub> pour le temps d'exposition de 20 h. Les DL<sub>50</sub> obtenues sont représentées par les droites de régression (Fig. 88 - 93). Les valeurs de DL<sub>50</sub> variaient de 36.6 mg/ml pour E.E.M de *D. innoxia* à 486 mg/ml pour E.A.R. de *D. stramonium*. 113 mg/ml est la DL<sub>50</sub> la plus élevée de tous les extraits éthanoliques, elle est obtenue par l'E.E.R. de *D. stramonium*. La DL<sub>50</sub> la plus faible de tous les extraits aqueux est de 114 mg/ml **obtenue** par l'E.A.M. *D. innoxia*. Ces dernières sont consignées dans le tableau (13).

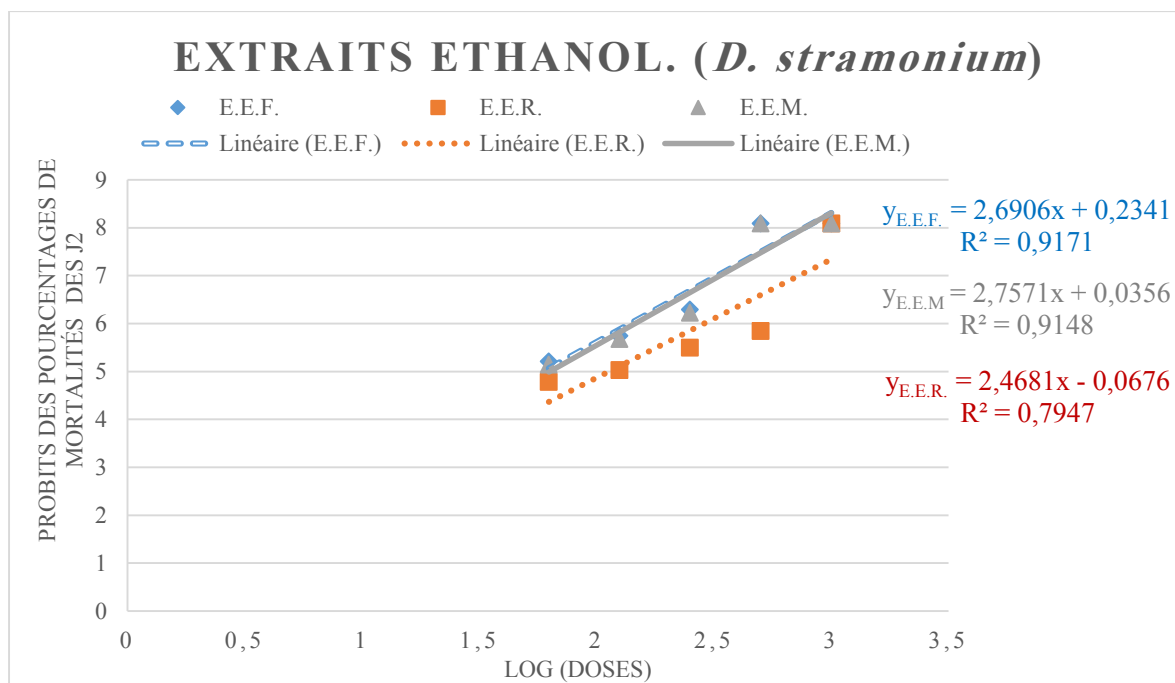
**Tableau 13 :** DL<sub>50</sub> (µl) de l'effet des extraits de *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* sur la mortalité des J2<sub>s</sub> de *M. incognita* après 20h de traitement

Espèces de <i>Datura</i>	Parties de plante	LC <sub>50</sub> (mg/ml)	
		Extrais aqueux	Extrais éthanoliques
<i>Datura stramonium</i>	Feuilles	142.5 (R <sup>2</sup> = 0.82)	59.0 (R <sup>2</sup> = 0.92)
	Racines	486.8 (R <sup>2</sup> = 0.99)	113.0 (R <sup>2</sup> = 0.79)
	Mélange	155.9 (R <sup>2</sup> = 0.92)	63.1 (R <sup>2</sup> = 0.91)
<i>Datura Innoxia</i>	Feuilles	125.6 (R <sup>2</sup> = 0.86)	52.5 (R <sup>2</sup> = 0.91)
	Racines	240.9 (R <sup>2</sup> = 0.99)	88.4 (R <sup>2</sup> = 0.90)
	Mélange	113.7 (R <sup>2</sup> = 0.84)	36.4 (R <sup>2</sup> = 0.79)
<i>Datura Tatula</i>	Feuilles	122.3 (R <sup>2</sup> = 0.92)	66.7 (R <sup>2</sup> = 0.89)
	Racines	269.4 (R <sup>2</sup> = 0.97)	88.8 (R <sup>2</sup> = 0.93)
	Mélange	75.1 (R <sup>2</sup> = 0.96)	64.6 (R <sup>2</sup> = 0.93)

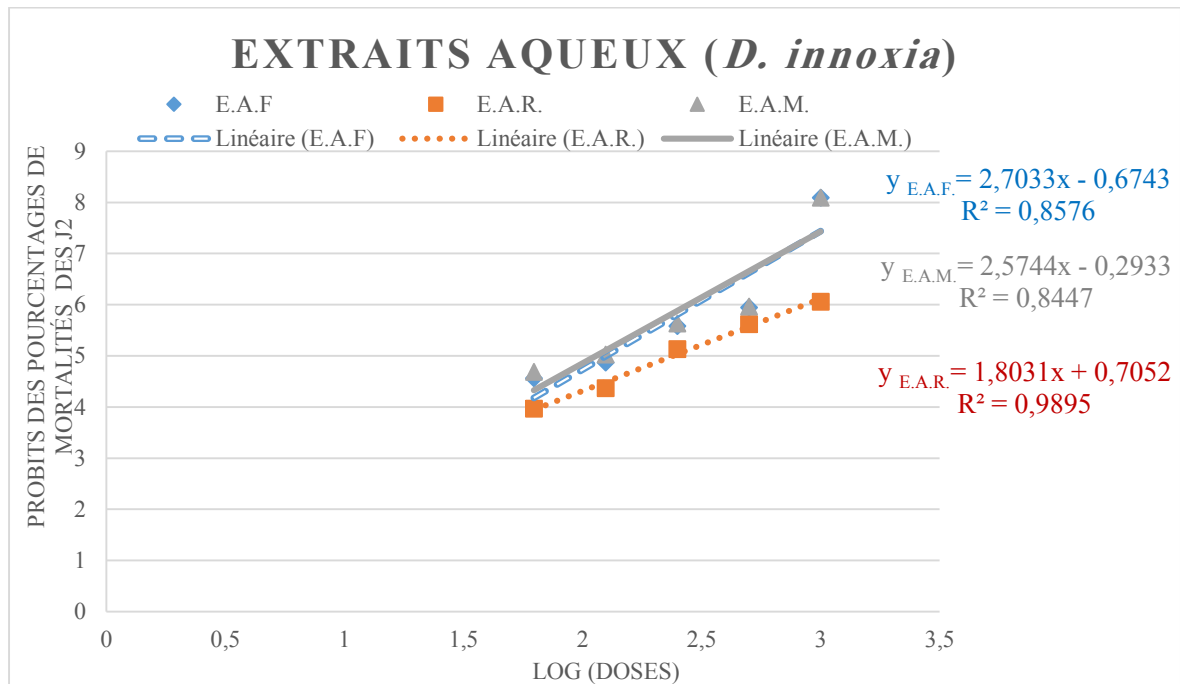




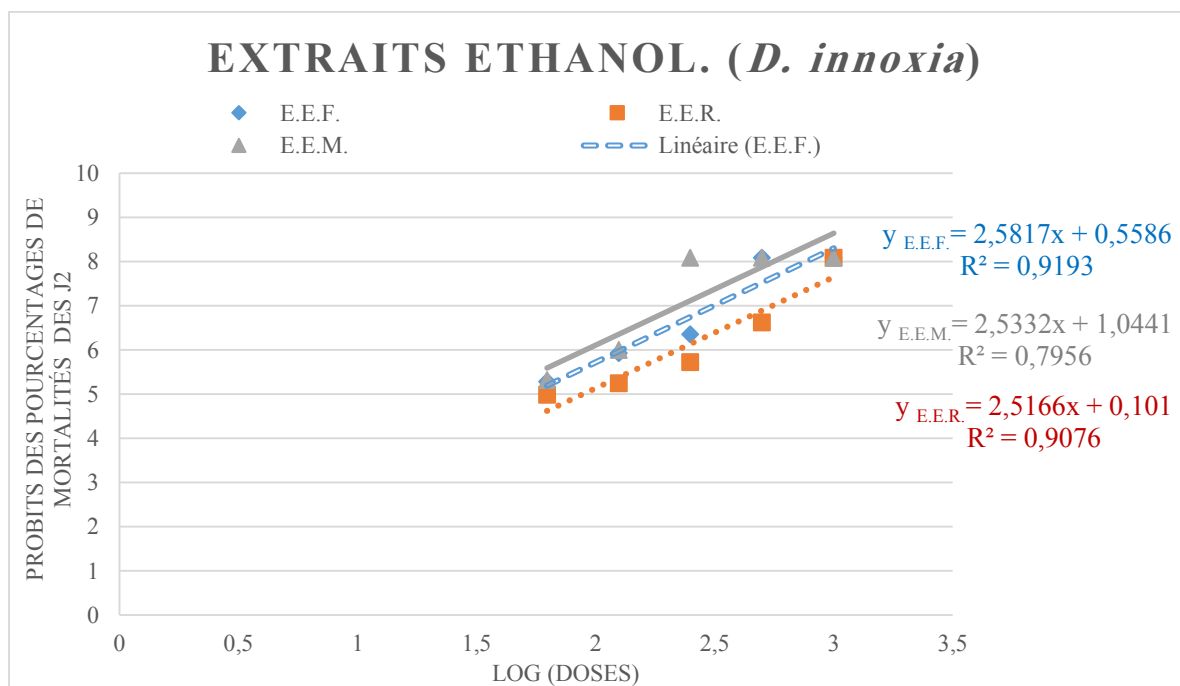
**Figure 88 :** Droite de régression des probits aux différentes concentrations utilisées de E.A.F., E.A.M. et E.A.R. de *D. stramonium* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita* après 20 h de traitement.



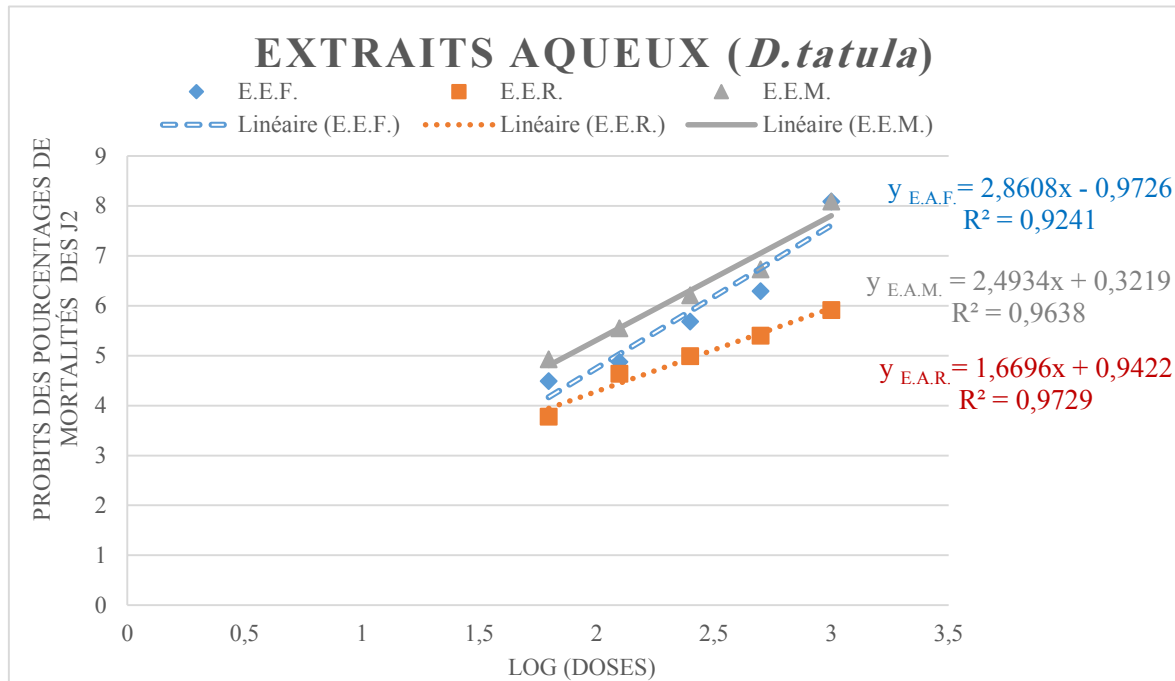
**Figure 89 :** Droite de régression des probits aux différentes concentrations utilisées de E.E.F., E.E.M. et E.E.R. de *D. stramonium* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita* après 20 h de traitement



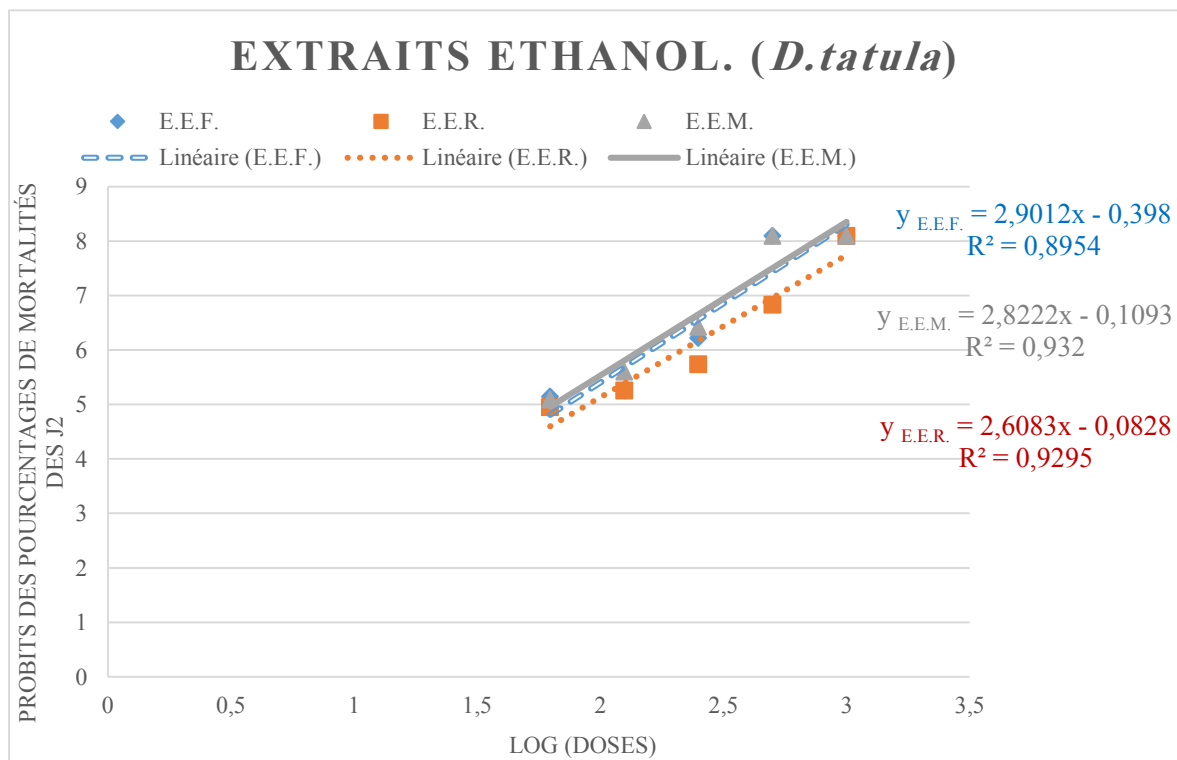
**Figure 90** : Droite de régression des probits aux différentes concentrations utilisées de E.A.F., E.A.M. et E.A.R. de *D. innoxia* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita* après 20h de traitement



**Figure 91** : Droite de régression des probits aux différentes concentrations utilisées de E.E.F., E.E.M. et E.E.R. de *D. innoxia* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita* après 20h de traitement



**Figure 92 :** Droite de régression des probits aux différentes concentrations utilisées de E.A.F., E.A.M. et E.A.R. de *D. tatula* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita* après 20 h de traitement



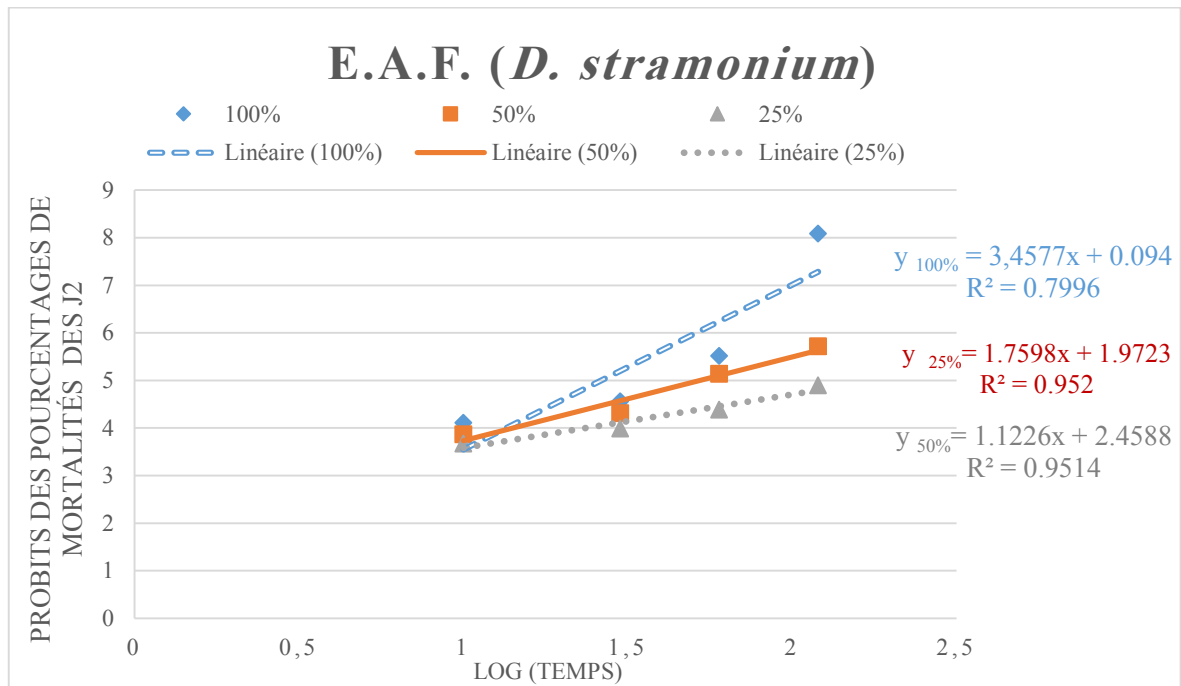
**Figure 93 :** Droite de régression des probits aux différentes concentrations utilisées de E.E.F., E.E.M. et E.E.R. de *D. tatula* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita* après 20 h de traitement

### III.3.1.2. Calcul de TL<sub>50</sub>

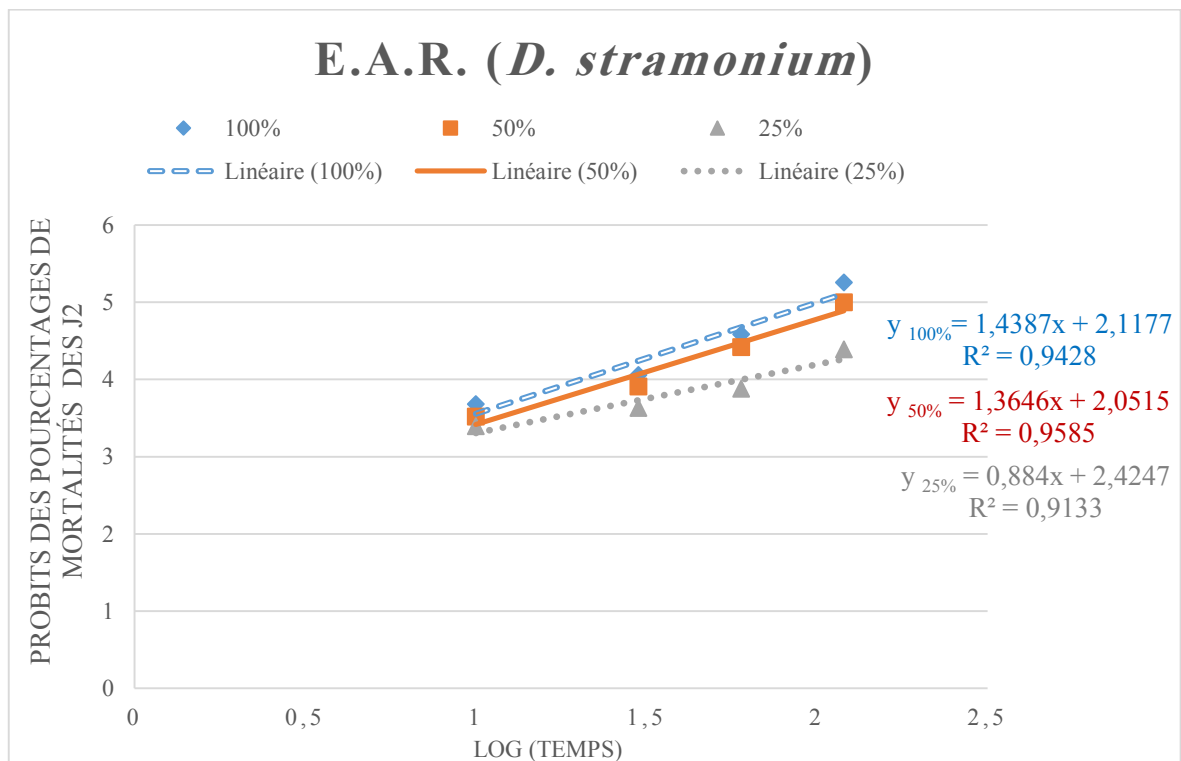
La régression du logarithme du temps en fonction des probits permet de déterminer les TL<sub>50</sub> de tous les extraits testés avec trois concentrations 100%, 50% et 20% (Fig. 94-111). Nous avons noté que les extraits de différentes parties de trois *Datura* sont dotés d'un effet choc intéressant. L'efficacité dépend de l'espèce de *Datura*, le type d'extraits, la partie de plante utilisée et les différentes doses testées. Aux trois doses 100%, 50% et 25% les différentes TL<sub>50</sub> obtenus pour tous les extraits ne dépassent pas les 20 h. Les valeurs les plus faibles de TL<sub>50</sub> sont obtenues par les extraits éthanoliques de différentes parties des trois *Datura*. Les valeurs de TL<sub>50</sub> enregistrées par les différents extraits éthanoliques ne dépassent pas 2h. Les TL<sub>50</sub> les plus élevés sont enregistrés par les E.A.R. de *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*, elles sont de 13 h 38 min 54 sec / 3 h 12 min 49 sec et 4 h 4 m 40 sec respectivement. Le plus petit TL 50 est de 7 min et 42 sec est. Il est obtenu avec L'E.E.M de *D. innoxia* aux fortes doses (100%) suivi par l'E.E.M. de *D. stramonium* avec un TL<sub>50</sub> de 9 min et 38 sec et l'E.E.F. de *D innoxia* avec un TL<sub>50</sub> de 9 min et 49 sec (Tab. 14).

**Tableau 14** : TL50 de l'effet des extraits de *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* sur la mortalité des J2s de *M. incognita* obtenus avec les trois premières doses (100%, 50% et 25%)

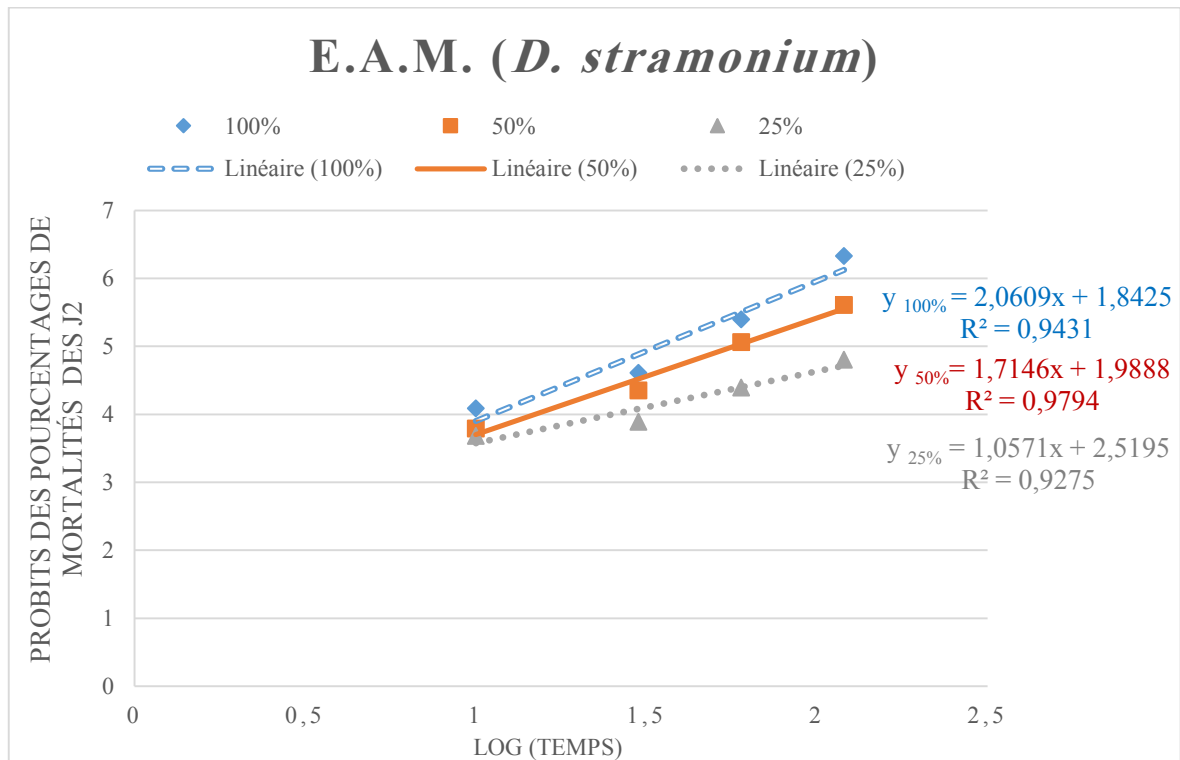
Espèce de <i>Datura</i>	Types d'extrait	Partie	TL <sub>50</sub>		
			100%	50%	25%
<i>D. stramonium</i>	E.A.	F	26m 13s (R <sup>2</sup> = 0.79)	52m 32s (R <sup>2</sup> = 0.95)	3h 3m 30s (R <sup>2</sup> = 0.95)
		R	1h 40m 47s (R <sup>2</sup> = 0.94)	2h 24m 46s (R <sup>2</sup> = 0.95)	13h 38m 54s (R <sup>2</sup> = 0.91)
		M	34m 3s (R <sup>2</sup> = 0.94)	57m 2s (R <sup>2</sup> = 0.97)	3h 42m 4s (R <sup>2</sup> = 0.92)
	E.E	F	10 m 13s (R <sup>2</sup> = 0.87)	14m 57 s (R <sup>2</sup> = 0.98)	19m 6s (R <sup>2</sup> = 0.98)
		R	13m 45s (R <sup>2</sup> = 0.83)	18m 4s (R <sup>2</sup> = 0.98)	40m 42s (R <sup>2</sup> = 0.99)
		M	9m 38s (R <sup>2</sup> = 0.87)	14m 7s (R <sup>2</sup> = 0.87)	17m 6s (R <sup>2</sup> = 0.99)
<i>D. innoxia</i>	E.A.	F	31m 27s (R <sup>2</sup> = 0.90)	48m 29s (R <sup>2</sup> = 0.92)	1h 50m 36s (R <sup>2</sup> = 0.94)
		R	57m 30s (R <sup>2</sup> = 0.94)	92m 25s (R <sup>2</sup> = 0.94)	3h 12m 49s (R <sup>2</sup> = 0.92)
		M	24m 21s (R <sup>2</sup> = 0.79)	43m 12s (R <sup>2</sup> = 0.95)	1h 47m 23s (R <sup>2</sup> = 0.96)
	E.E	F	9m 49s (R <sup>2</sup> = 0.87)	14m 44s (R <sup>2</sup> = 0.87)	18m 29s (R <sup>2</sup> = 0.98)
		R	10m 37s (R <sup>2</sup> = 0.88)	16m 12s (R <sup>2</sup> = 0.84)	23m 39s (R <sup>2</sup> = 0.96)
		M	<b>7m 42s (R<sup>2</sup>= 0.91)</b>	<b>12m 13s (R<sup>2</sup>= 0.94)</b>	<b>15m 43s (R<sup>2</sup>= 0.82)</b>
<i>D. tatula</i>	E.A.	F	24m 18s (R <sup>2</sup> = 0.84)	38m 28s (R <sup>2</sup> = 0.95)	1h 44m (R <sup>2</sup> = 0.96)
		R	62m 2s (R <sup>2</sup> = 0.95)	92m 16s (R <sup>2</sup> = 0.99)	4h 4m 40s (R <sup>2</sup> = 0.95)
		M	21m 49s (R <sup>2</sup> = 0.83)	36m 31s (R <sup>2</sup> = 0.95)	93m 41s (R <sup>2</sup> = 0.95)
	E.E	F	12m 24s (R <sup>2</sup> = 0.93)	15m 28s (R <sup>2</sup> = 0.98)	23m 7s (R <sup>2</sup> = 0.98)
		R	12m 51s (R <sup>2</sup> = 0.90)	17m 46s (R <sup>2</sup> = 0.99)	25m 59s (R <sup>2</sup> = 0.86)
		M	10m 42s (R <sup>2</sup> = 0.86)	15m 9s (R <sup>2</sup> = 0.85)	18m 43s (R <sup>2</sup> = 0.99)



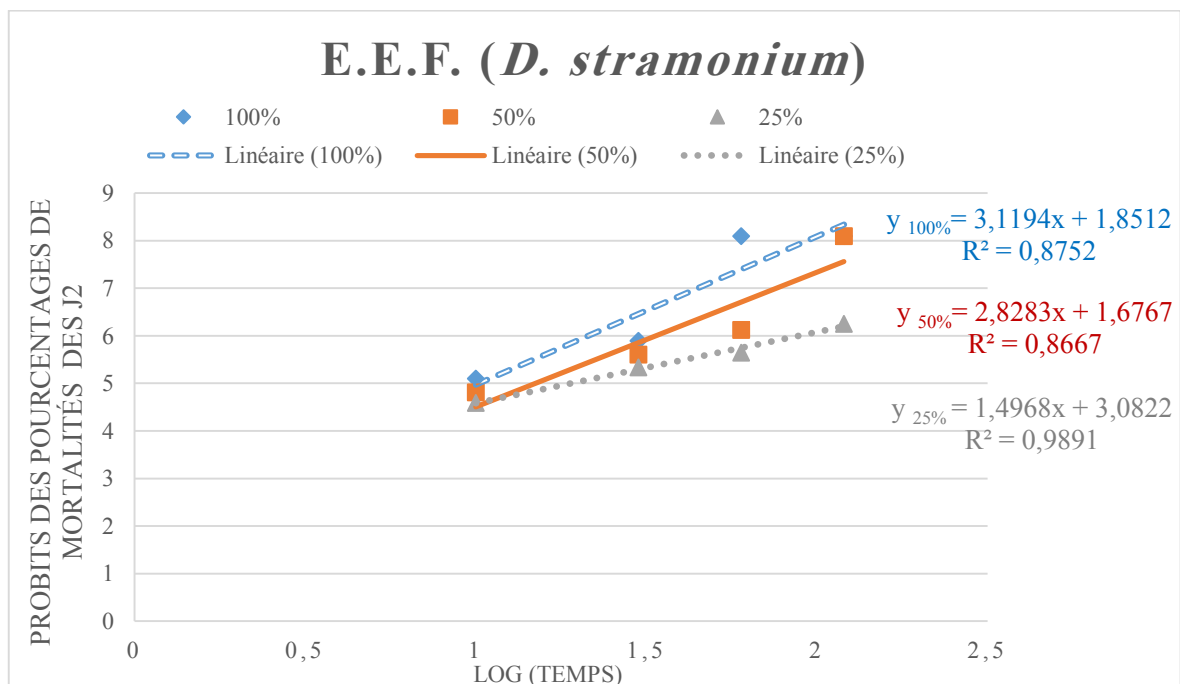
**Figure 94 :** Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.F. de *D. stramonium* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*



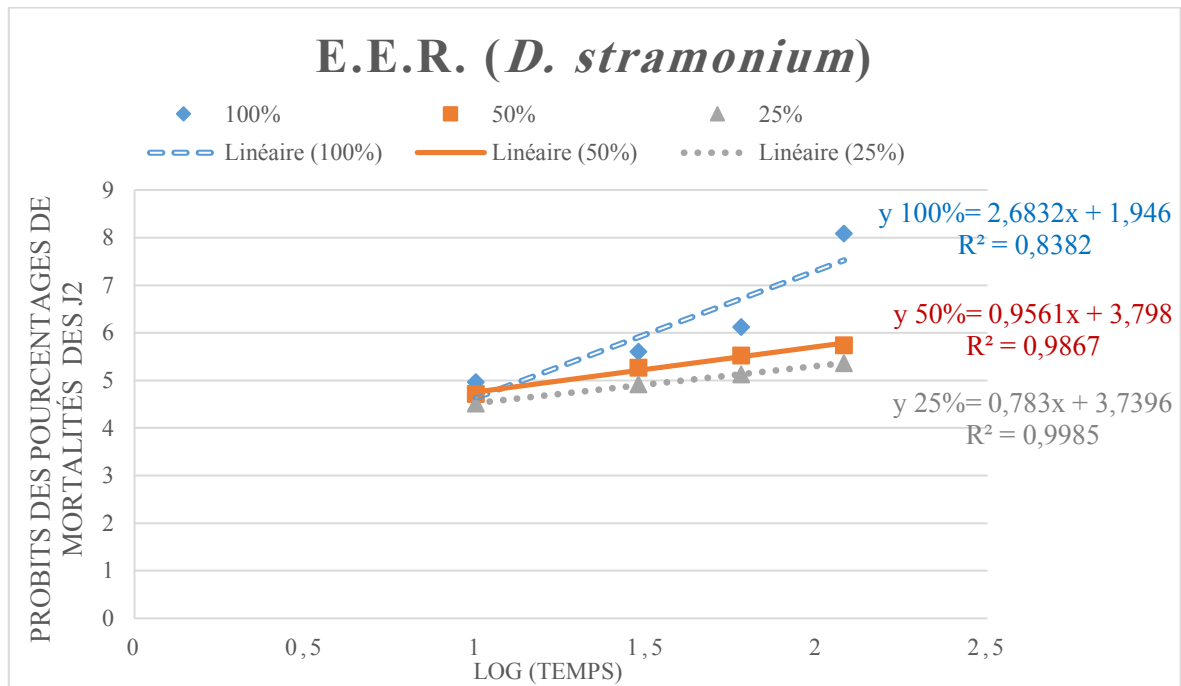
**Figure 95 :** Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.R. de *D. stramonium* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*



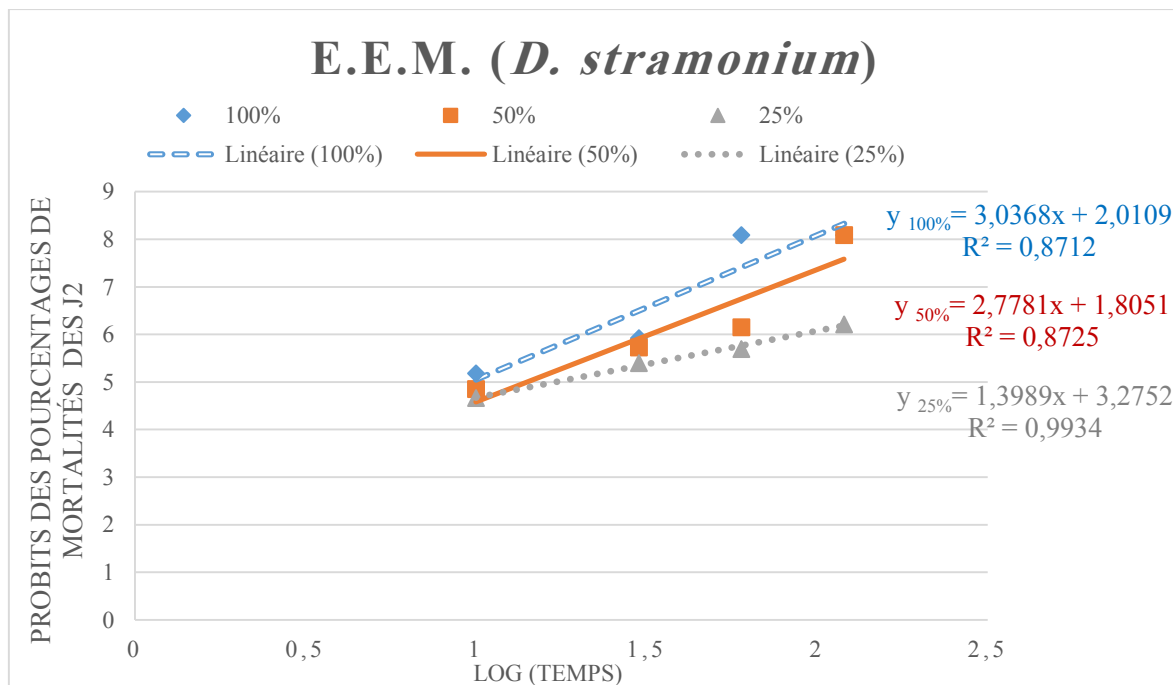
**Figure 96 :** Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.M. de *D. stramonium* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*



**Figure 97 :** Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.F. de *D. stramonium* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*

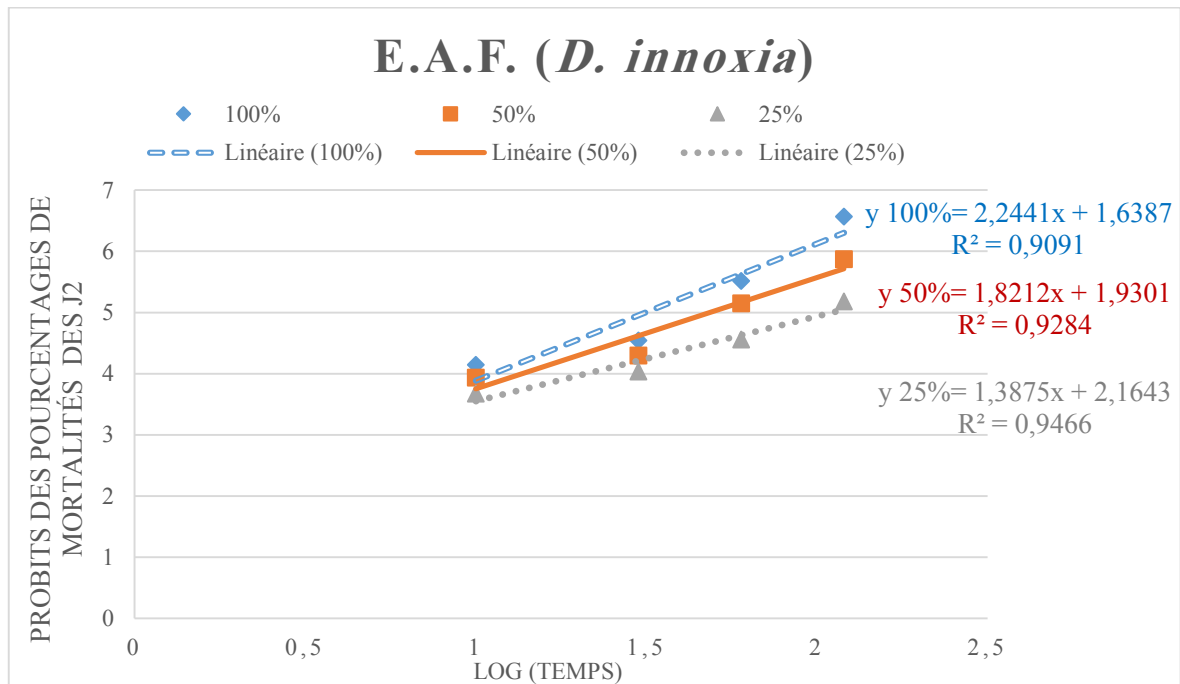


**Figure 98 :** Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.R. de *D. stramonium* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*

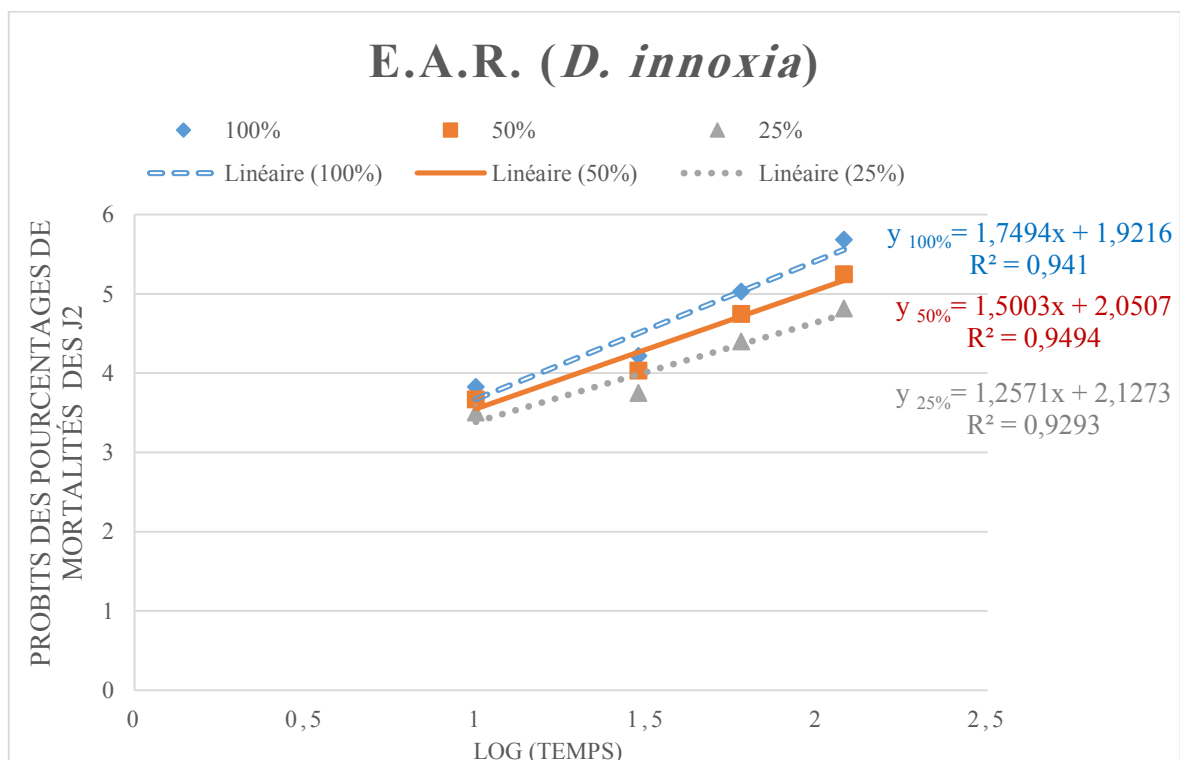


**Figure 99 :** Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.M. de *D. stramonium* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*

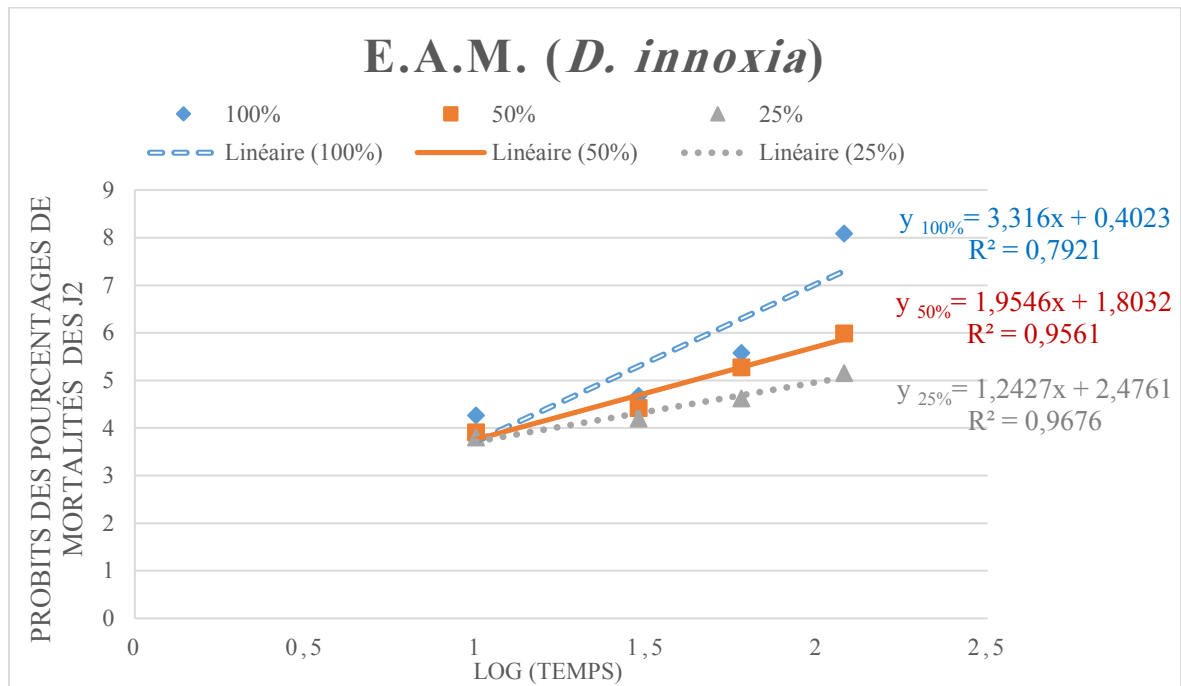




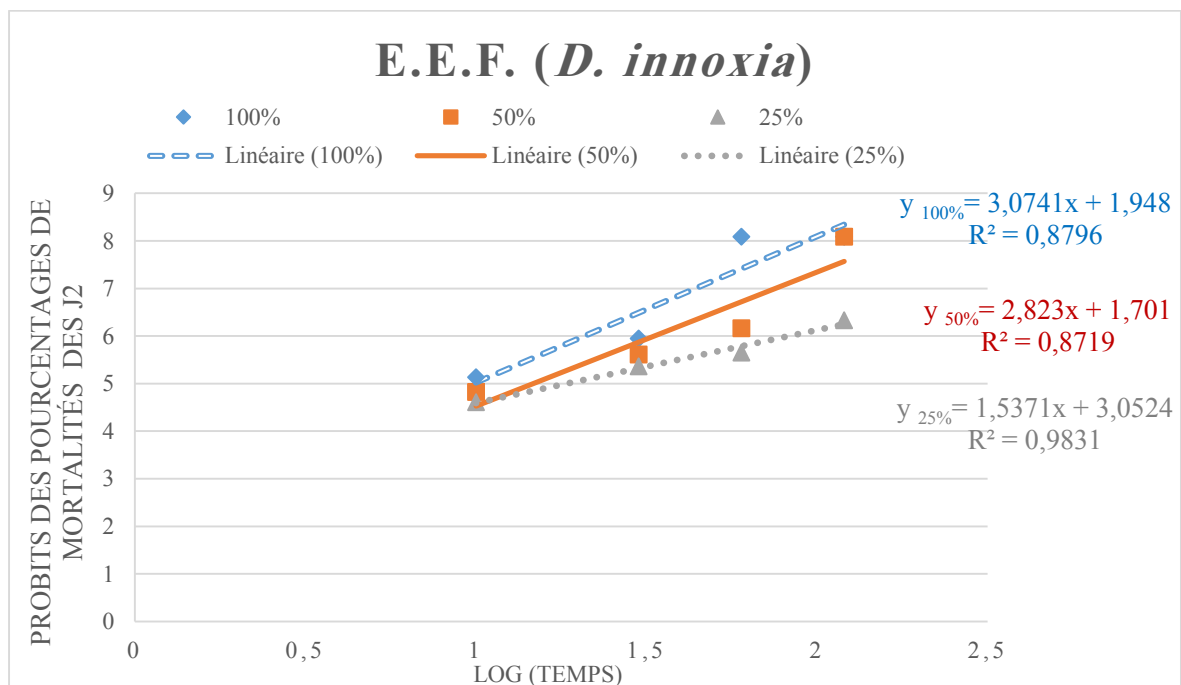
**Figure 100** : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.F. de *D. innoxia* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*



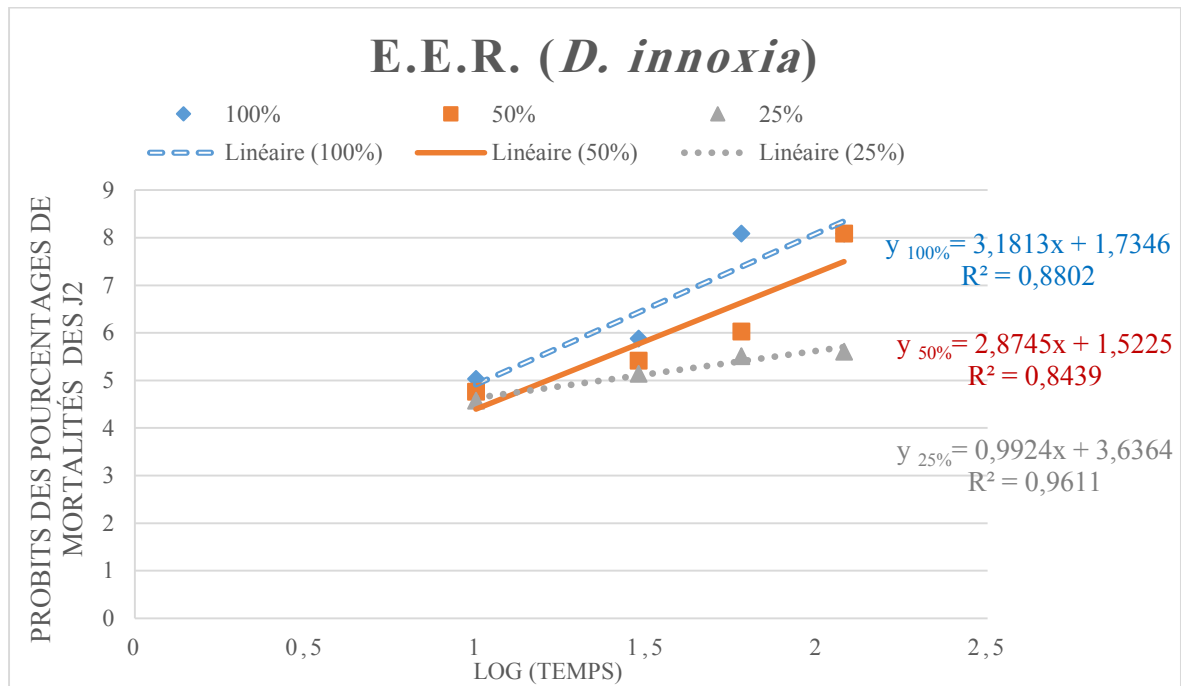
**Figure 101** : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.R. de *D. innoxia* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*



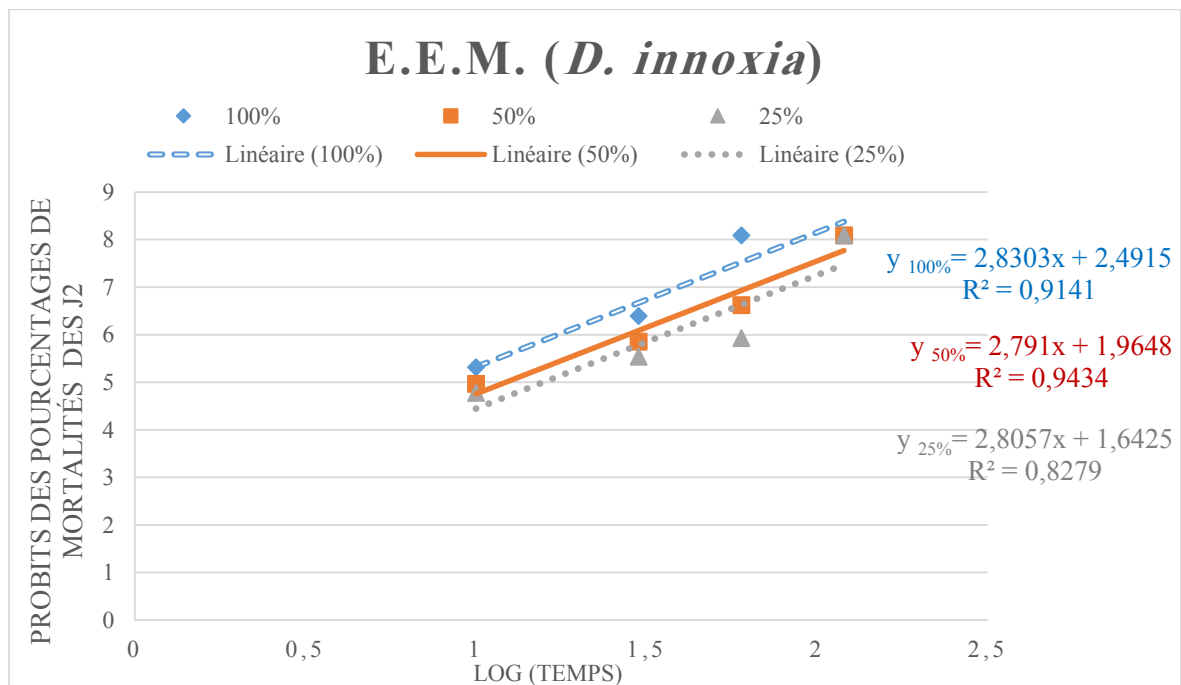
**Figure 102 :** Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.M. de *D. innoxia* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*



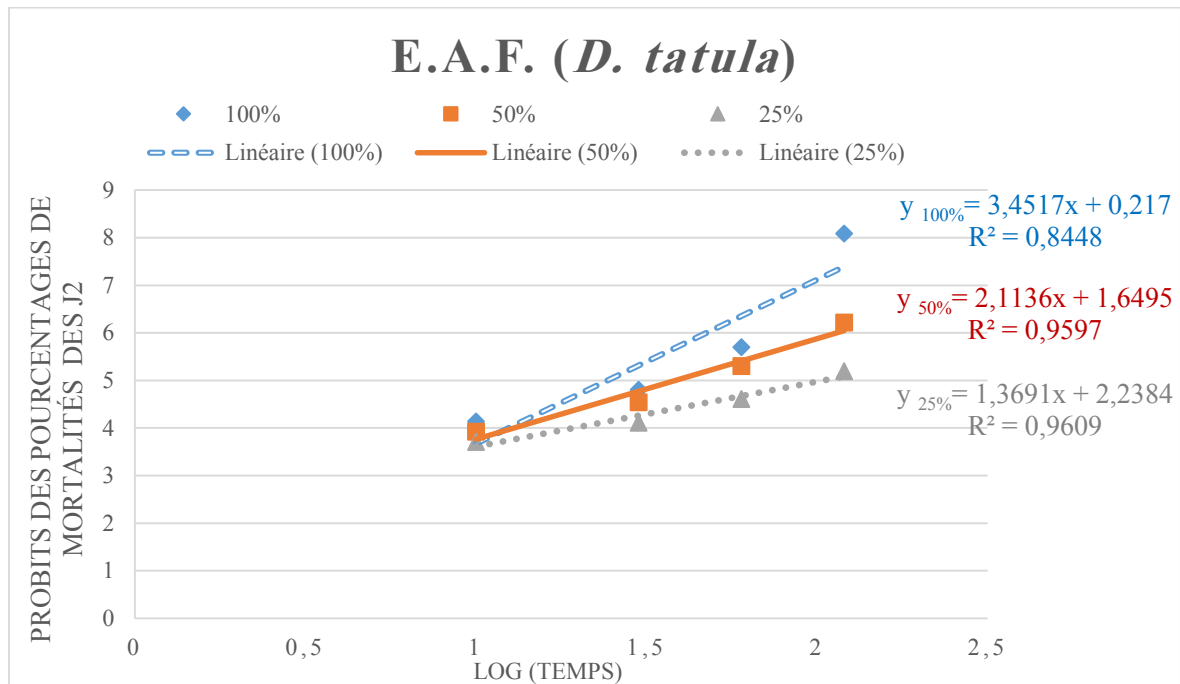
**Figure 103 :** Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.F. de *D. innoxia* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*



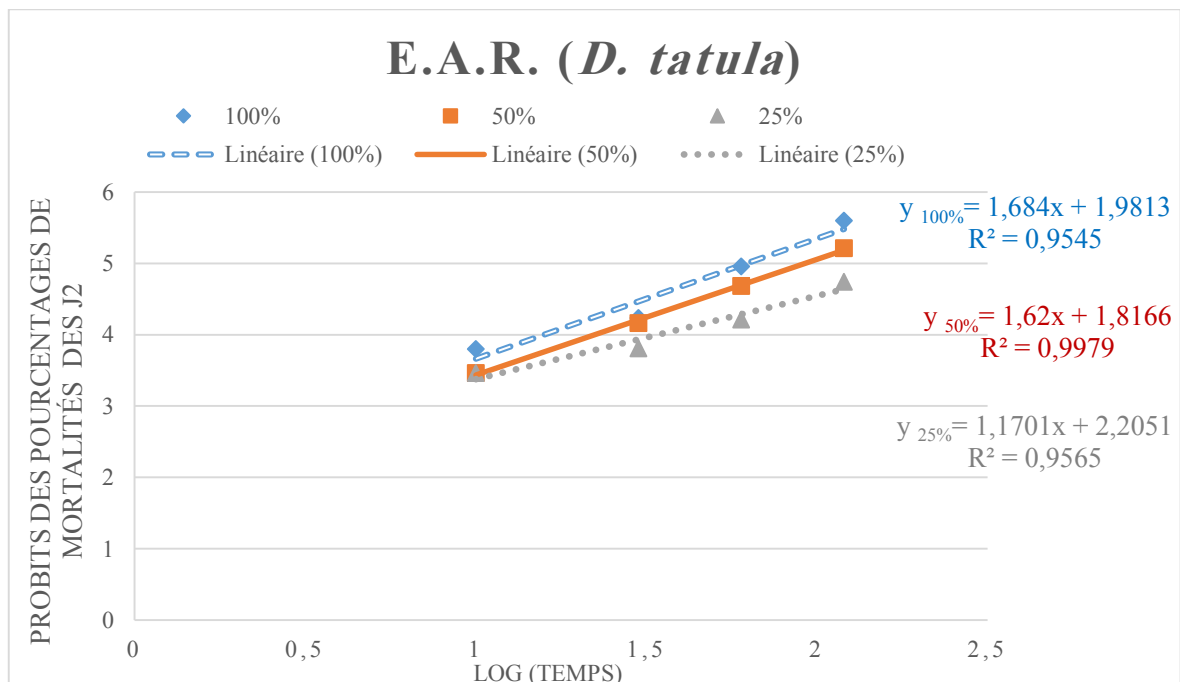
**Figure 104 :** Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.R. de *D. innoxia* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*



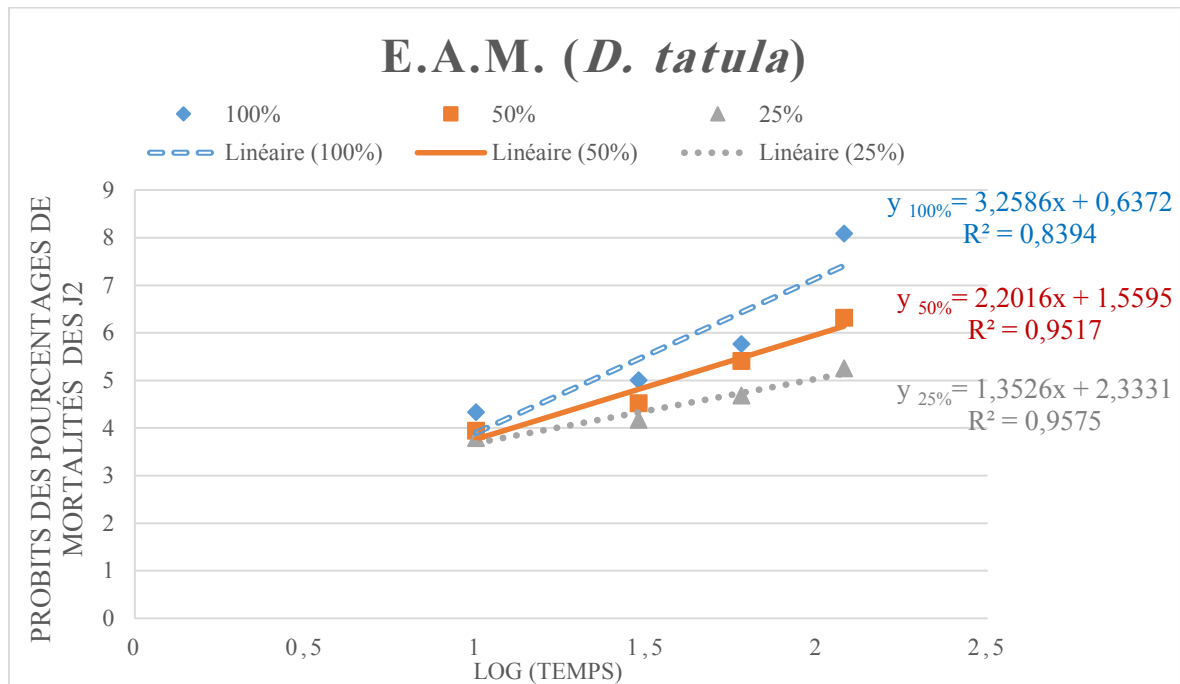
**Figure 105 :** Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.M. de *D. innoxia* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*



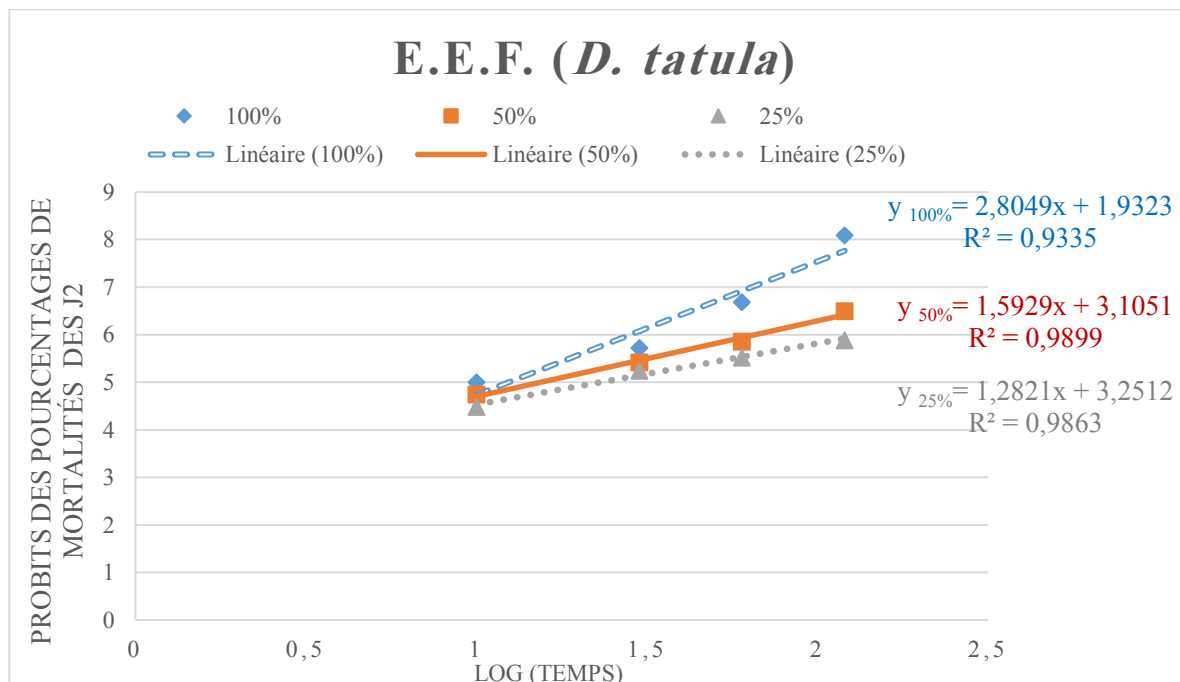
**Figure 106** : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.F. de *D. tatula* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*



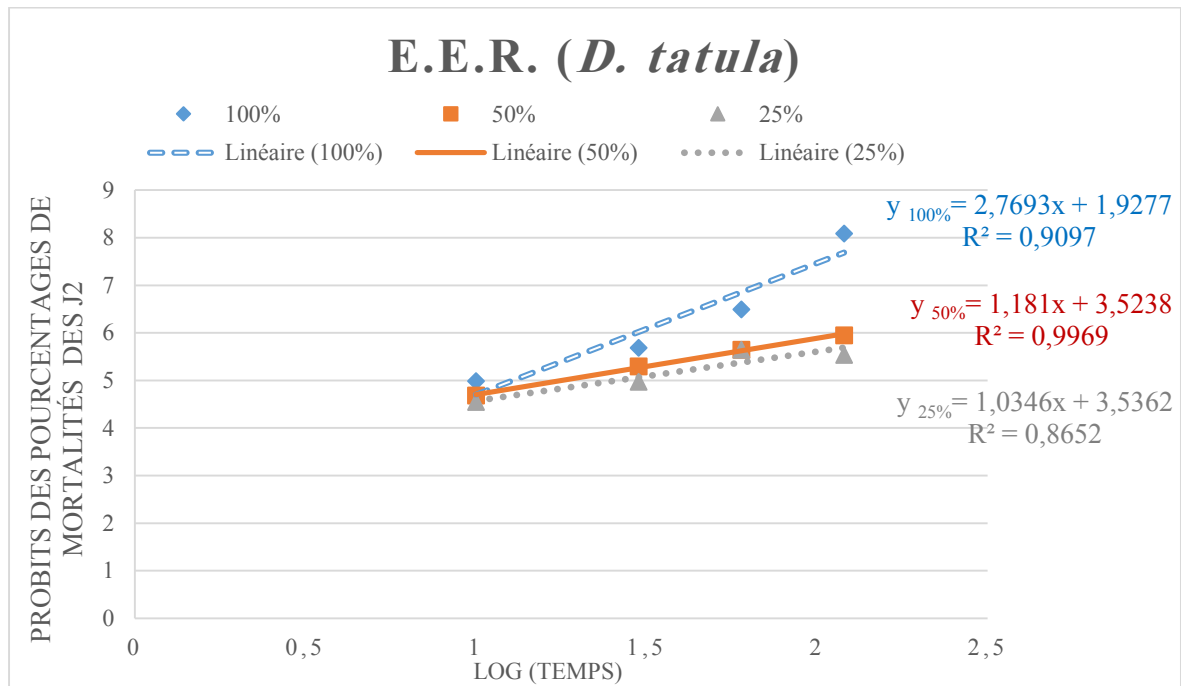
**Figure 107** : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.R. de *D. tatula* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*



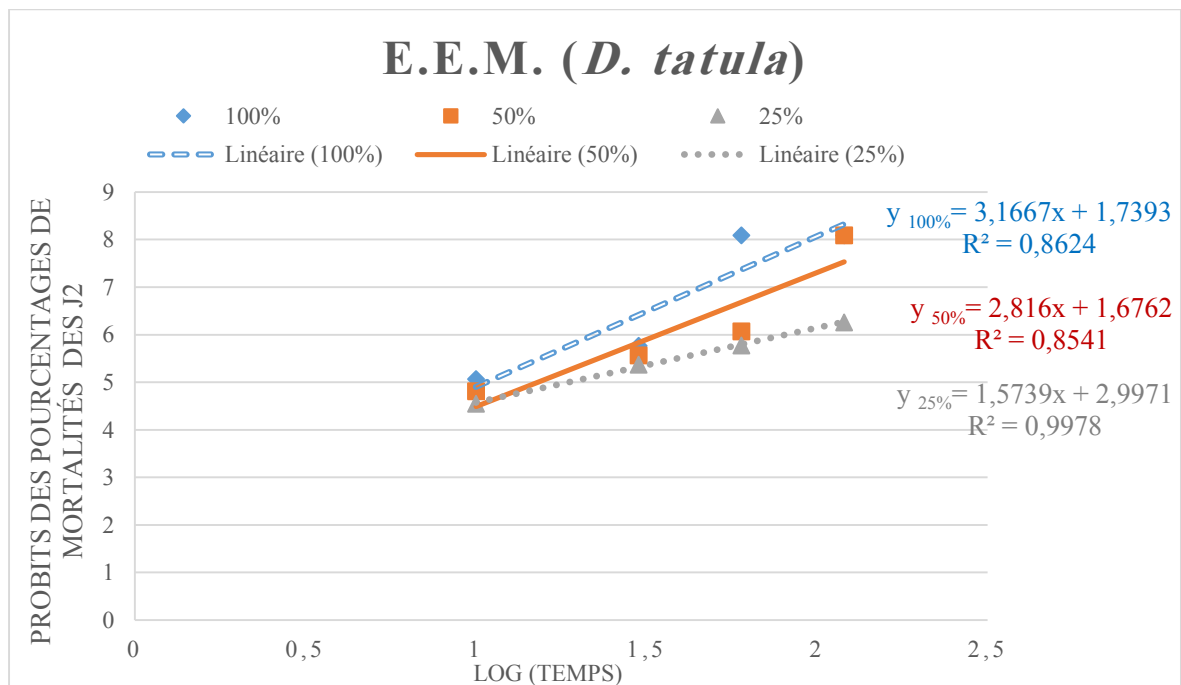
**Figure 108** : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.A.M. de *D. tatula* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*



**Figure 109** : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.F. de *D. tatula* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*



**Figure 110** : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.R. de *D. tatula* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*



**Figure 111** : Droite de régression des probits aux différents temps d'observation de l'E.E.M. de *D. tatula* sur les juvéniles (J2s) de *M. incognita*

### III.3.2. Effet des extraits aqueux et éthanoliques de *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* sur l'éclosion des œufs de *Meloidogyne incognita*

L'activité nématocide des différents extraits de *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* est évaluée sur l'éclosion des œufs de *M. incognita*. Les résultats consignés dans le tableau (15) montrent que les extraits éthanoliques et aqueux de toutes les parties de trois *Datura* ont fortement inhibé l'éclosion des œufs de *M. incognita*. Le pourcentage d'œufs non éclos après 12 jours d'observation dans le bloc témoin eau et eau à 2% DMSO est de 30 et 31% respectivement. Aux fortes doses de 100%, le pourcentage d'œufs non éclos durant la même période d'observation varient de 69% pour l'E.A.R. de *D. stramonium* jusqu'à 91% pour l'E.E.M. de *D. tatula*. En général, les extraits éthanoliques sont efficaces que les extraits aqueux. Pour tous les extraits, le pourcentage des œufs non éclos a augmenté avec l'augmentation de la concentration d'extrait de 6.25% à 100%. Les extraits des feuilles et des mélanges des différentes espèces de *Datura* sont significativement plus efficaces que les extraits de racines. Les pourcentages d'œufs non éclos après 1, 4 et 8 jours d'observation sont présentés dans la partie annexes (annexe 1, 2 et 3).

**Tableau 15** : Effet des différentes parties de *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* sur l'éclosion des œufs de *M. incognita*

Espèces de <i>Datura</i>	Parties de plantes	Types d'extrait	Œufs non éclos après 12 jours d'observation (%)				
			Doses				
			6.25%	12.5%	25%	50%	100%
BC*	Feuilles	Aqueux	<b>47<sup>a**</sup></b>	<b>54<sup>b</sup></b>	<b>62<sup>c</sup></b>	<b>69<sup>cd</sup></b>	<b>76<sup>d</sup></b>
FGH		Ethanol.	<b>62<sup>a</sup></b>	<b>64<sup>a</sup></b>	<b>72<sup>b</sup></b>	<b>76<sup>bc</sup></b>	<b>82<sup>c</sup></b>
A	Racines	Aqueux	<b>42<sup>a</sup></b>	<b>49<sup>b</sup></b>	<b>57<sup>c</sup></b>	<b>64<sup>cd</sup></b>	<b>69<sup>d</sup></b>
DE		Ethanol.	<b>56<sup>a</sup></b>	<b>60<sup>a</sup></b>	<b>67<sup>b</sup></b>	<b>73<sup>bc</sup></b>	<b>78<sup>c</sup></b>
B	Mélange	Aqueux	<b>51<sup>a</sup></b>	<b>54<sup>ab</sup></b>	<b>60<sup>bc</sup></b>	<b>66<sup>cd</sup></b>	<b>72<sup>d</sup></b>
GHI		Ethanol.	<b>62<sup>a</sup></b>	<b>66<sup>a</sup></b>	<b>73<sup>b</sup></b>	<b>77<sup>bc</sup></b>	<b>81<sup>c</sup></b>
DE	Feuilles	Aqueux	<b>55<sup>a</sup></b>	<b>60<sup>ab</sup></b>	<b>66<sup>b</sup></b>	<b>73<sup>c</sup></b>	<b>80<sup>c</sup></b>
GHI		Ethanol.	<b>65<sup>a</sup></b>	<b>68<sup>ab</sup></b>	<b>74<sup>bc</sup></b>	<b>78<sup>cd</sup></b>	<b>84<sup>d</sup></b>
B	Racines	Aqueux	<b>48<sup>a</sup></b>	<b>54<sup>a</sup></b>	<b>63<sup>b</sup></b>	<b>67<sup>bc</sup></b>	<b>71<sup>c</sup></b>
DEF		Ethanol.	<b>57<sup>a</sup></b>	<b>61<sup>ab</sup></b>	<b>67<sup>bc</sup></b>	<b>73<sup>cd</sup></b>	<b>79<sup>d</sup></b>
D	Mélange	Aqueux	<b>55<sup>a</sup></b>	<b>62<sup>ab</sup></b>	<b>67<sup>bc</sup></b>	<b>71<sup>cd</sup></b>	<b>76<sup>d</sup></b>
I		Ethanol.	<b>66<sup>a</sup></b>	<b>70<sup>ab</sup></b>	<b>76<sup>bc</sup></b>	<b>80<sup>cd</sup></b>	<b>85<sup>d</sup></b>
DEF	Feuilles	Aqueux	<b>57<sup>a</sup></b>	<b>64<sup>ab</sup></b>	<b>68<sup>bc</sup></b>	<b>72<sup>cd</sup></b>	<b>78<sup>d</sup></b>
GHI		Ethanol.	<b>65<sup>a</sup></b>	<b>68<sup>ab</sup></b>	<b>74<sup>bc</sup></b>	<b>78<sup>cd</sup></b>	<b>84<sup>d</sup></b>
CD	Racines	Aqueux	<b>55<sup>a</sup></b>	<b>60<sup>ab</sup></b>	<b>64<sup>bc</sup></b>	<b>70<sup>cd</sup></b>	<b>76<sup>d</sup></b>
HI		Ethanol.	<b>64<sup>a</sup></b>	<b>70<sup>ab</sup></b>	<b>76<sup>bc</sup></b>	<b>79<sup>cd</sup></b>	<b>84<sup>d</sup></b>
EFG	Mélange	Aqueux	<b>58<sup>a</sup></b>	<b>65<sup>ab</sup></b>	<b>71<sup>bc</sup></b>	<b>76<sup>cd</sup></b>	<b>81<sup>d</sup></b>
J		Ethanol.	<b>74<sup>a</sup></b>	<b>78<sup>ab</sup></b>	<b>83<sup>bc</sup></b>	<b>88<sup>cd</sup></b>	<b>91<sup>d</sup></b>
Contrôle 1		2% DMSO					31
Contrôle 2		100% Eau					30

\* L'ensemble de traitement (espèces végétales + partie végétale + solvant) avec la même lettre majuscule ne sont pas significativement différentes. \*\* Les moyennes avec la même petite lettre ne sont pas significativement différentes entre elles. Selon le test de Tukey à  $p = 0,05$  ( $n = 5$ ), les moyennes écrites en gras sont significativement différents du témoin selon le test de Dunnett à  $p < 0,05$  ( $n = 5$ ).



### III.3.3. Effet de *Datura* sur la multiplication de *Meloidogyne incognita* in vivo

L'efficacité de *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* vis-à-vis du développement des *M. incognita* est évaluée huit semaines après l'inoculation des nématodes. Aux fortes doses (3 ml), l'indice de galles observé au niveau des racines de la tomate est réduit d'une manière considérable par les trois *Datura*. L'indice de galles moyen est de 5 dans le bloc traité par *D. stramonium* et 4.7 dans ceux traités par *D. innoxia* et *D. tatula*. Les trois traitements sont significativement différents comparés à l'indice de galles moyen de bloc témoin (6.2). Aux moyennes et aux faibles doses, nous avons relevé que l'indice de galles enregistré pour les trois espèces de *Datura* n'est pas significativement différent du témoin. L'I.G. moyen obtenu par *D. tatula* à une dose moyenne (1.5 ml) est significativement réduits par rapport au témoin et d'autre traitement aux faibles et aux moyens doses. Tous les extraits et aux différentes concentrations des trois espèces de *Datura* ont considérablement réduit la reproduction de *M. incognita* sur les racines de tomate. Le nombre le plus inférieur de J2<sub>s</sub> et d'œufs est relevé par les doses les plus élevées de *D. innoxia* et *D. tatula*. Les nombres de J2<sub>s</sub> pour *D. innoxia* et *D. tatula* sont de 10500 et 8900 comparativement à 49 500 dans le bloc témoin. Le nombre d'œufs est de 68000 et 74500 pour *D. innoxia* et *D. tatula* et de 220000 dans le bloc témoin. Ces chiffres représentent une réduction des J2 et des œufs de 79% et 69% pour *D. innoxia* et 82% et 66% pour *D. tatula*, respectivement. Aucune différence significative n'est enregistrée entre tous les blocs traités par les trois espèces de *Datura* aux différentes doses et le bloc témoin dans le poids des racines, le poids de la partie aérienne, le nombre et le poids des fruits de la tomate (Tab.16).

**Tableau 16** : Effet de *Datura* sur la multiplication de *Meloidogyne incognita* in vivo

Espèces de <i>Datura</i>	Doses. (ml/pot)	Indice de galles*	Nombres de J2s (10 <sup>3</sup> )	Nombres d'œufs (10 <sup>3</sup> )	Poids de		Poids de fruit/ plant	Poids de fruit (g)
					racines	la partie aérienne (g)		
<i>Datura stramonium</i>	3.0	5.0 <sup>A**</sup>	15.3 <sup>AB</sup>	84.0 <sup>AB</sup>	43.9 <sup>A</sup>	114 <sup>A</sup>	2.8 <sup>A</sup>	55.3 <sup>A</sup>
	1.5	5.5 <sup>AB</sup>	13.2 <sup>AB</sup>	101.0 <sup>AB</sup>	43.8 <sup>A</sup>	108 <sup>A</sup>	2.2 <sup>A</sup>	53.3 <sup>A</sup>
	0.75	5.5 <sup>AB</sup>	23.9 <sup>C</sup>	146.0 <sup>B</sup>	42.8 <sup>A</sup>	105 <sup>A</sup>	2.0 <sup>A</sup>	50.5 <sup>A</sup>
<i>Datura innoxia</i>	3.0	4.7 <sup>A</sup>	10.5 <sup>A</sup>	68.0 <sup>A</sup>	43.6 <sup>A</sup>	103 <sup>A</sup>	1.8 <sup>A</sup>	49.0 <sup>A</sup>
	1.5	5.5 <sup>AB</sup>	8.8 <sup>AB</sup>	84.5 <sup>A</sup>	43.7 <sup>A</sup>	107 <sup>A</sup>	2.7 <sup>A</sup>	50.6 <sup>A</sup>
	0.75	5.5 <sup>AB</sup>	11.6 <sup>BC</sup>	112.8 <sup>A</sup>	46.9 <sup>A</sup>	108 <sup>A</sup>	1.8 <sup>A</sup>	52.2 <sup>A</sup>
<i>Datura Tatula</i>	3.0	4.7 <sup>A</sup>	8.9 <sup>AB</sup>	74.5 <sup>A</sup>	52.0 <sup>A</sup>	111 <sup>A</sup>	4.0 <sup>A</sup>	87.2 <sup>A</sup>
	1.5	5.2 <sup>A</sup>	11.0 <sup>AB</sup>	80.5 <sup>A</sup>	47.5 <sup>A</sup>	108 <sup>A</sup>	2.2 <sup>A</sup>	61.7 <sup>A</sup>
	0.75	5.5 <sup>AB</sup>	18.0 <sup>ABC</sup>	108.5 <sup>AB</sup>	45.4 <sup>A</sup>	103 <sup>A</sup>	2.2 <sup>A</sup>	62.0 <sup>A</sup>
Témoin	0	6.2 <sup>B</sup>	49.5 <sup>D</sup>	220.0 <sup>C</sup>	37.9 <sup>A</sup>	105 <sup>A</sup>	2.0 <sup>A</sup>	54.1 <sup>A</sup>

\* Indice de galles de 0 (pas de galles) à 10 (racines complètement envahies) selon ZECK (1971).

\*\* Les moyennes avec la même lettre ne sont pas significativement différentes. Selon le test de Tukey à  $p = 0,05$  ( $n = 8$ ).

### III.3.4. Discussions

Les plantes sont capables de synthétiser plus de 10.000 substances chimiques pour se protéger contre les bioagresseurs. Ces produits peuvent être exploités pour l'élaboration de biopesticides qui ont l'avantage d'être respectueux de l'environnement et la santé humaine (KADIOGLU et YANAR, 2004). Des insecticides issus des plantes sont déjà connus depuis longtemps. Ils sont développés et commercialisés contre les insectes. C'est le cas du pyrèthre (PHILOGENE *et al.*, 2005). L'efficacité des extraits des plantes dans le contrôle des nématodes phytoparasites est menée par plusieurs chercheurs (OKA, 2010 ; SINGH *et al.*, 2015). Plus de 200 espèces de différentes familles botaniques (*Asteraceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae*, *Ombellifères*, *Euphorbiacées*) sont recensées pour leurs propriétés nématicides (DJIAN-CAPORALINO *et al.*, 2008). Plusieurs composés à effet nématicide sont isolés à partir des plantes principalement ceux de la famille des *Asteraceae*. C'est le cas de  $\alpha$ -terthierryl isolé à partir des *Tagetes* qui présente une très grande efficacité contre les nématodes. Les *Datura* sont utilisés dans la tradition, la légende, l'histoire et la médecine de tous les peuples du temps préhistorique jusqu'à présent (GERLACH, 1948). Le genre *Datura* regroupe plusieurs espèces, dont cinq sont signalées à l'état spontané en Algérie, il s'agit de : *D. stramonium*, *D. innoxia*, *D. tatula*, *D. ferox* et *D. quecifolia* (HOUMANI, 1999). Aujourd'hui, les recherches sont orientées vers l'intérêt de ces plantes et de leurs extraits comme antibactériens, antifongiques et insecticide (KAGALE *et al.*, 2004 ; GEORGE *et al.*, 2008). Les *Datura* peuvent être utilisés comme moyen alternatif pour lutter contre plusieurs ravageurs tels que les insectes et les nématodes ainsi que les pathogènes grâce à leur activité biopesticide. Cette étude nous a permis de mettre en évidence l'efficacité des extraits issus de trois plantes du genre *Datura* (*Datura stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*) sur la mortalité des larves, le potentiel d'éclosion des œufs *in vitro* d'une part et sur le développement des juvéniles de *Meloidogyne incognita* *in vivo* d'autre part. En revanche, cette activité dépend de l'espèce de *Datura* (*D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*), les différentes parties de plantes (feuilles, racines et mélange), la nature de l'extrait (aqueux et éthanoliques), du temps d'exposition et des différentes concentrations testées. Des essais *in vitro*, montrent l'effet bioinsecticide des extraits des *Datura* contre les insectes phytophages et ceux des denrées. RAMYA *et al.*, (2008), rapportent que les extraits aqueux des *Datura metel* ont un effet larvicide contre *Helicoverpa armigera* (noctuelle de la tomate ou chenille du cotonnier). Comme ils provoquent un effet toxique sur les insectes des denrées ; *Tribolium castaneum* et *Tribolium confusum* (SINGHVI *et al.*, 2002 ; SINGHVI *et al.*, 2001). Par ailleurs, il est démontré que les extraits organiques (acétone et pét-éther) de

feuilles de *D. alba* ont une activité insecticide contre le trogodermite des graines (*Trogoderma granarium*) affectant les grains de blés stockés (DWIVEDI et SHEKHAWAT, 2004). Les doses élevées des extraits chloroformiques de feuilles (les alcaloïdes) de *D. alba* sont également toxiques sur les aphides et les fourmis noires (KUGANATHAN *et al.*, 2008). Selon BOUHAS-BOUBEKKA (2011), des extraits végétaux aqueux de *Datura innoxia* ont provoqué des taux de mortalité de 60 %, des prolongements des durées des stades larvaires allant de 3 à 6 jours selon les stades traités, comme ils ont induit une diminution de la croissance pondérale, une perturbation de l'activité alimentaire et une réduction des performances reproductives (fertilité, maturité sexuelle et taux d'éclosion). Actuellement, des essais *in vitro* montrent que les extraits aqueux de *D. alba* présentent une activité larvicide contre les nématodes des citruses, *Tylenchulus semipenetrans* (AHMED *et al.*, 2004). *Datura stramonium* figure parmi les plantes qui peuvent diminuer les populations des nématodes à galles du genre *Meloidogyne*, et même pour lutter contre le doryphore de la pomme de terre (ADABLO, 2004). HUSSAIN *et al.*, (2011) ont montré que le *D. stramonium* a un effet toxique sur *Meloidogyne incognita* *in vitro*. En outre des essais *in vitro* montrent que les extraits aqueux de feuilles de *Datura stramonium* sont responsables d'une activité antifongique envers différents champignons phytopathogènes tel que : *Alternaria alternata* (TÜRKÜSAY et ONGUR, 1989 ; ANAND et BHASKARAN, 2009), *Alternaria solani*, *Botrytis cinerea* et *Drechslera sorokiniana* (TÜRKÜSAY et ONGUR, 1989). De même les extraits aqueux et organiques ont un effet toxique sur différentes espèces d'*Aspergillus* isolées à partir de sorgho, maïs et paddy (SATISH *et al.*, 2007) et *Fusarium mangiferae* (USHA *et al.*, 2009). Les *Datura* possèdent également des propriétés antimicrobiennes et antiparasitaires qui peuvent être utilisées contre différentes maladies infectieuses chez l'homme et les animaux. Selon SHARMA et PATEL (2009), les extraits acétoniques de *D. stramonium* ont une activité antibactérienne contre les bactéries gram négatives *Vibrio cholerae* et *Vibrio parahaemolyticus*. En outre BAYOUD *et al.* (2007), mentionnent que les extraits éthanoliques et les alcaloïdes totaux des parties aériennes de *D. stramonium* ont des propriétés antimicrobiennes contre *Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus saprophyticus* et *Pseudomonas aeruginosa*. UMA REDDY *et al.*, (2009) rapportent également que les extraits éthanoliques de *D. stramonium* (4, 6, 8 mg/0.2 ml) ont une activité antimicrobienne et une inhibition du taux de croissance de *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli*. Le *D. stramonium* peut être également utilisé pour le traitement des mycoses chez l'homme et les animaux tels que les aspergilloses et les candidoses. Les résultats *in vitro* de SAADABI (2006) montrent que les extraits de *D.*

*stramonium* provoquent un effet toxique sur certaines espèces d'*Aspergillus* (*A. fumigatus*, *A. niger*, *A. flavus*) et *Candida albicans*. Durant notre expérimentation tous les extraits aqueux et éthanoliques des différentes parties de trois *Datura* ont un effet nématocide sur la mortalité de J2 et l'éclosion des œufs de *M. incognita*. CHAUDHARY *et al.*, (2013) ont signalé une mortalité de 100% de J2 de *M. incognita* dans 24 heures de traitement avec des extraits aqueux et éthanoliques de feuilles de *D. Stramonium* aux fortes doses (100 mg / ml). Selon les mêmes auteurs, les mêmes extraits ont provoqué plus de 97% à (100 mg / ml) et de 89% à (50 mg / ml) d'inhibition de l'éclosion des œufs de *M. incognita* après une période d'observation de 12 jours. Les extraits éthanoliques montrent une efficacité nématocide (larvicide et ovicide) beaucoup plus importante que celles des extraits aqueux. Des résultats similaires sont rapportés pour les extraits aqueux et éthanoliques de *D. stramonium* par CHAUDHARY *et al.*, (2013). GUPTA *et al.*, (2013) ont mentionné que les extraits alcooliques de *D. stramonium* contiennent plus de composants chimiques que les extraits aqueux, en particulier des composés considérés nématocides tels que les flavonoïdes et les alcaloïdes (WUYTS *et al.*, 2006; MAHESHWARI *et al.*, 2013). Nous avons constaté que les extraits de mélange et de feuilles des trois espèces *Datura* étaient plus toxiques que les extraits de racines à l'égard de *M. incognita*. Ces résultats confirment ceux obtenus par SAXENA et SHARMA (2005) comparant des extraits aqueux et éthanoliques de feuilles et de racines de *D. stramonium*. L'extrait de *Datura* est composé de certains alcaloïdes (tels que la scopolamine, l'hyoscyamine, la mételoïdine et l'apoptropine), les saponines, les glycosides, les tanins, les terpénoïdes et les flavonoïdes sont considérés comme responsables de nombreuses propriétés de toxicité de cette plante (WUYTS *et al.*, 2006 ; MAHESHWARI *et al.*, 2013). Selon QAMMAR *et al.*, 1995 l'effet nématocide des extraits de *D. stramonium* est dû aux alcaloïdes. Ces mêmes auteurs ont testé des alcaloïdes de *D. stramonium* sur les juvéniles de *Hoplolaimus indicus*, *Helicotylenchus multincinctus* et *M. incognita* et ils ont signalé une mortalité de 90% à 100% pour tous les alcaloïdes et les espèces de nématodes testées. La toxicité de *D. stramonium* est due à la présence de quelques molécules actives qui sont l'atropine, l'hyoscyamine et la scopolamine (ODUOR-OWINO, 1993 ; PAVELA, 2004). *Datura fastuosa* a une activité nématocide qui peut être due à des composés efficaces comme l'apoptropine, l'hyoscyamine et la scopolamine (SHAHWAR *et al.*, 1995). L'effet toxique différent des différentes parties de la plante peut être lié à la présence ou à l'absence de certains alcaloïdes dans les tissus végétaux. En outre, ces alcaloïdes peuvent être présents en différentes quantités dans les différentes parties de *Datura* (BERKOV *et al.*, 2006), ce qui pourrait expliquer pourquoi les extraits de mélange et de feuilles étaient plus efficaces

que les extraits de racines. La qualité et la nature des alcaloïdes tropaniques varient suivant l'âge et l'origine de la plante (YANKOULOV, 1979). WALLER et NOVACKI (1978) ont montré que les racines sont le site principal de synthèse de l'hyoscyamine et de la scopolamine chez *D. innoxia*. Chez les *Datura*, le taux d'hyoscyamine est supérieur aux taux de scopolamine dans les racines et ce rapport s'inverse dans les tiges et plus dans les feuilles (ROBINSON, 1981), en particulier le contenu maximum en scopolamine est observé dans les feuilles apicales (MILARDI *et al.*, 2001). Le taux d'alcaloïdes dans la plante est donc lié à la synthèse de ces derniers dans les racines (ROMEIKE, 1961), à la migration des alcaloïdes au sein de la plante et à leur dégradation (KITAMURA *et al.*, 1988). Par ailleurs, la concentration des alcaloïdes varie considérablement au cours du cycle journalier (RAVEN *et al.*, 2000). Ce phénomène est observé chez *Atropa belladonna* (SPORER *et al.*, 1993). Dans les parties vertes de la plante, les alcaloïdes sont accumulés en grandes quantités le soir et en début de la matinée. La plus faible concentration se situe autour de midi et en plein nuit. Il existe aussi des variations journalières d'accumulation d'hyoscyamine dans le grain. Le maximum est atteint en fin de la journée et les taux sont au minimum au courant de la nuit (SPORER *et al.*, 1993). Selon KITAMURA *et al.*, (1988), le taux d'alcaloïdes mesuré dans les plantes est variable en fonction du stade de développement de la plante. Ce taux augmente avec l'âge de la plante pour être maximal chez une plante cultivée avec une photopériode de 16 heures, lorsque le premier bouton floral atteint 1 cm de longueur (COSSON, 1976). Chez *Hyoscyamus muticus*, la teneur alcaloïdique foliaire maximale est atteinte pendant la floraison (OKSMAN-CALDENTY *et al.*, 1987) alors que dans les racines, la concentration en hyoscyamine continue d'augmenter jusqu'à la mise à graine. Parallèlement, on trouve des quantités plus importantes d'alcaloïdes chez les jeunes feuilles que chez les plus vieilles (COSSON, 1976 ; VERZAR-PETRI et HUYNH, 1977 ; COUGOUL *et al.*, 1979 ; DUEZ *et al.*, 1985 ; GONTIER, 1988). Le taux d'alcaloïdes des variables selon les conditions culturales de la plante. Ainsi, COSSON (1972, 1976) et COSSON *et al.*, (1978) ont rapporté que les conditions écophysologiques sont une grande importance quant à la productivité des plantes. Des *Datura* cultivés avec une photopériode de 16 heures et une intensité d'éclairement de 18000 lux produisant un maximum d'alcaloïdes tropaniques. Le traitement des plantes (et/ou cellules-tissus *in vitro*), par différents composés peut également accroître la teneur alcaloïdique. A titre d'exemple nous citons : la salinisation (PUNDARIKASHUDU et BHASVAR, 1989), les auxines (SINHA et VARMA, 1974) et les gibbérellines (HARA *et al.*, 1988). RAHMOUN *et al.*, (2017) ont signalé une différence entre les taux de trois principaux alcaloïdes (scopolamine, hyoscyamine et atropine)

dans les feuilles et les racines de *D. stramonium*. Ces mêmes auteurs ont enregistré un taux de 0,4 mg, 0,6 mg et 0,1 mg de l'hyoscyamine, scopolamine et atropine dans 1g de poids sec de feuilles de *D. stramonium* et 0,8 mg, 0,3 mg et 0,8 mg de chaque molécule dans 1g de poids sec de racine de la même espèce. La production d'hyoscyamine et de scopolamine dans *D. stramonium* est étudiée dans les différentes parties de la plante, à différents stades de leur cycle de vie. Le contenu maximal est trouvé dans les tiges et les feuilles de jeunes plantes (MIRALDI *et al.*, 2001). Selon ELBADRI *et al.*, (2008), aux doses moyennes la mortalité des J2<sub>s</sub> de *M. incognita* traitées par des extraits méthanoliques de graines, tiges et de feuilles de *D. stramonium* après 72 heures d'exposition était de 81%, 71% et 69%, respectivement. WIRATNO *et al.*, (2009) ont divisés les extraits des plantes selon leurs efficacité nématocide en trois groupes; Très toxique lorsque la mortalité est supérieure à 80%, légèrement toxique lorsque la mortalité est de 10 à 20% et non toxique lorsque la mortalité est inférieure à 10%. À cet égard, tous les extraits utilisés durant notre expérimentation aux fortes concentrations (100%) sont considérés très toxiques après 20 h d'observation à l'exception de l'E.A.R. de *D. Stramonium* (69,8%). Suite à l'effet *in vitro*, des différents extraits de *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*, les trois espèces testées ont significativement réduit l'infestation de *M. incognita* sur la tomate *in vivo*. Aux fortes doses (3 ml), les extraits éthanoliques du mélange des trois *Datura* ont considérablement réduit l'indice de galles de *M. incognita* ainsi que le nombre d'œufs et de J2<sub>s</sub> sur racines de tomate (*Lycopersicum esculentum*). Les différents extraits n'ont montré aucun effet néfaste sur la culture de la tomate. Un tel potentiel nématocide de *Datura* *in vivo* a également été démontré par EHTESHAMUL-HAQUE *et al.*, (1996) qui ont utilisé les feuilles de *Datura fastuosa* comme amendements organiques pour contrôler le développement de *M. javanica* sur le gombo (*Abelmoschus esculentus*). Une réduction significative de l'indice de galles des racines est obtenue entre les blocs traités par les *Datura* (I.G = 3.4) et le bloc témoin (4.4). Selon RADWAN *et al.*, (2012), un amendement organique de feuille de *D. stramonium* à 5 g / kg de sol et 10 g / kg peut réduire l'indice de galles causée par *M. incognita* sur la tomate. Les extraits aqueux de *D. metel*, *D. stramonium*, *D. alba* et *D. innoxia* ont montré un effet larvicide sur les Juvéniles de plusieurs espèces de nématodes phytoparasites tels que *M. incognita*, *M. javanica* et *Tylenchulus semipenetrans* (ODUOR-OWINO, 2003 ; AHMED *et al.*, 2004). L'utilisation de *D. stramonium* et *D. metel* en intercalaire avec la tomate pourra réduire les dégâts dus aux nématodes phytoparasites sur la culture de la tomate (ODUOR-OWINO, 2003).

### III. 4. Evaluation de l'efficacité nématicide de deux principaux alcaloïdes de *Datura* contre *Meloidogyne incognita*

Cette étude nous a permis d'évaluer l'efficacité des deux principaux alcaloïdes de *Datura* sur la mortalité des juvéniles de *Meloidogyne incognita* et sur le potentiel d'éclosion des œufs in vitro.

#### III. 4. 1. Effet de l'hyoscyamine et de la scopolamine sur la mortalité des juvéniles de *M. incognita*

Les résultats consignés dans le tableau (17) montrent que les deux molécules (Alcaloïdes) de *D. stramonium* présentent une activité nématicide différentes d'une molécule à une autre à l'égard de *Meloidogyne spp.* Cette activité est proportionnelle à la concentration et la période d'exposition. Elle augmente lorsque la concentration et la période d'exposition augmentent. L'hyoscyamine montre une efficacité nématicide faible à une faible concentration (5µl) et après plus de 20 h d'exposition. La molécule enregistre un taux de mortalité dépassant les 20%. Ainsi, cette même concentration et après 20 h, la scopolamine présente une activité nématicide moyenne, elle cause une mortalité de 42% des J2<sub>s</sub> de *M. incognita*. Avec les deux doses moyennes, 10 et 20 µl, le pourcentage de mortalité après 20 h d'exposition est supérieur à 40% pour les deux molécules. Pour l'hyoscyamine la mortalité dépasse les 45% pour 10 µl et 63% pour 20 µl. En revanche nous relevons un taux de mortalité respectivement de 62% et 81% pour 10 et 20 µl avec la scopolamine. A une concentration de 40 µl et après une période d'exposition de 20 heures, les pourcentages de mortalité sont de 100% pour la scopolamine et atteignent 90% pour l'hyoscyamine. Ainsi avec cette même concentration et après un lavage et incubation de J2<sub>s</sub> dans l'eau, les taux de mortalité enregistrés sont resté les mêmes (100% pour la scopolamine et de 90% pour l'hyoscyamine). Aux fortes concentrations (80 µl/ml), la scopolamine atteint 100% de mortalité 2 h après les traitements. Aux mêmes doses et pour le même temps d'exposition, la mortalité causée par l'hyoscyamine ne dépasse pas 88% avant qu'elle atteigne 100% après 20 h d'observation. Pour le témoin, toutes les J2<sub>s</sub> sont restées vivantes durant toute l'expérimentation. Le taux de mortalité enregistré pour le solvant (Dichlorométhane) est de 0 % durant toute la période d'exposition. Aux deux faibles doses 5 µl/ml et 10 µl/ml et après 10 min de traitement, la mortalité causée par l'hyoscyamine n'est pas significativement différentes de celle de témoin. Une différence significative a été enregistrée entre les témoins et les deux alcaloïdes testés durant toute l'expérimentation quelle que soit leur



concentration et leur temps d'exposition. La mortalité due à l'hyoscyamine est significativement inférieure à celle causée par la scopolamine.

**Tableau 17** : Effet de l'hyoscyamine et de la scopolamine sur la mortalité des J2<sub>s</sub> de *M. incognita*

Molécules	Temps d'exposition	Mortalité des J2 <sub>s</sub> (%)				
		Concentrations				
		5 µl/ml	10 µl/ml	20 µl/ml	40 µl/ml	80 µl/ml
<b>B *</b> Hyoscyam.	10 min	7 <sup>a</sup>	9 <sup>ab</sup>	12 <sup>abc</sup>	18 <sup>bcdef</sup>	28 <sup>ghij</sup>
	30 min	11 <sup>abc</sup>	16 <sup>abcde</sup>	21 <sup>cdefghi</sup>	30 <sup>ghijkl</sup>	37 <sup>klmno</sup>
	60 min	16 <sup>abcde</sup>	22 <sup>cdefghi</sup>	31 <sup>hijklm</sup>	40 <sup>klmno</sup>	52 <sup>pq</sup>
	120 min	20 <sup>bcdefgh</sup>	30 <sup>ghijkl</sup>	42 <sup>nop</sup>	66 <sup>r</sup>	88 <sup>st</sup>
	20 h	29 <sup>ghijkl</sup>	44 <sup>op</sup>	65 <sup>r</sup>	90 <sup>tu</sup>	100 <sup>u</sup>
	20 h + w.e.	26 <sup>efghij</sup>	45 <sup>op</sup>	63 <sup>qr</sup>	90 <sup>tu</sup>	100 <sup>u</sup>
<b>C</b> Scopolam.	10 min	12 <sup>abc</sup>	15 <sup>abcd</sup>	21 <sup>cdefghi</sup>	29 <sup>ghijk</sup>	42 <sup>mnop</sup>
	30 min	19 <sup>bcdefg</sup>	22 <sup>cdefghi</sup>	32 <sup>ijklmn</sup>	44 <sup>op</sup>	64 <sup>r</sup>
	60 min	25 <sup>defghi</sup>	30 <sup>hijklm</sup>	41 <sup>mnop</sup>	61 <sup>qr</sup>	78 <sup>s</sup>
	120 min	30 <sup>ghijkl</sup>	40 <sup>lmno</sup>	57 <sup>qr</sup>	80 <sup>st</sup>	100 <sup>u</sup>
	20 h	43 <sup>nop</sup>	61 <sup>qr</sup>	81 <sup>st</sup>	100 <sup>u</sup>	100 <sup>u</sup>
	20 h + w.e.	42 <sup>nop</sup>	62 <sup>qr</sup>	81 <sup>st</sup>	100 <sup>u</sup>	100 <sup>u</sup>
<b>A (Témoin)</b>	DCM	80µl/ml			0	
<b>A</b>	Eau	100%			0	

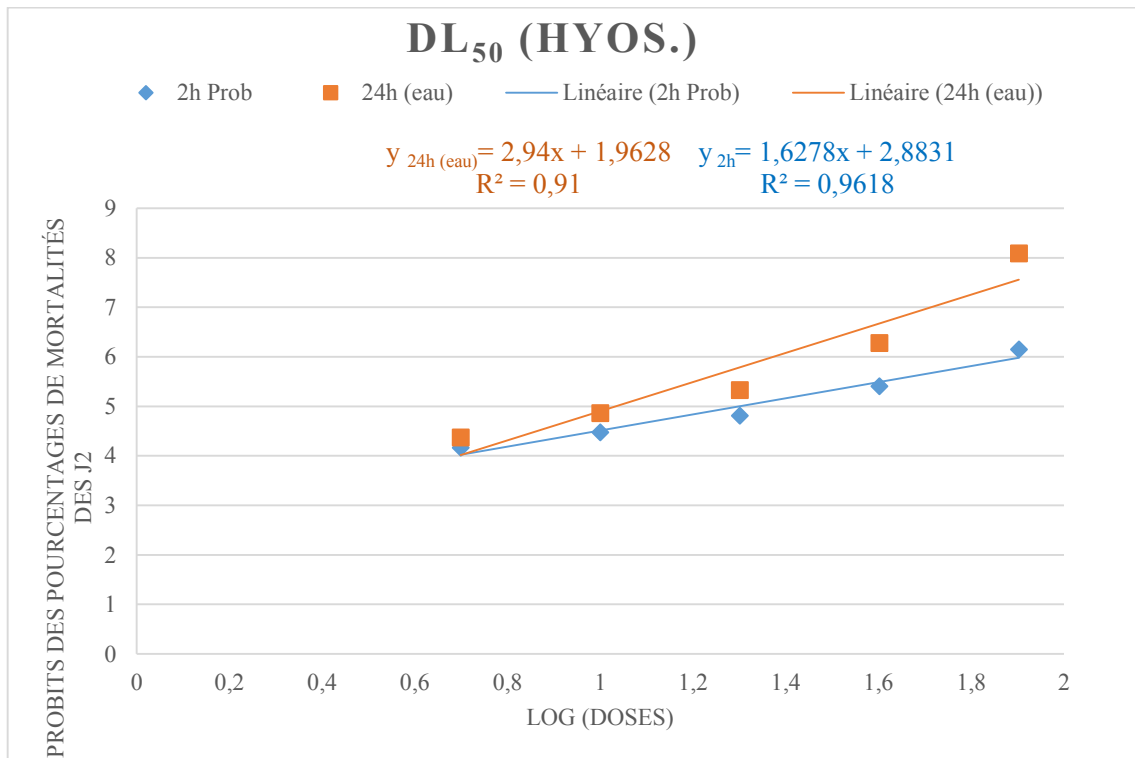
\* L'ensemble de traitement (Molécule + temps d'expositions + concentrations) avec la même lettre majuscule ne sont pas significativement différents. \*\* Les moyens avec la même petite lettre ne sont pas significativement différents entre eux. Selon le test de Tukey à  $p = 0,05$  ( $n = 5$ ). Les moyens écrits en gras sont significativement différents du témoin après 12 jours selon le test de Tukey à  $p < 0,05$  ( $n = 5$ ).

### III. 4. 1. 1. Calcul de la DL<sub>50</sub> et de TL<sub>50</sub>

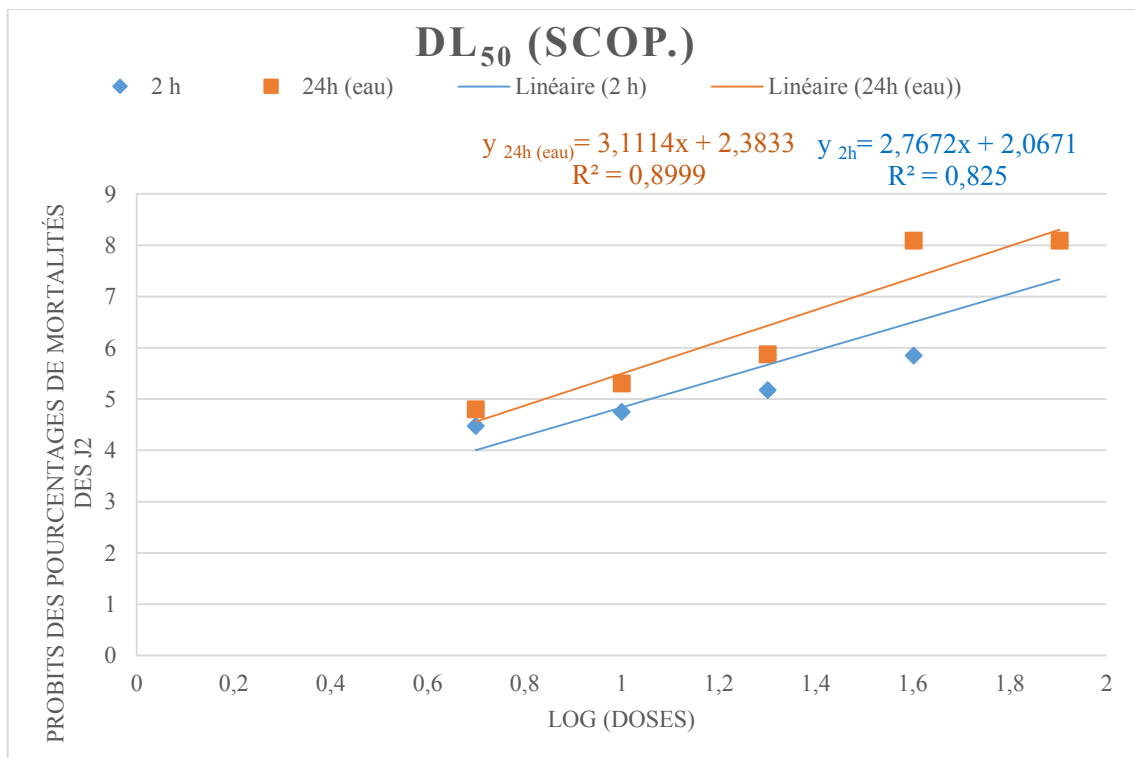
L'efficacité des deux alcaloïdes a été également évaluée par le calcul de la DL<sub>50</sub> représentée à partir des droites de régression. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau (18) et illustrés dans (Fig. 112 et 113). Pour tous les traitements, les valeurs de la DL<sub>50</sub> sont inversement proportionnelles au temps d'exposition. En effet, après 20 heures les concentrations nécessaires pour provoquer une mortalité de 50% sont plus faibles que celles de 2 heures. L'analyse de la DL<sub>50</sub> après 2 heures d'exposition montre que la DL<sub>50</sub> de L'hyoscyamine est inférieure à la concentration moyenne (25 µl) et supérieure à la dose de 5 µl. En effet, à cette concentration le taux de mortalité obtenu ne dépasse pas les 50% après 20 h d'exposition pour les deux molécules testées. Les DL<sub>50</sub> les plus faibles sont notées avec la scopolamine, elles sont de 11,47 µl/ml après 2 h et de 6,93 µl/ml après 20 h de traitement. La DL<sub>50</sub> de l'hyoscyamine après 2 h et 20 h d'exposition est plus forte que les doses testées. Elle révèle les plus fortes valeurs de DL<sub>50</sub> qu'on a pu estimer dans les conditions de notre expérimentation qui sont de 19,97 µl/ml après 2 h et 10,79 µl/ml après 20 heures. La régression du logarithme du temps en fonction des probits permet de déterminer les TL<sub>50</sub> de deux alcaloïdes utilisés avec 40 µl/ml et 80 µl/ml comme concentration. Nous avons noté que la scopolamine est dotée d'un effet choc intéressant. En effet, cette molécule a enregistré un TL<sub>50</sub> inférieurs à 30 min. Aux fortes doses (80 µl/ml) l'effet choc est obtenu avec la scopolamine où elle enregistre le plus faible TL<sub>50</sub> de l'ordre de 16 min et 43 sec. Pour le même taux de mortalité et à la même concentration et dans les conditions de l'expérimentation la scopolamine demande 34 min et 13 sec. 72 min et 38 secondes est la valeur de TL<sub>50</sub> obtenu par l'hyoscyamine avec une dose de 40 µl/ml. Pour le même taux de mortalité et à la même concentration la scopolamine demande 31 min et 54 sec (Fig. 114 et 115).

**Tableau 18 :** DL<sub>50</sub> (µl/ml) et TL<sub>50</sub> de l'effet de l'hyoscyamine de la scopolamine la mortalité des J2s de *M. incognita*.

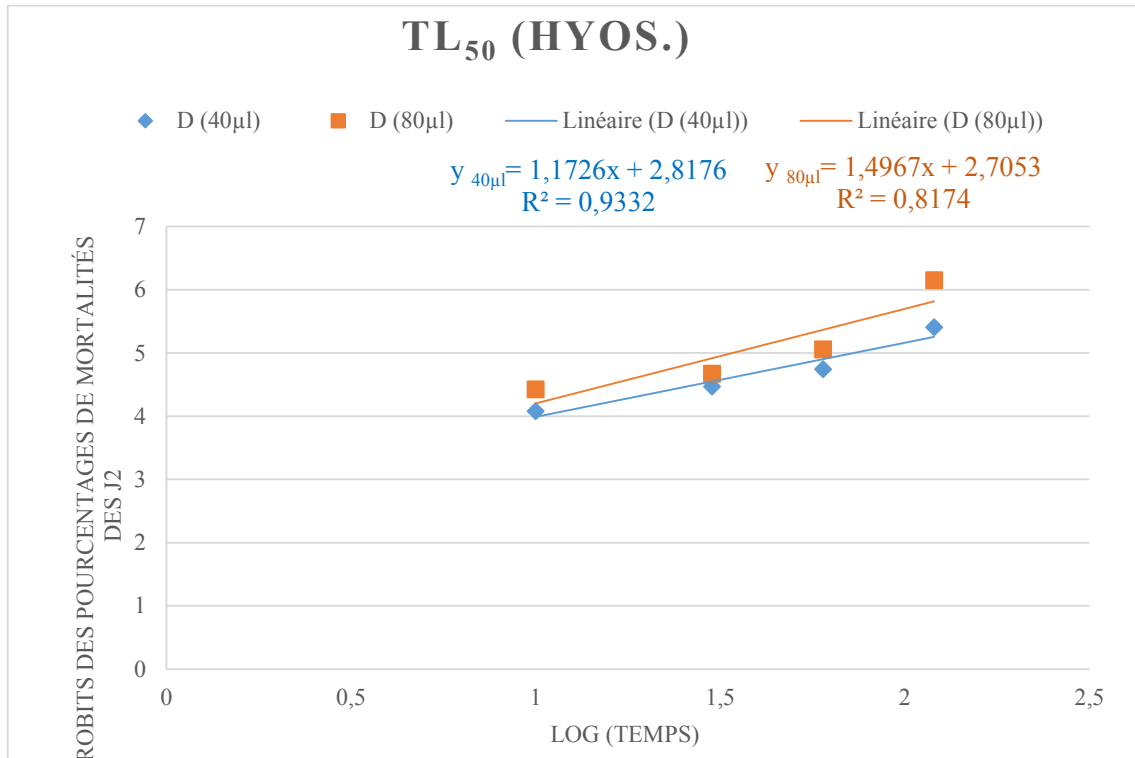
Molécules	DL <sub>50</sub> (µl/ml)		TL <sub>50</sub>	
	2 h	24 h (eau).	40 µl/ml	80 µl/ml
hyoscyamine	19,97 (R <sup>2</sup> = 0,96)	10,79 (R <sup>2</sup> = 0,91)	72 min 38 sec (R <sup>2</sup> = 0,93)	34 min 13 sec (R <sup>2</sup> = 0,81)
scopolamine	11,47 (R <sup>2</sup> = 0,82)	6,93 (R <sup>2</sup> = 0,89)	31 min 54 sec (R <sup>2</sup> = 0,96)	16 min 43 sec (R <sup>2</sup> = 0,77)



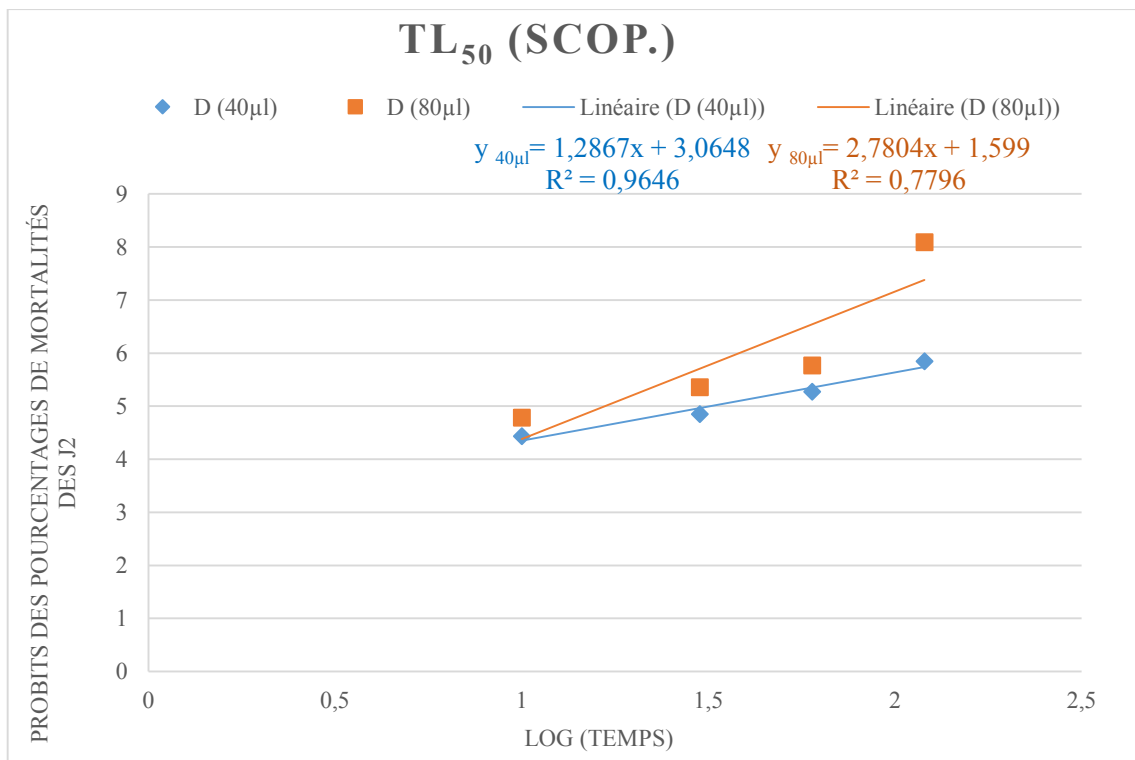
**Figure 112 :** Droite de régression des probits à différentes concentrations utilisées de l'hyoscyamine sur les juvéniles (J2<sub>s</sub>) de *M. incognita*.



**Figure 113 :** Droite de régression des probits à différentes concentrations utilisées de la scopolamine sur les juvéniles (J2<sub>s</sub>) de *M. incognita*



**Figure 114 :** Droite de régression des probits à différents temps d'exposition de l'hyoscyamine sur les juvéniles (J2<sub>s</sub>) de *M. incognita*



**Figure 115 :** Droite de régression des probits à différents temps d'exposition de la scopolamine sur les juvéniles (J2<sub>s</sub>) de *M. incognita*

### III. 4. 2. Effet de l'hyoscyamine et de la scopolamine sur l'éclosion des œufs de *M. incognita*

Les résultats consignés dans le tableau (19) indiquent que les deux alcaloïdes testés aux différentes doses ont fortement inhibé l'éclosion des œufs de *M. incognita*. Le pourcentage d'œufs non éclos après 12 jours d'observation dans le bloc témoin eau et eau à 80 µl/ml dichlorométhane étaient 25% et 28% respectivement. Durant la même période et pour les deux alcaloïdes aux différentes doses testées, le pourcentage d'œufs non éclos dépasse les 58%. Pour tous les extraits, le pourcentage des œufs non éclos a augmenté avec l'augmentation de la concentration d'extrait de 5 µl/ml à 80 µl/ml. Après 12 jours d'observation, l'analyse de la variance basée sur le test de Tukey à  $p < 0,05$  ( $n = 5$ ) montre qu'il y a une différence hautement significative entre les différents traitements aux différentes doses par rapport au témoin et aux dichlorométhane (80µl/ml). Ce même test montre qu'il y a une différence significative entre la scopolamine qui appartient au groupe C et l'hyoscyamine qui appartient au groupe B. Le pourcentage d'œufs non éclos après 12 jours d'observation pour l'hyoscyamine dépasse les 84 % pour 40 µl/ml et 87 % pour 80 µl/ml. En revanche nous relevons un taux d'inhibition respectivement de 89% et 94% pour 40 et 80 µl/ml avec la scopolamine.

**Tableau 19** : Effet de l'hyoscyamine et de la scopolamine sur l'éclosion des œufs de *M. incognita*

Molécules	Temps d'exposition	Œufs non éclos (%)				
		Concentrations				
		5 µl/ml	10 µl/ml	20 µl/ml	40 µl/ml	80 µl/ml
<b>B *</b> Hyoscyam.	1jr	90	92	94	95	98
	2 jr	80	84	89	92	95
	4 jr	72	79	84	89	92
	8jr	64	72	80	87	90
	<b>12 jr</b>	<b>58<sup>a**</sup></b>	<b>67<sup>b</sup></b>	<b>76<sup>cd</sup></b>	<b>84<sup>ef</sup></b>	<b>87<sup>fg</sup></b>
	<b>C</b> Scopolam.	1jr	95	97	98	99
2 jr	86	90	93	95	98	
4 jr	79	85	89	93	96	
8jr	75	81	86	91	95	
<b>12 jr</b>	<b>71<sup>c</sup></b>	<b>78<sup>d</sup></b>	<b>83<sup>e</sup></b>	<b>89<sup>g</sup></b>	<b>94<sup>h</sup></b>	
<b>A</b> Témoin DCM	12 jr	80 µl/ml				25
<b>A</b> Témoin Eau	12 jr	100%				28

\* L'ensemble de traitement (Molécule + temps d'expositions + concentrations) avec la même lettre majuscule ne sont pas significativement différentes. \*\* Les moyens avec la même petite lettre après 12 jours d'observations ne sont pas significativement différents entre eux. Selon le test de Tukey à  $p = 0,05$  ( $n = 5$ ). Les moyens écrits en gras après 12 jours d'observation sont significativement différents du témoin après 12 jours selon le test de Tukey à  $p < 0,05$  ( $n = 5$ ).

### III.4.3. Discussions

Les plantes représentent une source importante de métabolites primaires et secondaires. Les métabolites secondaires végétaux sont d'intérêt majeur à cause de leurs différentes fonctions et de la gamme impressionnante de leurs activités biologiques (L'ECUYER-COELHO, 2000). Parmi les métabolites secondaires végétaux, les alcaloïdes tiennent une place importante. Plus de 27 000 alcaloïdes sont structuralement caractérisés, dont environ 21 000 à partir de plantes (DEWICK, 2009). Les plantes les utilisent pour la plupart d'entre eux dans leur système de défense contre les herbivores (insectes, mollusques et vertébrés), les pathogènes (virus, bactéries et champignons) et les plantes compétitives (WINK, 1993 ; WINK, 1998). Ces alcaloïdes peuvent également être intéressants et importants dans la médecine comme agents pharmaceutiques (WINK, 2008) et dans l'agriculture comme fertilisants biologiques et agents de contrôle dans la protection des plantes (ANISZEWSKI, 2007). Certains alcaloïdes, sont des antibiotiques, mais leurs propriétés peuvent s'étendre à la toxicité envers les animaux (WINK, 2008). Les alcaloïdes tropaniques sont parmi les familles d'alcaloïdes les plus importantes. Ces substances sont isolées à partir de différentes familles de plantes, tels que les *Solanaceae*, *Erythroxulaceae*, *Convolvulaceae*, *Proteaceae*, *Rhizophoraceae* et *Euphorbiaceae*. Dans les *Solanaceae*, ces alcaloïdes sont présents chez différents genres tels que : *Duboisia*, *Atropa*, *Hyoscyamus*, *Scopolia* et *Datura* (HÄKKINEN, 2008). Ce dernier figure parmi les plantes possédant des propriétés thérapeutiques importantes qui sont dues à leurs teneurs élevées en scopolamine, hyoscyamine et atropine (BENHIZIA, 1989 ; BOULLARD, 2001). De point de vue pharmacologique, ces substances montrent une activité anti-muscarinique (inhibition parasymphatique), qui se traduit au niveau périphérique par des effets antispasmodiques sur les systèmes gastro-intestinal et génito-urinaire (CHRISTEN *et al.*, 2007). Elles sont employées, par ailleurs, dans la thérapie humaine et vétérinaire pour les traitements de différentes indications apparentées (ALEXANDER *et al.*, 2008). Les *Datura* peuvent être utilisés comme moyen alternatif pour lutter contre plusieurs ravageurs tels que les insectes et les nématodes ainsi que les pathogènes grâce à leur activité biopesticide (RAMYA *et al.*, 2008 ; SINGHVI *et al.*, 2002 ; SINGHVI *et al.*, 2001 ; DWIVEDI et SHEKHAWAT, 2004 ; TÜRKÜSAY et ONGUR, 1989 ; ANAND et BHASKARAN, 2009) [voir la page , discussion extraits]. Des insecticides issus des plantes sont déjà connus depuis longtemps. Ils ont été développés et commercialisés contre les insectes. C'est le cas du pyrèthre (PHILOGENE *et al.*, 2005). Plusieurs composés à effet nématicide ont été isolés à partir des plantes principalement ceux de la famille des *Asteraceae*, c'est le cas de  $\alpha$ -terthienyl isolé à partir des tagetes qui présente une

très grande efficacité contre les nématodes. Le *D. stramonium* est une espèce riche en alcaloïdes tropaniques méritant d'être valorisée pour la production de l'hyoscyamine et de la scopolamine (HOUMANI *et al.*, 1994). Les principes actifs biologiques de *Datura* responsables des effets pharmacologiques sont principalement l'hyoscyamine (ou son racémique l'atropine) et la scopolamine ou hyoscine (IVANCHEVA *et al.*, 2006). Ces derniers sont employés actuellement dans la thérapie humaine et vétérinaire (ALEXANDER *et al.*, 2008). Après avoir confirmé l'effet nématocides des extraits aqueux et éthanoliques issus des trois espèces de *Datura* (*D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*) in vitro et in vivo, nous voulons passer aux effets des deux principaux alcaloïdes de ces dernières. Cette présente étude nous a permis de mettre en évidence l'activité nématocide des deux principaux alcaloïdes de *Datura spp* (la scopolamine et l'hyoscyamine) sur la mortalité des juvéniles (J<sub>2</sub>) et l'éclosion des œufs de *M. incognita*. En plus de leur intérêt pharmaceutique, l'hyoscyamine et la scopolamine à de fortes doses exercent des effets toxiques sur les humains. Chez les humains l'intoxication avec l'atropine et la scopolamine ainsi que le matériel végétal des *Solanaceae* contenant ce type d'alcaloïdes est dû au blocage parasymphatique (EICK, 2008). Des doses toxiques d'atropine provoquent une delirium ou des hallucinations suivies par le coma et une insuffisance respiratoire. En revanche des faibles doses de scopolamine provoquent l'euphorie, une somnolence, une amnésie et un sommeil sans mouvement oculaire rapide, probablement, en raison de la capacité de cette substance à traverser plus facilement la barrière hémato-encéphalique (BRUST, 2007). A faible dose les effets sont voisins de ceux constatés avec des doses toxiques d'hyoscyamine (GOULLE, 2004). Chez l'adulte, les doses toxiques sont de 5 mg d'atropine et 4 mg de scopolamine (BRUNETON, 2005). Chez l'enfant la dose toxique est évaluée à 0.1 mg/kg pour l'atropine et la scopolamine (soit de 2 à 5g de graines) (BRUNETON, 2005 ; GOULLE, 2004). L'atropine et l'hyoscyamine ont les mêmes activités pharmacologiques. L'hyoscyamine est plus active que l'atropine (PUDERSSELL, 2006 ; SCHMELZER *et al.*, 2008), son activité biologique est 2 à 2.5 fois plus élevée que celle de l'atropine (PUDERSSELL, 2006). La scopolamine est un parasympholytique, comme l'atropine, mais en revanche, au niveau central elle a une action dépressive, sédatrice, hypnotique, amnésiante, potentialisatrice des neuroleptiques et antiparkinsonienne (BRUNETON, 1995). La scopolamine est mieux préférée que l'hyoscyamine pour son activité physiologique plus élevée et ses effets secondaires moindres (HÄKKINEN *et al.*, 2005 ; PALAZON *et al.*, 2008 ; CARDILLO *et al.*, 2008). On estime que la demande du monde en cet alcaloïde est environ 10 fois plus importante que pour l'hyoscyamine et sa forme racémique



l'atropine (PALAZON et al, 2008). Elle est utilisée sous forme d'oxyde bromhydrate ou de scopolamine oxyde (Génoscolamine, Scopoderme) (GINESTES et COUMEL, 2002). La composition des alcaloïdes tropaniques diffère significativement d'une espèce de *Datura* à une autre. Pour le *D. stramonium*, c'est l'hyoscyamine qui prévaut dans la plupart des parties de la plante. A une concentration de 0.2 à 0.5% dans la plante. Ces alcaloïdes sont répartis pour deux tiers d'hyoscyamine et un tiers de scopolamine. Tandis que pour le *D. ferox* le principal alcaloïde produit est la scopolamine. Globalement, il a été montré que les porcs sont parmi les espèces les plus sensibles à l'intoxication par le *Datura*, suivis par les bovins, chevaux et poulet. Par contre les moutons sont plus résistants à la présence d'atropine dans les aliments parce qu'ils synthétisent l'enzyme atropine estérase qui désactive les alcaloïdes (PIVA et PIVA, 2006). Les effets pharmacologiques nocifs chez les porcs consécutivement à une exposition aux graines de *D. ferox* contenant essentiellement de la scopolamine peuvent être totalement exclus aux limites réglementaires en vigueur de 3000 mg/kg. Par contre 1000 mg/kg de *D. stramonium* peuvent présenter un risque pour la santé animale (E.F.S.A, 2008 ; MIRALDI et al., 2011). Pour les solutions pures d'alcaloïdes tropaniques, ABDEL-MOTAAL et al. (2009) en étudiant l'activité antifongique d'hyoscyamine et de scopolamine extraites d'*Hyoscyamus muticus* montre que quarante souches fongiques (y compris *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus oryzae*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*...) sont tolérantes à la scopolamine et sensibles à l'hyoscyamine. Dans une autre étude, ces auteurs ABDEL-MOTAAL et al. (2010) rapportent également que l'activité antifongique de l'hyoscyamine est différente de celle de la scopolamine contre deux majeurs pathogènes du riz : *Magnaporthe oryzae* et *Rhizoctonia solani*. La concentration minimale inhibitrice de l'hyoscyamine est de 1mg/ml pour les deux champignons. Une concentration très élevée de scopolamine (1000 mg/ml) retarde également ou inhibe la germination des conidies de *M. oryzae* dans ces deux études l'activité inhibitrice de l'hyoscyamine est plus importante que celle de la scopolamine vis-à-vis de plusieurs souches fongiques. Ceci diffère de notre étude qui confirme la supériorité d'inhibition de la scopolamine par rapport à l'hyoscyamine vis-à-vis les nématodes à galles *Meloidogyne incognita*. La scopolamine a enregistré les taux les plus forts de la mortalité des J2<sub>s</sub> et de l'inhibition de l'éclosion des œufs. Durant notre expérimentation, l'extrait brut des deux alcaloïdes est testé à différentes concentration de (5, 10, 20, 40 et 80 µl/ml) Sur la mortalité des juvéniles et l'éclosion des œufs de *M. incognita*. Les deux molécules s'avèrent toxiques vis-à-vis les J2<sub>s</sub> et les œufs de *Meloidogyne incognita* mais la scopolamine est plus toxique que l'hyoscyamine. Les juvéniles de *Meloidogyne* sont trempées dans ces solutions avec des

répétitions. Ce modèle nous donne un effet des deux molécules par contacte et par ingestion. Toutefois, nous tenons à préciser que chez les nématodes, le mode d'action des extraits en générale et des alcaloïdes en particulier, reste peu connu et les travaux réalisés dans ce sens sont rares. Certains auteurs émettent l'hypothèse (qu'ils peuvent agir au niveau de système nerveux ou encore perturber la cuticule du nématode en changeant sa perméabilité) de la relative sensibilité des différents groupes de nématodes aux composés chimiques contenus dans les plantes en fonction de la perméabilité de la cuticule. En effet, les molécules ne pouvant avoir accès aux tissus des nématodes pénètrent à travers la cuticule. Cependant, chez les insectes, les mécanismes d'actions sont plus connus et ces extraits peuvent pénétrer dans la cuticule rapidement et interfèrent ainsi avec les fonctions physiologiques (NEGAHBAN *et al.*, 2006).

### III. 5. Etude comparative de deux modes d'applications de 1.3-Dichloropropene dans le contrôle des nématodes à galles sur deux variétés de tomate, de piment et quelques adventices

Notre travail est basé sur un suivi réalisé sur trois micro-parcelles situées dans la région de Zéralda. Cette étude nous a permis d'évaluer le degré de sensibilité et de l'infestation de la culture de la tomate d'arrière-saison en premier lieu puis les piments et quelques plantes adventices comme le chénopode blanc, la morelle noire, la lavatère de crête et le rumex par les nématodes à galles de genre *Meloidogyne*. Cette infestation est mise en évidence par le biais d'un échantillonnage aléatoire de 20 plants pour chaque espèce végétale étudiée et évaluée par un indice de galles.

#### III. 5. 1. Etat d'infestation des trois micro-parcelles

D'après les résultats obtenus dans la 1<sup>ère</sup> micro-parcelle (Tab. 20), nous notons que le pourcentage le plus élevé des plants infestés est enregistré sur la tomate. Le taux d'infestation est de 100 %, avec un indice de galles moyen de 3,25. Sur 20 plants prélevés, sept d'entre eux présentent un indice de galles de 5. Parmi les plants de piments prélevés, nous avons enregistré huit plants infestés donnant ainsi un pourcentage d'infestation de 40 %. L'indice de galles moyen enregistré dans ce cas est de 0,4. La lavatère et la morelle noire sont infestées avec un taux de 30 %. L'indice de galles moyen est de 0,4 %. Le chénopode blanc et le rumex le sont moins infestés ; le pourcentage d'infestation est de 20 % avec un I.G. moyen de 0,2 (Fig. 116). D'après les résultats obtenus dans la 2<sup>ème</sup> micro-parcelle, il apparait que la tomate est infestée à 80 % avec un indice de galles moyen de 2,2. Le piment comme culture associée à la tomate fait ressortir une infestation de 50%. L'indice de galles moyen dans ce cas est de 0,55. Les adventices recensés dans cette parcelle montrent des infestations de l'ordre de 80 % pour la lavatère, 75 % pour la morelle noire suivi par le rumex (50 %) puis le chénopode blanc avec 25%. Les indices de galles moyens sont de 1 pour la lavatère, la morelle noire avec 1,1, le rumex avec 0,55 et 0,25 pour le chénopode blanc (Fig. 117). L'échantillonnage est réalisé sur la troisième micro-parcelle de la même manière que les précédentes. Il est suivi de l'évaluation de l'infestation par des notations sur le nombre de galles trouvées au niveau des racines exprimé en indice de galles. Les résultats obtenus dans la 3<sup>ème</sup> micro-parcelle et mentionnés dans (Tab. 20) font état d'une infestation plus marquée chez la tomate. Le taux d'infestation est de 80 % pour Suzana, la variété Khalida l'est avec 85 %. L'indice de galles moyen est de l'ordre de 2,5 chez Suzana et 1,95 chez Khalida. Pour ce qui est du piment variété Dobarra, l'infestation est de

35 % avec un indice de galles moyen de 0,35. Les plants de mauvaises herbes prélevés nous donnent une infestation de 90 % pour la lavatère, 60 % pour la morelle noire et le rumex suivi par le chénopode blanc avec 35%. Quant aux indices de galles obtenus, la lavatère vient avec 1,25, la morelle noire de 0,85, le rumex de 0,65 et le chénopode blanc avec 0,2 (Fig. 118).

**Tableau 20** : Indice de galles des plants prélevés et pourcentage d'infestation de trois micro-parcelles

1 <sup>ère</sup> micro-parcelle								
Plants	I.G=0	I.G=1	I.G=2	I.G=3	I.G=4	I.G=5	*I.G.m	**% p.i.
Tom. (Suzana)	0	3	6	1	3	7	3.25	100
Pim. (Nile)	12	8	0	0	0	0	0.4	40
L. cretica	14	5	1	0	0	0	0.35	30
R. spinosa	16	4	0	0	0	0	0.2	20
C. album	16	3	1	0	0	0	0.25	20
S. nigrum	14	4	2	0	0	0	0.4	30
2 <sup>ème</sup> micro-parcelle								
Plants	I.G=0	I.G=1	I.G=2	I.G=3	I.G=4	I.G=5	I.G.m	% p.i.
Tom. (Suzana)	4	4	3	4	3	2	2.2	80
Pim. (nille)	10	9	1	0	0	0	0.55	50
L. cretica	4	4	12	0	0	0	1	80
R. spinosa	10	9	1	0	0	0	0.55	50
C. album	15	5	0	0	0	0	0.25	25
S. nigrum	5	10	3	2	0	0	1.1	75
3 <sup>ème</sup> micro-parcelle								
Plants	I.G=0	I.G=1	I.G=2	I.G=3	I.G=4	I.G=5	I.G.m	% p.i.
Tom. (Suzana)	4	3	6	3	3	1	2.5	80
Tom. (Khalida)	3	6	5	2	3	1	1.95	85
Pim. (Dobara)	13	7	0	0	0	0	0.35	35
L. cretica	2	11	7	0	0	0	1.25	90
R. spinosa	8	11	2	0	0	0	0.65	60
C. album	13	7	0	0	0	0	0.35	35
S. nigrum	8	9	2	0	1	0	0.85	60

\* : indice de galles moyen/ \*\* : pourcentage de plants infestés.

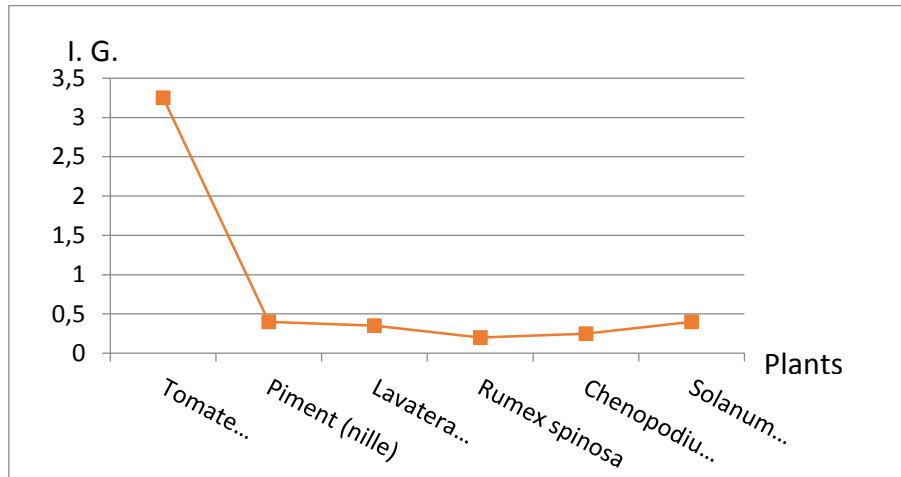


Figure 116 : Etat d'infestation de la première Parcelle

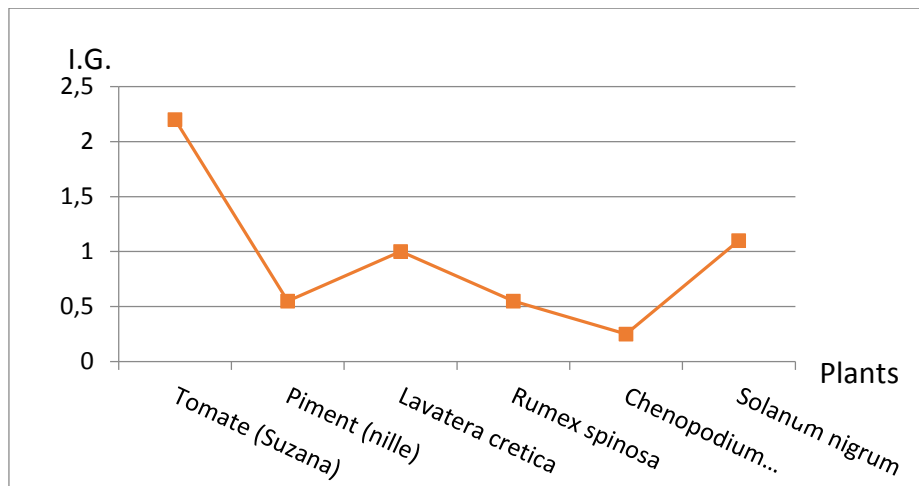


Figure 117 : Etat d'infestation de la deuxième parcelle

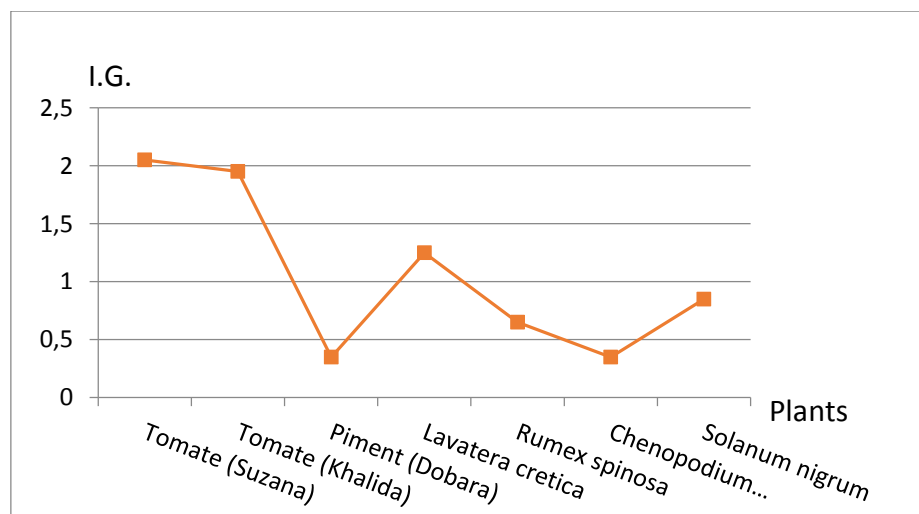


Figure 118 : Etat d'infestation de la troisième parcelle

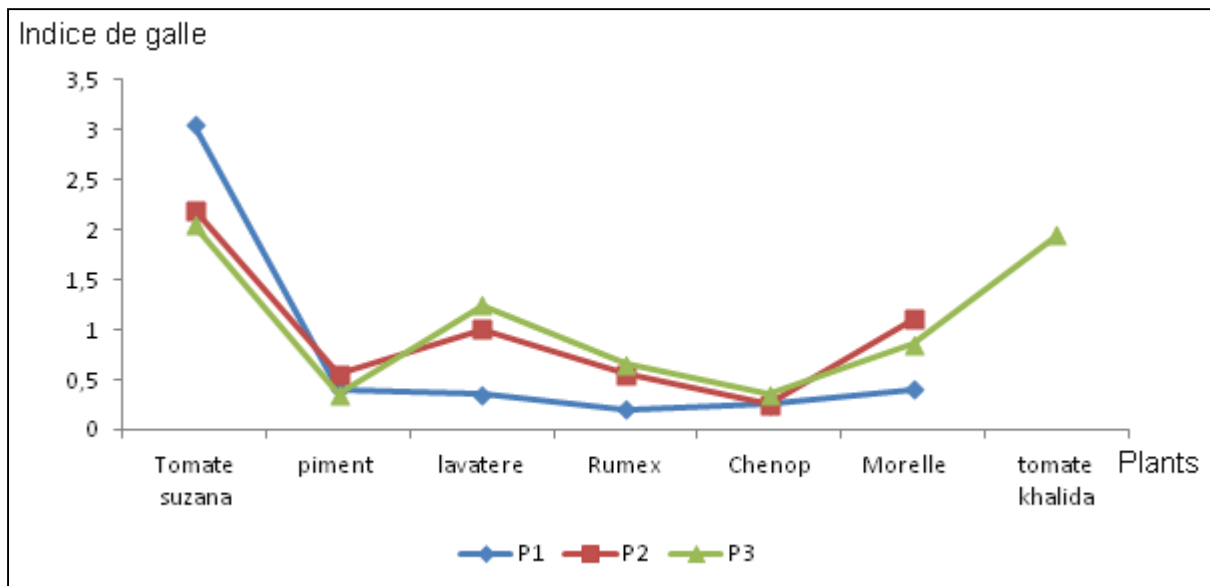
### III. 5. 2. Analyses statistiques

Tous les prélèvements sont répétés vingt fois. Les données recueillies sur les indices de galles observés dans les trois parcelles ont fait l'objet d'analyses statistiques. Les résultats présentés sous forme de courbes, rejoignent le plus souvent les valeurs moyennes avec des écart-types. Ces derniers sont réalisés par le logiciel Excel. Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (traitements, variétés), il est préconisé de réaliser une analyse de la variance par le logiciel « **SYSTAT vers. 12, SPSS 2009 et Excel™** ». Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M). Par exemple, si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces catégories.

Les corrélations existantes entre le degré d'infestation des espèces de plants pris au hasard dans les trois parcelles sont mises en évidence par le coefficient de corrélation. En conditions paramétriques, il s'agit du coefficient  $r$  de Pearson et en conditions non paramétriques, on parle de coefficient rho de Spearman. L'équation de la droite de régression est calculée lorsque les distributions sont en accord avec la normalité et que le coefficient de Pearson est significatif.

#### III. 5. 2. 1. Répartition des *Meloidogyne* et état d'infestation des trois micro-parcelles

La lecture directe des résultats à travers les courbes obtenues montre une répartition identique des populations de *Meloidogyne* dans les trois parcelles quelque soient les variétés cultivées. Les deux variétés de tomate Suzana et Khalida sont les plus infestées par ce parasite. La lavatère de crête et la morelle noire présentent également un degré d'infestation plus élevé par rapport au piment, au Rumex et au chénopode blanc. D'une manière générale, dans la deuxième et la troisième parcelle, la tomate est moins infestée par rapport à la première où la molécule du nématicide utilisé est le 1.3-Dichloropropène injectable (Fumigant par vapeur sans eaux). C'est un produit générique importé de Chine. Le cas contraire est observé chez le piment et les adventices étudiées (lavatère, rumex, chénopode blanc et morelle noire) (Fig. 119).



**Figure 119** : Etat d'infestation des trois parcelles par les *Meloidogyne sp.*

### III. 5. 2. 2. Répartition des *Meloidogyne* par l'analyse de la variance

Le Modèle G.L.M. est appliqué à la répartition des populations de *Meloidogyne* dans les trois parcelles en fonction des espèces végétales prélevées. Deux cultures sont prises en considération à savoir la tomate avec deux variétés (Suzana et Khalida), le piment (Nile et Dobarra) avec quatre espèces de plantes adventices considérées comme résistantes (lavatère, rumex, chénopode et morelle). Les résultats montrent une différence très hautement significatives avec une probabilité (Pr = 0,000). Cependant, aucune différence significative n'est observée en comparant les trois parcelles entre elles en fonction des nématicides utilisés. Il faut noter que la molécule de nématicides est la même (1.3-Dichloropropène) avec un mode d'application différent (Tab. 21).

**Tableau 21** : Modèle G.L.M. appliqué à l'infestation des trois parcelles par les *Meloidogyne*

Source	Somme des carrés	Df	Moyenne carré	F ratio	Pr
3 Parcelles	1.667	1	1.667	1.889	0.170
Traitements (1 <sup>ère</sup> -2 <sup>ème</sup> p)	0.735	1	0.735	0.833	0.362
Espèces végétales	205.491	6	34.248	38.822	0.000
Erreur	234.711	371	0.875		

### III.5.2.3. Evaluation du degré d'infestation des espèces végétales par les nématodes à galles de genre *Meloidogyne* dans chaque parcelle

Pour évaluer le degré d'infestation des espèces végétales existantes dans les trois parcelles par les populations de *Meloidogyne*, nous avons choisi l'analyse de corrélation qui fait ressortir les données enregistrées dans le tableau 22. Sur ce tableau, les valeurs du coefficient de Pearson sont au-dessous de la diagonale. Les probabilités associées sont positionnées au-dessus de celle-ci. Les valeurs relatives aux corrélations entre les indices de galles des espèces végétales dans les trois parcelles apparaissent en gras au-dessous de la ligne de zéro et les probabilités associées apparaissent au-dessus de la ligne de zéro.



A la lecture du tableau (22) relatif aux analyses statistiques sur l'évolution du degré d'infestation, il ressort que les espèces végétales prises dans leur milieu de culture (1<sup>ère</sup> parcelle) ne présentent aucune différence significative. Cela veut dire qu'il n'y a pas d'interaction dans la réaction de ces dernières vis-à-vis des *Meloidogyne*. Dans la deuxième parcelle, les notations de l'indice de galles sur les différentes espèces cultivées et spontanées nous montrent des corrélations positives du rumex et le chénopode avec le piment dont les probabilités sont respectivement ( $Pr = 9,50E-89$  et  $Pr = 0,0025437$ ). De même, une corrélation est obtenue avec le chénopode et la morelle noire comparée au rumex et à la lavatère avec des probabilités ( $Pr = 0,0025437$ ) pour chénopode / rumex et ( $Pr = 0,049444$ ) pour morelle et lavatère. Les corrélations entre les indices de galles des plants dans la troisième parcelle sont nombreuses dont : <sup>(1)</sup> La tomate (Suzana) est corrélée négativement au piment, chénopode blanc et Morelle noire ; les probabilités sont respectivement de ( $Pr = 0,0012623$ ,  $Pr = 0,0012623$  et  $Pr = 0,00019943$ ). <sup>(2)</sup> Le piment est corrélé positivement au chénopode blanc, à la morelle noire et au rumex. Les probabilités respectives sont de ( $Pr = 9,50E-89$ ,  $Pr = 0,0015933$ , et  $Pr = 0,0037851$ ). <sup>(3)</sup> Le piment est corrélé négativement à la variété de tomate (Khalida) dont la probabilité est de ( $Pr = 0,038746$ ). <sup>(4)</sup> Le Rumex est corrélé positivement au chénopode avec une probabilité ( $Pr = 0,037851$ ). <sup>(5)</sup> Le Chénopode est corrélé positivement à la Morelle noire et négativement à la tomate (Khalida). Les probabilités sont respectivement de ( $Pr = 0,0015933$ ,  $Pr = 0,0038746$ ). <sup>(6)</sup> La morelle noire est corrélée négativement à la tomate (Khalida) avec une probabilité de ( $Pr = 0,002394$ ).

**Tableau 22** : Corrélations entre les indices de galles des espèces végétales dans chaque parcelle

1 <sup>ère</sup> micro-parcelle							
	Tomate-S	Piment	Lavaterre	Rumex	Chénopode	Morelle	
Tomate-S	0	0,701	0,268	0,193	0,343	0,171	
Piment	<b>-0,091</b>	0	0,881	0,668	1	0,897	
Lavaterre	<b>0,259</b>	<b>0,035</b>	0	0,189	0,607	0,912	
Rumex	<b>0,303</b>	<b>0,102</b>	<b>-0,305</b>	0	0,32259	0,75212	
Chénopo.	<b>0,223</b>	<b>0</b>	<b>-0,122</b>	<b>0,233</b>	0	0,064	
Morelle	<b>0,318</b>	<b>-0,030</b>	<b>0,026</b>	<b>0,075</b>	<b>0,421</b>	0	
2 <sup>ème</sup> micro-parcelle							
	Tomate-S	Piment	Lavaterre	Rumex	Chénopode	Morelle	
Tomate-S	0	0,126	0,091	0,126	0,766	0,120	
Piment	<b>0,353</b>	0	0,252	9,50E-89*	0,002*	0,659	
Lavaterre	<b>-0,387</b>	<b>-0,268</b>	0	0,252	0,441	0,049*	
Rumex	<b>0,353</b>	<b>1**</b>	<b>-0,268</b>	0	0,002*	0,659	
Chenop	<b>0,070</b>	<b>0,636**</b>	<b>-0,182</b>	<b>0,636**</b>	0	0,785	
Morelle	<b>-0,358</b>	<b>-0,104</b>	<b>0,444**</b>	<b>-0,104</b>	<b>-0,064</b>	0	
3 <sup>ème</sup> micro-parcelle							
	Tom-S	Piment	Lavate.	Rumex	Chénopod.	Morelle	Tomate-K
Tomate-S	0	0,001*	0,774	0,099	0,001*	0,000*	0,185
Piment	<b>-0,668**</b>	0	0,207	0,037*	9,50E-89*	0,001*	0,003*
Lavaterre	<b>-0,068</b>	<b>-0,294</b>	0	0,296	0,207	0,428	0,860
Rumex	<b>0,378</b>	<b>0,467**</b>	<b>0,245</b>	0	0,037*	0,984	0,495
Chénopod.	<b>-0,668**</b>	<b>1**</b>	<b>-0,294</b>	<b>0,467**</b>	0	0,001*	0,003*
Morelle	<b>-0,738**</b>	<b>0,658**</b>	<b>-0,187</b>	<b>-0,004</b>	<b>0,658**</b>	0	0,002*
Tomate-K	<b>-0,308</b>	<b>-0,465**</b>	<b>-0,042</b>	<b>0,161</b>	<b>-0,465**</b>	<b>-0,502**</b>	0

\* : Les probabilités associées apparaissent au-dessus de la ligne de zéro / \*\* : valeurs relatives aux corrélations entre les indices de galles des espèces végétales apparaissent en gras au-dessous de la ligne de zéro /K : variété Khalida/ S : variété Suzana.

### III. 5. 2.4. Evaluation de l'efficacité des traitements appliqués dans les trois parcelles

Dans le tableau ci-dessous (Tab. 23), la tomate (Suzana et Khalida) et la lavatère ne présentent aucune corrélation dans les trois parcelles (P1, P2 et P3). Ce tableau montre une corrélation positive entre le rumex dans la deuxième et la troisième parcelle avec une probabilité

de (Pr = 0,008). La morelle noire dans la première parcelle est corrélée positivement à celle de la troisième parcelle avec une probabilité de (Pr = 0,030). Une corrélation négative entre le piment dans la deuxième parcelle et la troisième avec une probabilité de (Pr = 0,000) contrairement au chénopode dans la première parcelle qui est corrélé positivement au chénopode dans la troisième parcelle (Pr = 0,002).

**Tableau 23** : Corrélation entre les indices de galles de la tomate, la lavatère, le rumex, la morelle, le piment et le chénopode dans les trois parcelles

corrélation entre les indices de galles de la tomate et de la lavatère.							
	To. S-P1	To. S-P2	To. S-P3	To. K-P3	Lav. P1	Lav. P2	Lav. P3
To. S-P1	0	0,467	0,130	0,212	/	/	/
To. S-P2	<b>0,172</b>	0	0,549	0,576	/	/	/
To. S-P3	<b>-0,350</b>	<b>0,142</b>	0	0,185	/	/	/
To. K-P3	<b>-0,248</b>	<b>0,132</b>	<b>-0,308</b>	0	/	/	/
Lav. P1	/	/	/	/	0	0,561	0,296
Lav. P2	/	/	/	/	<b>0,138</b>	0	0,593
Lav. P3	/	/	/	/	<b>-0,246</b>	<b>0,127</b>	0
corrélation entre les indices de galles du rumex et de la morelle noire.							
	Rum. P1	Rum. P2	Rum. P3	Mor. P1	Mor. P2	Mor. P3	
Rumex-P1	0	0,859	0,581	/	/	/	
Rumex-P2	<b>-0,042</b>	0	0,008*	/	/	/	
Rumex-P3	<b>-0,131</b>	<b>0,570**</b>	0	/	/	/	
Mor. P1	/	/	/	0	0,313	0,030*	
Mor. P2	/	/	/	<b>-0,237</b>	0	0,241	
Mor. P3	/	/	/	<b>0,485**</b>	<b>-0,274</b>	0	
corrélation entre les indices de galles de piment et de chénopode							
	Pim. N-P1	Pim. N-P2	Pim. D-P3	Chén. P1	Chén. P2	Chén. P3	
Pim. N-P1	0	0,662	0,857	/	/	/	
Pim. N-P2	<b>0,103</b>	0	0,000*	/	/	/	
Pim. D-P3	<b>0,042</b>	<b>-0,684**</b>	0	/	/	/	
Chén. P1	/	/	/	0	0,251	0,002*	
Chén. P2	/	/	/	<b>-0,269</b>	0	0,062	
Chén. P3	/	/	/	<b>0,6353**</b>	<b>-0,423</b>	0	

\* : Les probabilités associées apparaissent au-dessus de la ligne de zéro / \*\* : valeurs relatives aux corrélations entre les indices de galles des espèces végétales apparaissent en gras au-dessous de la ligne de zéro / K : variété Khalida/ S : variété Suzana / P : parcelle / N : variété Nile / D : variété Dobara.

### III.5.3. Discussions

Pratiquement pour toutes les parcelles d'étude, les *Meloidogyne* sont présents. En effet, quel que soit le nématicide utilisé ou la variété cultivée, le taux d'infestation est relativement élevé. Les deux variétés de tomate Suzana et Khalida sont les plus infestés par ce parasite. La lavatère de crête et la Morelle noire présentent également un degré d'infestation plus élevé par rapport au piment, rumex et au chénopode blanc.

MOKABLI (1998), a remarqué une très forte agressivité des nématodes à galles de genre *Meloidogyne* chez la tomate, espèce considérée comme étant plus sensible par rapport au piment qui est peu sensible. DZHURAEVA (1997), a signalé une infestation de quelques adventices dans un champ de tomate par les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*, dont l'infestation de la tomate est la plus élevée suivie par la morelle noire, le liseron des champs et le chénopode blanc. Dans une étude comparative entre l'état d'infestation et la reproduction des *Meloidogyne* sur le chénopode blanc et le séneçon vulgaire (*Senecio vulgaris*), BELAIR et al (2005), a montré que le chénopode blanc a soutenu une nodulation faible et une reproduction réduite. Par contre, des nodules sont observés sur les racines du séneçon vulgaire mais sans aucune reproduction mesurable.

Chez les solanacées des gènes majeurs de résistance sont identifiés (gènes *Mi* chez la tomate, gènes *Me* chez le piment), qui contrôle les trois espèces prédominantes de nématodes à galles (*Meloidogyne arenaria*, *M. incognita*, *M. javanica*) (CASTAGNONE-SERENO et DJIAN-CAPORALINO., 2011), Selon (HENDY et al., 1983), cinq de ces gènes sont détectés chez le genre *Capsicum*. Par contre chez la tomate, neuf gènes de résistances sont connus à ce jour (*Mi-1* à *Mi-9*), mais seul *Mi-1* est disponible dans les variétés commercialisées. Les travaux actuels conduits par les sélectionneurs concernant essentiellement le gène *Mi-3* (CASTAGNONE-SERENO et DJIAN-CAPORALINO., 2011).

La résistance génétique de la tomate peut être inhibée à une haute température des sols. Par contre, les hautes températures du sol n'ont aucun effet sur la résistance du piment vis-à-vis les nématodes à galles de genre *Meloidogyne*. Avec des températures du sol élevées dans la région de Zéralda pendant la période de la culture de la tomate d'arrière-saison (30 à 33° C à 15 cm de profondeur et 27 à 32° C à 50 cm de profondeur), l'activité du seul gène de résistance de la tomate contre les *Meloidogyne* peut être inhibée. Selon CASTAGNONE-SERENO (2002), Certains gènes de résistance perdent leur efficacité lorsque la température du sol

dépasse 30° C, et c'est le cas du gène *Mi-1* de la tomate. Par contre, les gènes *Me-1* et *Me-3* du piment ne sont pas affectés par des températures élevées (DJIAN-CAPORALINO, 1999 ; CASTAGNONE-SERENO, 2002)

L'état d'infestation des trois parcelles en fonction des espèces existantes, tomate (Suzana et Khalida), piment (Nille et Dobarra) et quatre plantes adventices (lavatère de crête, rumex, chénopode blanc et morelle noire) montre une différence très hautement significative avec une probabilité de zéro ( $Pr = 0,000$ ). Cependant, les différences sont non significatives pour les traitements nématicides appliqués entre les trois. Le taux d'infestation est élevé dans les trois parcelles étudiées. On peut justifier la différence non significative entre les trois parcelles et les forts taux d'infestation par :

1- L'utilisation d'un produit nématicide (fumigant vapeur générique) dans la première parcelle dans un sol à fraction sableuse dominante riche en micro et macroporosité. Le sol n'est pas recouvert par un film plastique afin de réduire les pertes du produit injecté par évaporation.

2- À partir de juin, la température du sol est trop élevée faisant état d'une migration verticale des nématodes présents dans le sol à une profondeur importante. Les possibilités de ré-infestations des sols peuvent s'accroître.

3- L'utilisation d'un produit nématicide liquide dans la troisième parcelle trois semaines avant l'installation de la culture sans couvrir la parcelle par un film plastique favorise l'évaporation des produits facilement et provoque la germination des adventices qui peuvent héberger les nématodes à galles de genre *Meloidogyne*.

Pour la première parcelle, les résultats ne montrent aucune relation entre l'état d'infestation des espèces végétales étudiées. Par contre dans la deuxième et la troisième parcelle traitées par le nématicide fumigant 1.3- Dichloropropène (EC) concentré émulsifiable utilisé est d'origine *Dow Agroscience* (produit d'origine), les deux variétés de tomate (Suzana et Khalida) réagissent différemment du piment et des adventices rencontrées. Ces résultats nous indiquent que l'augmentation de l'état d'infestation du piment et des adventices dans les deux dernières parcelles nous donne obligatoirement une infestation marquée de la tomate. Cette dernière est considérée comme plante hôte primaire les autres sont infestées secondairement. Cette situation de deux cultures associées (tomate-piment) nous confirme la sensibilité de la tomate par rapport au piment vis-à-vis des *Meloidogyne*. Dans cette étude, nous avons pu

constater que la biomasse de nématode est très importante pour enregistrer des indices de galles faibles sur piment avec les adventices. Suite à la résistance du piment au *Meloidogyne*, la réaction d'hypersensibilité est beaucoup plus marquée chez la tomate.

Dans les trois parcelles prospectées situées à Zéralda, la comparaison entre les deux variétés de tomate Khalida et Suzana cultivées dans les mêmes conditions ont réagi de la même manière vis-à-vis des attaques de *Meloidogyne*. Le modèle statistique se basant sur la corrélation ne donne aucune différence significative entre les variétés de tomate cultivées dans les trois parcelles.

Dans ce cas nous parlons de la résistance génétique. Les résultats de la présente étude ne donnent aucune différence significative entre les deux variétés de tomate dans les trois parcelles. Les deux variétés sont sensibles aux *Meloidogyne*. Ce qui explique le phénomène de virulence des pathotypes de *Meloidogyne* existants ou une inhibition du gène de résistance par les hautes températures enregistrées dans notre cas. CASTAGNONE-SERENO (2002), a mentionné qu'il existe un phénomène de contournement de la résistance chez la tomate due à l'apparition des races virulentes de *Meloidogyne* contre le seul gène de résistance de toutes les variétés de la tomate. Il a démontré également l'inhibition de l'activité de ce gène à une température de sol supérieure à 30° C.

Une corrélation négative est enregistrée entre les deux variétés de piment dans les mêmes conditions de culture. La deuxième et la troisième parcelle traitées par le nématicide 1.3-Dichloropropène (EC) avec une probabilité de ( $P_r=0,000$ ) montre une sensibilité légère de la variété Dobara (I.G moyen de 0,35 et 35 % des plants infestés). La variété Nile donne un indice de galles moyen de 0.55 avec 55 % d'infestation des plants est beaucoup plus sensible par rapport à la première. Selon HENDY *et al.*, (1983), cinq de ces gènes sont détectés chez les espèces de genre *Capsicum*. (CASTAGNONE-SERENO *et al.*, 2001) ont mentionné dans un travail détaillé sur les interactions entre populations de nématodes et plantes résistantes ont permis de mettre en évidence la spécificité de caractère de virulence. En effet une population virulente vis-à-vis d'un gène de résistance donné ne peut pas se développer sur une plante porteuse d'un autre gène de résistance, qu'elle appartienne à la même espèce végétale ou non. Ces mêmes auteurs ont signalé que les nématodes virulents vis-à-vis du gène *Me-3* du piment ne sont pas capables d'infester des piments porteurs du gène *Me-1*. Durant notre expérimentation, l'enquête nous a permis d'identifier une seule molécule de nématicide utilisé. Il s'agit de 1.3-Dichloropropène fumigant injectable appliqué par des pals injecteurs à effet de

gaz ou la même molécule en concentré émulsifiable (EC) appliquée avec le système d'irrigation gouttes à gouttes. Le même effet de gaz caractérise la deuxième formulation. Les résultats obtenus nous révèlent que la variété de tomate (Suzana) ne présente aucune corrélation dans les trois parcelles (P1, P2 et P3). Elle réagit de la même manière quel que soit la méthode d'application du nématocide utilisé. Certes la molécule n'a pas les mêmes origines mais les effets sont les mêmes dans les trois parcelles. Les mêmes résultats de la réaction de la variété de piment cultivé variété Nile sont obtenus dans les deux premières parcelles.

# **Conclusion générale**

---



### Conclusion générale

Notre étude est orientée sur les aspects de développement des nématodes à galles du genre *Meloidogyne*. Un intérêt particulier est accordé à l'investigation sur le terrain dans différentes régions à vocation maraîchère du pays. Nous avons procédé à qualifier les infestations des régions selon le degré des attaques des cultures, pour traiter après les aspects liés à la gestion de ces bioagresseurs telluriques.

L'échantillonnage basé sur la notion de l'indice de galle et l'indice de vigueur nous a permis d'évaluer l'état d'infestation de la tomate sous serre dans des régions. Les degrés d'infestation sont beaucoup plus élevés au littoral par rapport aux autres régions. En effet, sur 531 serres étudiées au littoral, 59.51% sont infestées. Dans les régions du sud de Oued Souf et Biskra, nous avons obtenu 37.70% de serres infestées sur 497 serres visitées.

L'analyse des résultats de l'échantillonnage montre effectivement qu'il existe une série de facteurs qui déterminent l'agressivité des *Meloidogyne* sur la tomate sous serres. Plusieurs facteurs ont été étudié tel que la variété cultivé, l'âge de la serre, le précédent cultural, le nématicide utilisé et le type de sol. L'infestation da la tomate sous serre par les *Meloidogyne* est beaucoup plus importante dans les serres âgées que celles récemment installées. Vue l'importance de la gamme d'hôte de *Meloidogyne*. Toutes les familles botaniques combinées dans un cadre de rotation étudiées peuvent héberger et multiplier les populations de *Meloidogyne*. Les plus forts pourcentages d'infestation correspondent aux précédents suivants : tomate associée précédée par la fraise et la courgette précédée par la tomate. Plusieurs variétés de la tomate sont incluses dans cette étude. Elles sont toutes des hybrides et constituent un facteur important dans la multiplication des *Meloidogyne*. La matière organique (Azote et carbone) semble présenter des avantages considérables sur le développement de *Meloidogyne*. Par contre, Le  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Na}^+$  peuvent avoir un effet négatif sur la multiplication et le développement de nématodes. Les sols neutres ou plus au moins acides favorisent le développement et la multiplication des nématodes. Par ailleurs, les sols caractérisés par un pH basique sont considérés comme sols non favorables au développement de nématodes à galle de genre *Meloidogyne*. Les nématodes sont présents quel que soit le type de sol. Les sols de type argilo-limoneux et limono- sableux sont les moins infestés suivis par les sols de type limoneux et sablo-limoneux. Cependant, les dégâts les plus importants sont causés par les *Meloidogyne* sur les racines de la tomate dans les sols sableux. Les *Meloidogyne* ont des effets importants

sur la partie aérienne des plantes de la tomate. De ce fait, une corrélation négative très hautement significative est enregistrée entre l'indice de vigueur et l'indice de galles.

L'étude menée sur la recherche de méthodes alternatives aux produits chimiques qui reste le moyen le plus utilisé nous a conduit à évaluer les effets toxiques de quelques plantes adventices qui abondent au voisinage de nos cultures légumières, l'arboriculture fruitière et les grandes cultures contre les nématodes à galles. L'analyse a porté d'une part sur leur action dans la régulation des infestations des racines par les larves des *Meloidogyne spp* et dans le contrôle du développement des femelles et leurs fécondités d'autre part. Ce travail est réalisé in vivo dans la serre de nématologie. Nous sommes intéressés à trois espèces de *Datura*, *Datura stramonium*, *Datura tatula* et *Datura innoxia* dans le but de sélectionner des plantes nématicides susceptibles d'être utilisées dans un cadre de lutte raisonnée.

Les essais menés pendant huit semaines après l'inoculation des 2000 J2<sub>s</sub>/pot, ont donné des résultats positifs pour toutes les espèces de *Datura* (I.G = 0) par rapport à un bloc témoin représenté par la tomate variété Susana qui a atteint un (I.G) = 8. Pour confirmer ces résultats, nous avons suivi des techniques d'extraction à partir du sol et des racines. Après observation et comptage des larves, nous avons trouvé 15666 larves par 1 Kg de sol et 732 larves par 5 g de racine dans le bloc témoin de tomate. Pour les trois espèces de *Datura* les résultats sont nuls.

Après avoir confirmé la propriété nématicide présente dans les trois espèces de *Datura*, nous avons tenté d'évaluer l'efficacité de leurs extraits sur la mortalité des juvéniles, le potentiel d'éclosion des œufs in vitro d'une part et sur le développement des larves de *Meloidogyne incognita* in vivo d'autre part. Dix-huit extraits sont préparés à base de trois espèces de *Datura* (*D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*). Les 3 parties végétales feuilles, racines et mélange de feuilles, racines et graines avec 2 solvants ; extraits aqueux et éthanoliques sont utilisées. Nous avons utilisé des concentrations de 6,25%, 12,5%, 25%, 50% et 100%. En général, les extraits éthanoliques sont significativement plus efficace que les extraits aqueux. Les extraits des feuilles et de mélange sont plus efficaces que ceux des racines. L'extrait éthanolique de mélange de *D. innoxia* présente les plus grands pourcentages de mortalité des J2<sub>s</sub> par rapport aux autres extraits avec toutes les concentrations testées, suivi par l'extrait éthanolique issu des feuilles de *D. innoxia* et les extraits éthanoliques issus des feuilles et de mélanges de *D. tatula* et *D. stramonium*. Après avoir lavé et inoculé les J2<sub>s</sub> dans l'eau pendant 24 h, toutes les J2<sub>s</sub> traitées auparavant par des extraits éthanoliques de différentes parties des trois *Datura* à une dose de 100 % sont restées inactives pour être considérées mortes. Le même pourcentage de mortalité

est obtenu (100 %) avec les extraits aqueux des feuilles et de mélange de *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*.

Les valeurs de  $DL_{50}$  variaient de 36.6 mg/ml pour l'extrait éthanolique de mélange de *D. innoxia* à 486 mg/ml pour extrait aqueux des racines de *D. stramonium*. 113 mg/ml est la  $DL_{50}$  la plus élevées de tous les extraits éthanoliques, elle est obtenue par l'extrait éthanolique des racines de *D. stramonium*. La  $DL_{50}$  la plus faible de tous les extraits aqueux est de 114 mg/ml obtenue par l'extrait aqueux de mélange *D. innoxia*. Nous avons noté que les extraits de différentes parties de trois *Datura* sont dotés d'un effet choc intéressant. Aux trois doses 100%, 50% et 25%, les différentes  $TL_{50}$  obtenus pour tous les extraits ne dépassent pas les 20 heures. Les valeurs de  $TL_{50}$  enregistrées par les différents extraits éthanoliques ne dépassent pas 2 heures. Les  $TL_{50}$  les plus élevés sont enregistrés par les extraits aqueux des racines de trois *Datura*. Le temps de 7 min et 42 sec est la valeur la plus petite. Elle est obtenue avec l'extrait éthanolique de mélange de *D. innoxia* aux fortes doses (100%) suivi par l'extrait éthanolique de mélange de *D. stramonium* avec un  $TL_{50}$  de 9 min et 38 sec et l'extrait éthanolique des feuilles de *D. innoxia* avec un  $TL_{50}$  avec 9 min et 49 sec.

Les extraits éthanoliques et aqueux de toutes les parties de trois *Datura* ont fortement inhibé l'éclosion des œufs de *M. incognita*. Le pourcentage des œufs non éclos a augmenté avec l'augmentation de la concentration d'extrait de 6.25% à 100%. Les extraits des feuilles et des mélanges des différentes espèces de *Datura* sont significativement plus efficaces que les extraits de racines. Le pourcentage d'œufs non éclos après 12 jours d'observation dans le bloc témoin eau et eau à 2% DMSO est de 30% et 31% respectivement. Aux fortes dose, le pourcentage d'œufs non éclos durant la même période d'observation varie de 69% pour l'extraits aqueux des racines de *D. stramonium* jusqu'à 91% pour l'extrait éthanolique de mélange de *D. tatula*.

Aux différentes concentrations, Les extraits éthanoliques issus de mélange de trois *Datura* ont considérablement réduit la reproduction de *M. incognita* sur les racines de tomate. L'efficacité de *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* vis-à-vis le développement des *M. incognita* est évaluée huit semaines après l'inoculation des nématodes. Aux fortes doses (3 ml), l'indice de galles de racines de la tomate est considérablement réduit par les trois *Datura*. L'indice de galles moyen est de 5 dans le bloc traité par *D. stramonium* et 4,7 dans ceux traités par *D. innoxia* et *D. tatula*. Les trois traitements sont significativement différents comparé à l'indice de galles moyen du bloc témoin (6,2). Le nombre inférieur de  $J2_s$  et d'œufs est relevé

par les doses les plus élevées de *D. innoxia* et *D. tatula*. Le nombre de J2<sub>s</sub> pour *D. innoxia* et *D. tatula* est de 10500 et 8900 comparativement à 49 500 dans le bloc témoin. Le nombre d'œufs est de 68000 et 74500 pour *D. innoxia* et *D. tatula* et de 220000 dans le témoin. Ces chiffres représentent une réduction des J2 et des œufs de 79% et 69% pour *D. innoxia* et 82% et 66% pour *D. tatula*, respectivement.

Suivant la même méthodologie de travail, nous avons évalué l'efficacité de l'hyoscyamine et de la scopolamine de *Datura* sur la mortalité des juvéniles et l'éclosion des œufs de *M. incognita* in vitro. Les doses utilisées sont de 5, 10, 20, 40 et 80 µl/ml sur la base d'une solution mère des deux molécules titrées à 16 mg/ml de solvant (dichlorométhane). La scopolamine présente les plus grands pourcentages de mortalité de J2<sub>s</sub> par rapport à l'hyoscyamine avec toutes les concentrations testées. Le taux maximal de mortalité est enregistré lorsque la dose s'accroît et durant la période d'exposition la plus longue. A une concentration de 40 µl et après une période d'exposition de 20 heures, les pourcentages de mortalité sont de 100% pour la scopolamine et atteignent 90% pour l'hyoscyamine. Ainsi avec cette même concentration et après un lavage et incubation de J2<sub>s</sub> dans l'eau, les taux de mortalité enregistrés sont restés les mêmes (100% pour la scopolamine et de 90% pour l'hyoscyamine). Aux fortes concentrations (80 µl/ml), la scopolamine atteint 100% de mortalité 2 h après les traitements. Aux mêmes doses et pour le même temps d'exposition, la mortalité causée par l'hyoscyamine ne dépasse pas 88% avant qu'elle atteigne 100% après 20 h d'observation.

L'analyse de la DL<sub>50</sub> après 2 heures d'exposition montre que la DL<sub>50</sub> de l'hyoscyamine est inférieure à la concentration moyenne (20 µl) et supérieure à la dose de 5 µl. Les DL<sub>50</sub> les plus faibles sont notées avec la scopolamine, elles sont de 11,47 µl/ml après 2 h et de 6,93 µl/ml après 20 h de traitement. L'hyoscyamine révèle les plus fortes valeurs de DL<sub>50</sub> qu'on a pu estimer dans les conditions de notre expérimentation qui sont de 19,97 µl/ml après 2 h et 10,79 µl/ml après 20 heures. La scopolamine est dotée d'un effet choc intéressant. Aux fortes doses (80 µl/ml). Cet effet est obtenu avec la scopolamine où elle enregistre le plus faible TL<sub>50</sub> de l'ordre de 16 min et 43 sec. Pour le même taux de mortalité et à la même concentration et dans les conditions de l'expérimentation la scopolamine demande 34 min et 13 sec.

Les deux alcaloïdes testés aux différentes doses ont fortement inhibé l'éclosion des œufs de *M. incognita*. Le pourcentage d'œufs non éclos après 12 jours d'observation dans le bloc témoin eau et eau à 80 µl/ml dichlorométhane est de 25% et 28% respectivement. Pour les deux molécules, le pourcentage des œufs non éclos a augmenté avec l'augmentation de la

concentration d'extrait de 5 µl/ml à 80 µl/ml. Les pourcentages d'inhibition les plus élevés sont enregistrés par la scopolamine. Nous relevons un taux d'inhibition de 89% et 94% pour 40 et 80 µl/ml. Le pourcentage d'œufs non éclos après 12 jours d'observation pour l'hyoscyamine dépasse les 84 % pour 40 µl/ml et 87 % pour 80 µl/ml.

La dernière partie de cette étude illustre l'agressivité de *Meloidogyne* à l'égard de la culture de la tomate d'arrière-saison associée au piment ainsi que quatre adventices dominantes ; (la morelle noire, le rumex, la lavatère de crête et le chénopode blanc) dans trois parcelles de la région de Zéralda. Le nématicide utilisé (1.3-Dichloropropène) sous deux formes ; fumigant vapeur injectable et fumigant en EC. utilisé avec le goutte à goutte a presque les mêmes effets sur les *Meloidogyne*. Les résultats obtenus montrent que la mauvaise application des techniques culturales accompagnées d'une mauvaise application des traitements nématicides justifient l'infestation massive des terres agricoles par les *Meloidogyne*. Le prélèvement d'un nombre de vingt plants pour chaque espèce étudiée suivi d'une notation de l'indice de galles au niveau des racines confirment la forte infestation des trois parcelles.

Toutes les variétés maraîchères cultivées sur les trois parcelles étudiées constituent des plantes hôtes pour les *Meloidogyne*. Toutefois, il apparaît que les deux variétés de la tomate Suzana et Khalida sont extrêmement sensibles aux attaques des *Meloidogyne* et ne présentent aucune résistance vis-à-vis des nématodes à galles. En effet, l'infestation est supérieure à 80 % avec un indice de galles moyen de 2 à 3,25. Aucune différence significative n'est enregistrée dans cette comparaison. Les deux variétés de piment Dobara et Nile sont peu sensibles ; la variété Dobara semble avoir une résistance marquée par rapport à la première. Les résultats montrent des indices de galles variant entre 0,35 et 0,55 avec un pourcentage d'infestation allant de 35 à 50 %. Une différence significative est obtenue entre les deux variétés de piment à une probabilité de 0,0008 et une corrélation négative de - 0,68. Les adventices concernés par cette étude ont montré également une sensibilité aux *Meloidogyne* malgré l'obtention d'un indice de galles moyen inférieur à 1,5. Le classement nous donne une sensibilité supérieure de la lavatère de crête et la morelle noire. Par ailleurs le rumex et le chénopode blanc se sont montrés plus résistants que les deux premières. L'infestation peut être beaucoup plus importante suite à une biomasse de juvéniles de *Meloidogyne* dans le sol avec une culture sensible telle que la tomate. La gestion des problèmes liés aux nématodes des cultures repose sur un principe d'une maîtrise des techniques culturales en combinaison avec les autres méthodes de lutte dans le cadre d'une lutte raisonnée ou intégrée.

Notre travail nous laisse également conclure que l'utilisation des *Datura* en plein champ, et sous serres comme culture intercalaire en rotation assolements ou bien en engrais verts est une méthode facile pour gérer le développement des nématodes à galles du genre *Meloidogyne*. Dans le cadre de la recherche fondamentale, le transfert du gène responsable de la synthèse des métabolites secondaires (alcaloïdes) est possible pour l'obtention de variétés ayant des propriétés de résister d'avantage aux nématodes phytoparasites (rôle des biotechnologies).

En perspectives, ce travail nécessite d'être poursuivi avec d'autres espèces de nématodes sur les *Heterodera* et les *Globodera* in vitro avec des extraits aqueux et éthanoliques. Beaucoup de tests peuvent se succéder pour confirmer les résultats obtenus avec des essais similaires in vivo.

**Références**

---

**bibliographiques**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **ABDEL-MOTAAL F.F., EL-ZAYAT S.A., KOSAKA Y., EL-SAYED M.A., KASHIMA R., MAEDA Y., NASSAR M.S.M. and ITO S., 2010** – Antifungal activities of hyoscyamine and scopolamine against two major rice pathogens: *Magnaporthe oryzae* and *Rhizoctonia solani*. *Journal of General Plant Pathology*, 76 (2) :102-111.
2. **ABDEL-MOTAAL F.F., NASSAR M.S.M. and EL-ZAYAT S.A., 2009** – Responses of fungi to tropane alkaloids produced by a medicinal plant *Hyoscyamus muticus* (Egyptian Henbane). *Folia Microbiologica (Praha)*, 54 (3): 207-212.
3. **ADABIO., 2004** – Pomme de terre (solanacées). Fiche technique en agriculture biologique. ACTA.In  
<http://www.civambio33.chezalice.fr/civambio33/documentation/fichesTKmaraichage/FT>.
4. **AGRIOS G., 2005** – *Plant pathology*. Ed. Elsevier Academic Press (5), New York, 922p.
5. **AGUDELO P. A., LEWIS S. A. and ABRIL M. A., 2006** – First report of root knot nematode *Meloidogyne javanica* on *chrysanthemum* in Colombia. *Plant disease*, 90: 828.
6. **AHMED M. S., MUKHTAR T. and AHMED R., 2004** – Some studies on the control of nematode (*Tylenchulus semipenetrans*) by leaf extracts of three plants and their effects on plant growth variables. *Asian Journal of Plant Science*, 2 (5): 544-548.
7. **ALAM M. M., 1986** – Possible use of weeds as soil amendment for the management of root-knot and stunt nematodes attacking egg plant. *Agricultural wastes*, 16(2): 97-102.
8. **ALAM M. M., KHAN A.M. and SAXENA S.K., 1978** –Mechanism of control of plant parasitic nematodes as a result of the application of organic amendments to the soil. *Indian J. Nematol.*, 8: 4-172.
9. **ALEXANDER J., BENFORD D., COCKBURN A., CRAVEDI J.P., DOGLIOTTI E., DOMENICO A.D., FERNANDEZ-CRUZ M., VAN PETEGHEM C. and VERGER P., 2008** – Tropane alkaloids (from *Datura* sp.) as undesirable substances in animal feed. *European Food Safety Authority (EFSA) Journal*, 691:1-55.
10. **AMDOUN R., KHELIFI-SLAOUI M., AMROUN S. et KHELIFI L., 2005** – Ressources génétiques des Daturas en Algérie. *Act. Sém. Inter. sur l'amélioration des productions végétales, Inst. Nat. Agro., El-Harrach, Alger*: 212-213.
11. **ANAND T. and BHASKARAN R., 2009** – Exploitation of plant products and bioagents for ecofriendly management of Chilli fruit root disease. *Journal of Plant Protection Research*. 49 (2): 195-203.



12. **ANISZEWSKI T., 2007** –*Alkaloids-Secrets of life, Alkaloid chemistry, biological role*. 1st Ed. Elsevier, Amsterdam, 316 p.
13. **ARVIEU J.C. et CUANY A., 1983** – Effets de la matière organique sur la bio activité et la dégradation du bromure de méthyle dans le sol. *Communication présentée à la Conférence OEPP sur la fumigation, Paris, 18–19 octobre 1983*.
14. **AUGER J, et THIBOUT E., 2002** – Substances soufrées des Allium et Crucifères et leurs potentialités phytosanitaires. *Biopesticides d'origine végétal. Levoisier, Paris, 7 :95*.
15. **AYAZPOUR K., HASANZADEH H. and ARABZADEGAN M. S., 2010** – Evaluation of the control of citrus nematode (*Tylenchulus semipenetrans*) by leaf extracts of many plants and their effects on plant growth. *African Journal of Agricultural Research, 5(14): 1876-1880*.
16. **B'CHIR M.M. et HERRIGUE N., 1983** –Établissement d'un modèle expérimental pour tester l'efficacité des nématicides sur les Meloidogyne spp. associés à la culture de melon (*Cucumis melo*) sous abris-serres. *Ann. I.N.R.A.T., 57: 23-48*.
17. **BAYOUD B., DJILANI S. E., LEGSEIR B., OUAHRANI M. R. and DJILANI A., 2007**– Antibacterial activity of ethanol extracts and total alkaloids of *Datura stramonium* and *Ruta graveolens*. *ICFAI Journal of Life Sciences, 1 (1):78-81*.
18. **BELAIR G., 2005** – Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes par la racine. *Phytoprotection, 86(1) : 65-69*.
19. **BENHIZIA Z., 1989** – *Contribution à l'étude d'une plante médicinale algérienne, Datura stramonium L.* Thèse de magister, Inst. Nat. Agro, Alger, 68 p.
20. **BERGE J. B., 1971** – Méthodes culturales et variétés résistantes. *Acta (Ed.), Les nématodes des cultures maraîchères: 537-593*.
21. **BERKOV S., ZAYED R. and DONCHEVA T., 2006** –Alkaloid patterns in some varieties of *Datura stramonium*. *Fitoterapia, 77 : 179-182*.
22. **BERTRAND C., 2001** – Lutté contre les nématodes à galles en agriculture biologique. *Fiche technique ITAB-GRAB. 4p*.
23. **BIANCHINI F. et CORBETTA F., 1975** –*Atlas des plantes médicinales*. Ed. Fernand Nathan, Paris, 120 p.
24. **BIANCHINI F. et PANTANO A. C., 1986** – *Guide vert des plantes et des fleurs*. Ed. Solar, London, 125 p.
25. **BIRD D. M., and KALOSHIAN I., 2003** – Are roots special? Nematodes have their say. *Physiological and Molecular Plant Pathology, 62(2): 115-123*.

26. **BLOK V.C., JONES J.T., PHILLIPS M.S. and TRUDGILL D.L., 2008** – Parasitism genes and host range disparities in biotrophic nematodes: the conundrum of polyphagy versus specialisation. *BioEssays: news and reviews in molecular, cellular and developmental biology*, 30: 249-59.
27. **BOUHAS-BOUBEKKA A., 2011** – *Activité insecticide du Datura innoxia et Azadirachta indica sur deux espèces d'orthoptères Schistocerca gregaria et Locusta migratoria*, thèse magister, Ecole Nat. Sup. Agro. El Harrach, Alger, 196 p.
28. **BOULLARD B., 2001** – *Plantes médicinales du monde : réalités et croyances*. Ed. ESTEM, Paris, 636 p.
29. **BRUNETON J., 1987** – *Eléments de phytochimie et de pharmacognosie*. Ed. Lavoisier, Paris, 508p.
30. **BRUNETON J., 1995** – *Pharmacognosy, Phytochemistry medicinal plants*. Ed. Lavoisier, Paris, 915 p.
31. **BRUNETON J., 1999** – *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. 3<sup>ème</sup> éd.: TEC et DOC, 785p.
32. **BRUNETON J., 2005** – *Plantes toxiques: Végétaux dangereux pour l'Homme et les animaux*. 3<sup>ème</sup> Ed. Lavoisier, Paris, 618 p.
33. **BRUST J.C.M. et GARCIA-LARREA L., 2007** – *Aspects neurologiques de l'addiction*, 3<sup>ème</sup> Ed. Elsevier Masson, Issey-les Molineaux, 563 p.
34. **CADET P., BOIS J.F., CHOTTE J.L., DUPONNOIS R., N'DIAYE-FAYE N.D., FLORET C., FOULD S., MANLAY R., MASSE D., MATEILLE T., NORMAND P., PATE E., PLANCHETTE C., THIOULOUSE J., VILLENAVE C. et FARDOUX J., 2000** – Recherche de méthodes de gestion des peuplements de nématodes phytoparasites par les facteurs du sol en zone soudano-sahélienne au Sénégal. *Etude et gestion des sols*, numéro spécial : 261- 270.
35. **CARDILLO A.B., TALOU J.R and GIULIETTI A.M., 2008** – Expression of *Brugmansia candida* Hyoscyamine 6 beta-Hydroxylase gene in *Saccharomyces cerevisiae* and its potential use as biocatalyst. *Microbial Cell Factories*, 7 (1):17.
36. **CARNEIRO R.M., DE MESQUITA L.F., CIROTTA P.A., MOTA F.C., ALMEIDA M.R.A. and CORDEIRO M.C., 2007** – The effect of sandy soil, bacterium dose and time on the efficacy of *Pasteuria penetrans* to control *Meloidogyne incognita* race 1 on coffee. *Nematology*, 9(6): 845-851.

37. **CASTAGNOGNE P., 1999** – Limites de l'utilisation de la résistance aux nématodes à galles chez la tomate. *Phytoma*, 522 : 61- 63.
38. **CASTAGNONE-SERENO P. et DJIAN-CAPORALINO C., 2011** – Lutte contre les nématodes à galles en cultures maraîchères : des recherches pour promouvoir la durabilité des résistances variétales. *Innovations Agronomiques*, 15 : 55-64.
39. **CASTAGNONE-SERENO P., 2002.** Genetic variability in parthenogenetic root knot nematodes, *Meloidogyne* spp. And their ability to overcome plant resistance genes. *Nematology*, 4: 605-608.
40. **CASTAGNONE-SERENO P., BONGIOVANNI M. and DJIAN-CAPORALINO C., 2001** – New data on the specificity of the root-knot nematode resistance genes Me1 and Me3 in pepper. *Plant Breeding* 120: 429-433.
41. **CASTILLO P., LANDA B. B., NAVAS-CORTES J. A., VOVLAS N. and JIMENEZ-DIAZ R. M., 2006** – First report of *Meloidogyne arenaria* parasiting lettuce in southern Spain. *Plant disease*, 90: 124-139.
42. **CAVELIER A., 1976** – *Cours de phytopharmacie*. Inst. Nat. Agro. El-Harrach, 1, 514p.
43. **CAYROL J. C., CAPORALINO C. D. et MATTEI E. P., 1992** – La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. *Le Courrier de la Cellule Environnement de l'INRA*, 17 : 31-44.
44. **CECCHINI T., 1976** – *Encyclopédie des plantes médicinales*. Ed. De Vecchi, Rome.327 p.
45. **CHAUDHARY K.K., HAILE A., AYRESEA Z., SEMEREAB G. and WELDEGERGISH T., 2013** – Nematicidal activity of Eritrean weed plants against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Nematropica* 43: 207-215.
46. **CHRISTEN P., BIERI S and VEUTHEY J.L., 2007** – Analysis of tropane alkaloid in biological matrices. In: FATTORUSSO E. and TAGLIALATELA-SCAFATI O., *Modern alkaloids: structure, isolation, synthesis and biology*. Ed. Wiley-Vich, Weinheim: 341-368.
47. **COSSON L., 1972** – *Influence de l'éclaircissement sur la teneur en alcaloïdes tropaniques des Datura : analyse des processus pouvant en expliquer les effets*. Thèse de doctorat d'Etat, Université de Paris VI.
48. **COSSON L., 1976** – Importance des facteurs climatiques et des étapes du développement dans la productivité des alcaloïdes tropaniques. *Etudes de Biologie Végétale, R. Jaques Edit. Paris*, 483-494.

49. **COSSON L., ESCUDERO MORALES A. et COUGOUL N., 1978** – La régulation écophysiologiques du métabolisme des alcaloïdes tropaniques (hyoscyamine et scopolamine). *Ph. Méd. Et Phyt.*, XII(4) : 219-326.
50. **COUGOUL N., MIGINIAC E. et COSSON L., 1979** – Un gradient métabolique: rapport scopolamine/hyoscyamine dans les feuilles de *Duboisia myoporoides* en fonction de leur niveau d'insertion et du stade de croissance. *Phytochem.*, 18 : 949-951.
51. **COURTIN S., 2004** – Enquête sur la consommation des plantes aux effets hallucinogènes et des champignons hallucinogènes en France. *Bull. Agen. Fran. Séc. Sani. Prod. Sant. Vigilance*, (16): 7-11.
52. **COYNE D.L., NICOL J.M. et CLAUDIUS-COLE B., 2010** – *Les nématodes des plantes : Un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire*. Ed. Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Cotonou, Benin, 85 p.
53. **CULMAN S.W., DUXBURY J.M., LAUREN J.G. and THIES, J. E., 2006** – Microbial community response to soil solarization in Nepal's rice–wheat cropping system. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(12): 3359-3371.
54. **DALLIL W., 1999** – *Etude de l'infestation de quelques serres de l'I.T.C.M.I de Staoueli par les Meloidogyne. Effets de quelques populations de ces nematodes sur trois cultures associés, Tomate Concombre et melon*. Thèse Ing., Inst. Nat. Agro. El Harrach, Alger, 123p.
55. **DALMASSO A. et MISSONNIER J., 1986** – La lutte intégrée contre les nématodes des cultures: intérêt des variétés résistantes. *Phytoma-Défense des Cultures*, 402: 13-16.
56. **DAVIES K.G. and WILLIAMSON V.M., 2006** – Host specificity exhibited by populations of endospores of *Pasteuria penetrans*. *Nematology*. 8(3): 475-476.
57. **DE GUIRAN G. et NETSCHER C., 1970** – Les nématodes du genre *Meloidogyne*, parasites des cultures tropicales. *Cahiers ORSTOM, série Biologie*, II: 151-158.
58. **DE GUIRAN G., 1971** – *Le problème des Meloidogyne et autres nématodes sur cultures vivieres tabac, café et riz in les nématodes des cultures*. Ed. Acta. , Paris, 474p.
59. **DE GUIRAN G., 1983** – *Les nématodes parasites des cultures en pays tempéré*. Ed. Le Littorale S.A. Bezier., Bruxel, 679 p.
60. **DEWICK P. M., 2009** – *Medicinal natural products: A Biosynthetic approach*. 3rd Ed. John Wiley& Sons Ltd, Chichester, 509 p.
61. **DJIAN-CAPORALINO C., 1991** – Etat actuel des connaissances sur les substances nématocides produites par des microorganismes et des végétaux supérieurs. *3<sup>ième</sup> Symposium sur les substances naturelles*. Ed. Cecile et Cie, Rome: 83-87.

62. **DJIAN-CAPORALINO C., BOURDY G. et CAYROL J.C., 2006** – *Plantes nématicides et plantes résistantes aux nématodes in biopesticides d'origine végétal*. Ed. Tec et Doc. et Lavoisier, Paris, pp 187-241
63. **DJIAN-CAPORALINO C., BOURDY G. et CAYROL J.C., 2008** – Plantes nématicides et plantes résistantes aux nématodes, In : REGNAULT-ROGER *et al.*, *Biopesticides d'origine végétale : potentialités phytosanitaires*. Ed. Tec & doc, Lavoisier, Paris : 125-185.
64. **DJIAN-CAPORALINO C., BOURDY G., et CAYROL JC., 2009** – *Plantes nématicides et plantes résistantes aux nématodes in biopesticides d'origine végétal*. Ed. Tec et Doc. Et Lavoisier, Paris, 187-241.
65. **DJIAN-CAPORALINO C., PIJAROWSKI L., JANUEL A., LEFEBVRE V., DAUBEZE A., PALLOIX A., DALMASSO A., and ABAD P., 1999** – Spectrum of resistance to root-knot nematodes and inheritance of heat-stable resistance in in pepper (*Capsicum annuum* L.). *TAG Theoretical and Applied Genetics*, 99(3): 496-502.
66. **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 : 21-25.
67. **DOERK K., WITTE L. and ALFERMANN W.A., 1991** – Plant physiology and biochemistry. *Zeitschrift fuer Naturforschung, Section C, Biosciences*, 46 (7): 519-521.
68. **DONCHEVA T., BERKOV S. and PHILIPOV S., 2006** – Comparative study of the alkaloids in tribe *Datura* and their chemosystematics significance. *Biochemical systematic and ecology*, 34: 478-488.
69. **DUEZ P., CHAMART S., HANOCQ M., MOLLE L., VANHAELEN M. and VANHAELEN-FASTRE R., 1985** – Comparison between thin layer chromatography-densitometry and high performance liquid chromatography for the determination of hyoscyamine and hyoscyne in leaves fruits and seeds of *Datura* (*Datura ssp.*). *J. Chrom.*, 529: 415-421.
70. **DUVAN J., 1991** – Les nématodes de la tomate. *Agro. Biol.*, 1 (320), 7 p.
71. **DWIVEDI S. C. and SHEKHAWAT N. B. 2004** –Repellent effect of some indigenous plant extracts against *Trogoderma granarium* (Everts). *Asian Jou. Exp. Sci.*, 18 : 47-51.
72. **DZHURAEVA, L.M., 1976** – Plant-hosts and distribution of gall nematodes in Tadzhikistan. *Izvestiya Akademii Nauk Tadzhikskoi SSR (Ahboroti Akademijai Fanhoi RSS Tocikiston)*, *Biologicheskie Nauki*, 12: 45-51.

73. **E.F.S.A., 2008** – Les alcaloïdes tropaniques de *Datura* sp. En tant que substance indésirables dans les aliments pour animaux, Avis du groupe scientifique sur les contaminants de la chaîne alimentaire. *The EFSA journal*, 691: 1-55.
74. **EHTESHAMUL-HAQUE S., ABID M., SULTANA V., ARA J. and GHAFFAR A., 1996** – Use of organic amendments on the efficacy of biocontrol agents in the control of root rot and root knot disease complex of okra. *Nematologia Mediterranea*, 24: 13-16.
75. **EICK E., 2008** – *Solanaceae and Convolvulaceae: secondary metabolites: biosynthesis, chemotaxonomy, biological and economic significance*. Ed. Springer, Berlin, 637 p.
76. **ELATTIR H., SKIREDJ A et ELFADL A., 2003** – La tomate, l’aubergine, le poivron et le gombo. *Bulletin mensuel d’information et de liaison du PNTTA. MADRPM/ DERD N° 100*.
77. **ELBADRI G. A., LEE D. W., PARK J. C., YU H. B. et CHOO H. Y., 2008** – Evaluation of various plant extracts for their nematicidal efficacies against juveniles of *Meloidogyne incognita*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 11(2): 99-102.
78. **EL-KEBLAWY A. and AL-HAMADI F., 2009** – Assessment of the differential response of weeds to soil solarization by two methods. *Weed Biology and Management* (9): 72-78.
79. **FALCÃO H.D.S., LEITE J.A., BARBOSA-FILHO J.M., DE ATHAYDE-FILHO P.F., DE OLIVEIRA C.M.C., MOURA M.D. and FERREIRA A.L., 2008** – Gastric and Duodenal Antiulcer Activity of Alkaloids. *Rev. Molecules*, 13: 3198-3223.
80. **FELDMESSER J., 1971** – Estimated crop losses from plant-parasitic nematodes in the United States. *Soc. Nematol. (USA)*, Special Publication, No. 1.
81. **FELIDJ M., 2005** – *Effet du stress hydrique sur la production d’alcaloïdes tropaniques chez Datura stramonium cultivé en plein champ*. Thèse de Magister. Faculté des Scien. Agro. et Vétér., Univ. Saad Dahleb, Blida, 102 p.
82. **FERRIS H. and VAN GUNDY S.D., 1979** – *Meloidogyne ecology and host interrelation ships*. In Lamberty et Taylor (root-knot nematode). Ed. Acad. Press., London: 205-230.
83. **GALLAIS A. et BABBEROT H., 1992** – *Amélioration des espèces végétales cultivés objectif et critères de sélection*. Ed. INRA, Paris. 765p.
84. **GAUR H.S. and PERRY R.N., 1991**– The use of soil solarization for control of plant parasitic nematodes. *Nematological Abstracts*, 60(4): 153-166.
85. **GEORGES K., JAYAPRAKASAM B., DALAVOY S.S. and NAIR M.G., 2008** – Pest-managing activities of plant extracts and Anthraquinones from *Cassia nigricans* from Burkina Faso. *Bioresource technology*, 99(6): 2037-2045.

86. GERLACH G.H., 1948 – *Datura innoxia*, a potential commercial source of scopolamine. *Economic Botany*, 2(4): 439-454.
87. GIANNAKOU I. O., ANASTASIADIS I. A., GOWEN S. R. and PROPHETOU D. A., 2007 – Effects of a non- chemical nematicide combined with soil solarization for the control of root-knot nematodes. *Crop protection* (26): 164-165.
88. GINESTES J. et COUMEL P., 2002 – *L'intervalle QT*. Ed. Springer, Paris, 302 p.
89. GONTIER E., PIUTTI S., GRAVOT A., MILESI S., GRABNER A., MASSOT B., LIEVRE K., TRAN M., GOERGEN J.L. AND BOURGAUD F., 2004 - Development and validation of an efficient low cost bioreactor for Furanocoumarin production with *Ruta graveolens* shoot cultures. In: HVOSLEF EIDE A.K. and PREIL W., *Liquid culture systems for in vitro plant propagation*. Eds, Springer: 509-524.
90. GOULLE J.P., PEPIN G., DUMESTRE-TOULET V. et LACROIX C., 2004 – Botanique, chimie et toxicologie des solanacées hallucinogènes: belladone, datura, jusquiame, mandragore. *Annales de Toxicologie Analytique*, 16 (1): 22-35.
91. GRASSELLY D., NAVEZ B. et LETARD M., 2000 – *Tomate pour un produit de qualité*. Edi. Ctifl, Paris, 200p.
92. GRIFFIN D., 1968 – Interaction of *Meloidogyne* and *Agrobacterium tumefaciens* of Rasebery cultivars. *Plant disease Rap.* 41, pp 182-186.
93. GRIFFIN W. J. and LIN G. D., 2000 – Chemotaxonomy and geographical distribution of tropane alkaloids. *Phytochemistry*, 53: 623-637.
94. GUPTA A.K., AHIRWAR N.K., SHINDE N., CHOUDHARY M., RAJPUT Y.S. and SINGH A. 2013 – Phytochemical screening and antimicrobial assessment of leaves of *Adhatoda vasica*, *Azadirachta indica* and *Datura stramonium*. *UK Journal of Pharmaceutical and Biosciences*, 1: 42-47.
95. HADDOUCHI F. et BENMANSOUR A., 2008 – *Huiles essentielles, utilisations et activités biologiques. Application à deux plates aromatiques*. Article de synthèse, Université de Tlemcen. Les techniques de laboratoire N° 8, 8p.
96. HÄKKINEN S.T., 2008 – *A functional genomics approach to the study of alkaloid biosynthesis and metabolism in Nicotiana tabacum and Hyoscyamus muticus cell cultures*. Doctoral thesis, Helsinki University of Technology, Espoo, 90 p.
97. HAMMACHE M., 2010 – Influence de quelques types de sols algériens sur le développement des nématodes a galles; *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria* (Tylenchida , Meloidogynidae). *Lebanese Science Journal*, 11 (2): 47-61.

98. HARA Y., YOSHIOKA T., MORIMOTO T., FUJITA Y. and YAMADA Y., 1988 – Enhancement of berberine production in suspension cultures of *Coptis japonica* by gibberelic treatment. *J. Plant Physiol.*, 133(12): 12-15.
99. HENDY H., POCHARD E. et DALMASSO A., 1983 – Transmission héréditaire de la résistance aux nématodes *Meloidogyne Chitwoodi* (Tylenchida) portée par deux lignées de *Capsicum annuum* L. étude de descendance homozygotes issues d'androgénèse. *Agronomie* 5 : 93-100.
100. HOOPER D.J., HALLMANN J. and SUBBOTIN S.A., 2005 – Methods of extraction, processing and detection of plant and soil nematodes. In: LUC M., SIKORA R.A. and BRIDGE J., *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture* (2<sup>nd</sup>ed.) Wallingford, UK: CABI: 53-86.
101. HOPKINS W.G., 2003 – *Physiologie végétale*. Ed. De Boeck Université, Bruxelles, 514 P.
102. HOUMANI Z. et COSSON L., 2000 – Quelques espèces algériennes à alcaloïdes tropaniques. *Ethnopharmacology* : 205-219.
103. HOUMANI Z., 1999 – *Quelques plantes algériennes à alcaloïdes tropaniques, effet du stress salin et hydrique sur la production d'alcaloïdes, variation de leurs teneurs au cours du stockage*. Thèse. Doctorat, Inst. Nat. Agro. El Harrach, Alger. 124p.
104. HOUMANI Z., COSSON L., CORBINEAU F. et COM D., 1994 – Etude de la teneur en hyoscyamine et en scopolamine d'une population sauvage de *Datura stramonium* L. en Algérie. *Acta Botanica Gallica*, 141 (1):61-66.
105. HUSSAIN M. A., MUKHTAR T. and KAYANI M. Z., 2011 – Efficacy evaluation of *Azadirachta indica*, *Calotropis procera*, *Datura stramonium* and *Tagetes erecta* against root-knot nematodes *Meloidogyne incognita*. *Pakistan journal of botany*. Vol. 43: 197-204.
106. HUSSEY R.S. and BARKER K.R., 1973 – A comparison of methods of collecting inocula for *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant Disease Reporter* 57, 1025-1028.
107. I.A.V., 1999 – *Tomate sous serre* (Fiche technique). Inst. Agro. et Vétér. Hassen II (IAV), Plan National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA) N°57, 3p.
108. I.T.C.M.I., 1995 – Guide pratique : la culture de la tomate sous serre. Institut technique des cultures maraîchères et industrielles, 20p.
109. ISMAN M.B., 2002 – problèmes et perspectives de commercialisation des insecticides d'origine botanique. In REGNAULT-ROGER C., PHILOGENE B.J.R, VINCENT C., 2002 - *Biopesticides d'origine végétale*. Tec & Doc, Paris: 301-312.



110. **IVANCHEVA S., NIKOLOVA M. and TSVETKOVA R., 2006** – Pharmacological activities and biologically active compounds of Bulgarian medicinal plants. *Phytochemistry: Advances in Research*: 87-103.
111. **JAVOID A., SHAFIQUE S. and SHAFIQUE S., 2008** – Herbicidal activity of *Datura metel* L. against *Phalaris minor* Retz. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 14 (3-4): 209-220.
112. **JONES J.B., JONE J.P., STALL R.E. and ZITTER T.A., 1997** – *Compendium of tomato diseases*. Ed. APS Press, The American Phytopathological Society, 73 pp.
113. **KADIOGLU I. and YANAR Y., 2004** – Allelopathic effects of plant extracts against seed germination of some weeds. *Asian J. Plant Sci.*, 3: 472-475.
114. **KAGALE S., MARIMUTHU T., THAYUMANAVAN B., NANDAKUMAR R. and SAMIYAPPAN R., 2004** – Antimicrobial activity and induction of systemic resistance in rice by leaf extract of *Datura metel* against *Rhizoctonia solani* and *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 65: 91-100.
115. **KARAJEH M., ABU GHARBIEH W. and MASSAOUD S., 2005** – First report of the root knot nematode *Meloidogyne arenaria* race 2 from several vegetable crops in Jordan. *Plant disease*, 89:206.
116. **KHAN Z. and KIM Y. H., 2005** – The predatory nematode *Monochoides fortidens* (Nematoda: Diplogasterida), suppresses the root-knot nematode *Meloidogyne arenaria* in potted field soil. *Biological Control*, 35: 78-82.
117. **KIEWNICK S. and SIKORA R.A., 2006** – Evaluation of *Paecilomyces lilacinus* strain 251 for the biological control of the Northern root-knot nematode *Meloidogyne hapla* Chitwood. *Nematology*, 8(1): 61-78.
118. **KITAMURA Y., MIURA H. and SUGII M., 1988** – Change of atropine esterase activity in the regenerated plants of *Duboisia myoporoides* during development, and its relation to alkaloid accumulation. *Journal of plant physiology*, 133(3): 316-319.
119. **KIVCAK B., MERT T. and ÖZTÜRK H. T., 2002** – Antimicrobial and cytotoxic activities of *Ceratonia siliqua* L. extracts. *Turkish Journal of Biology*, 26(4), 197-200.
120. **KOELEN K. G. and GROSS G. G., 1982** – Partial purification and properties of tropine dehydrogenase from root cultures of *Datura stramonium*. *Planta medica*, 44: 227-230.
121. **KORAYEM A.M., 2003** – Effect of some organic wastes on *Meloidogyne incognita* development and tomato tolerance to the nematode. *Egyptian Journal of Phytopathology*. 31(1-2): 119-127.

122. **KUGANATHAN N., SAMINATHAN S. and MUTTUKRISHNA S., 2008** – Toxicity of *Datura alba* leaf extract to aphids and ants. *The Internet Journal of Toxicology*, 5 (2): 55-80.
123. **KUMAR S., GUPTA S. K., SINGH P., BAJPAI P., GUPTA M. M., SINGH D., GUPTA A. K., RAM G., SHASANY A.K. and SHARMA S., 2006** – High yields of artemisinin by multi harvest of *Artemisia annua* crops. *Industr. Crops and Products*, 19: 77-90.
124. **L'ECUYER-COELHO H., 2000** – *Développement d'un procédé pour la culture à haut concentration de cellules végétales*. Mémoire de maîtrise en sciences appliquées, Ecole polytechnique, Université de Montréal, Montréal, 177 p.
125. **LAIRON D., ARNAULT N., BERTRAI S., PLANELLS R., CLERO E., HERCBERG S. and BOUTRON-RUAULT M.C., 2005** – Dietary fiber intake and risk factors for cardiovascular disease in French adults. *The American journal of clinical nutrition*, 82(6): 1185-1194.
126. **LE POIVRE P., 2003** – *Phytopathologie*. Ed. Les Presses Agronomiques de Gembloux. De Boeck et Larcier, Liege, 427p.
127. **LEBON C., 1971** – *Datura stramonium L., Datura tatula L.*, étude comparée sur les plants botaniques, chimiques et pharmacodynamique. Thèse doct. Paris, 120 p.
128. **LEETE E., 1979** – Biosynthesis and metabolism of the metabolism of tropane alkaloids. *Planta Medica*, 2(36): 4-52.
129. **LEVITT J. and LOVETT J. V., 1984** – Activity of allelochemicals of *Datura stramonium L.* (Thorn-apple) in contrasting soil types. *Plant and Soil*, 79 (2): 181-189.
130. **LOHRA Y., SINGHVI P. M. and PANWAR M., 2001** – Effect of certain plant extracts on oviposition of rust-red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst. infesting stored jowar. *Journal of Applied Zoological Researches*, 12 (1), 67-70.
131. **LOVETT J. V. and POTTS W. C., 1987** – Primary effects of allelochemicals of *Datura stramonium L.* *Plant and Soil*, 98 (1): 137-144.
132. **LOVETT J.V., LEVITT J. and DUFFIELD A. M., 2006** – Allelopathic potential of *Datura stramonium L.* (Thornapple). *Weed Research*, 21 (3-4): 165-170.
133. **LUNG G., FRIED A. and SCHMIDT U., 1997**– Biological control of nematodes with the enemy plant *Tagetes* sp. *Gesunde Pflanzen*, 49 : 111-118.
134. **M.A.D.R., 2015** – *Bulletin de la Production et Superficie agricole*. Ed. Ministère de l'Agriculture et du développement rural. Alger, 18 p.

135. MAHESHWARI N.O., KHAN A. and CHOPADE B.A., 2013 – Rediscovering the medicinal properties of *Datura* sp.: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7: 2885-2897.
136. MATEILLE T., FOULD S., DABIRE K. R. DIOP M. T. and NDIAYE S., 2009 – Spatial distribution of the nematode biocontrol agent *Pasteuria penetrans* as influenced by its soil habitat. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(2): 303-308.
137. MESSIAEN C. M., BLACARS D., ROUXEL F. et LAFON R., 1999 – *Les maladies des plantes maraichères*. Ed. INRA. Paris. 568p.
138. MINUTO A., SPADARO D., GARIBALDI A. and GULLINO M. L., 2006 – Control of soilborne pathogens of tomato using a commercial formulation of *Streptomyces griseoviridis* and solarization. *Crop Protection*, 25(5): 468-475.
139. MIRALDI E., MASTI A., FERRI S. and COMPARINI, I. B., 2001 – Distribution of hyoscyamine and scopolamine in *Datura stramonium*. *Fitoterapia*, 72(6): 644-648.
140. MOKABLI A., 1988 – Principaux facteurs qui déterminent l'importance et l'agressivité des *Meloidogyne* sous-abris serres, *Ann. Inst. Nat. Agro.*, 12 (numéro special) : 202-219
141. MORAND S., 2002 – Life history evolution of nematodes: linking epidemiological modelling and comparative tests. *Nematology*, 4(5): 593-599.
142. MUNKATA T., KUCHITSU K., and HARADA Y. 1979 – Comparison of the relative intensities of penning electron spectrum and photoelectron spectrum. Unsaturated hydrocarbons. *Chemical Physics Letters*, 64(3): 409-412.
143. NAIKA S., DE JEUD J. V. L., DE JEFFAU M., HIMI M. et VANDAM B., 2005 – *La culture de tomate, production, transformation et commercialisation*. Ed. Wageningen, Amsterdam, 105p.
144. NEGAHBAN M., MOHARRAMIPOUR S. and SEFIDKON F., 2006 – Chemical composition and insecticidal activity of *Artemisia scoparia* Essential Oil against three Coleopteran stored-product insects. *J. Asia-Pacific Entomol.*, 9 (4): 381-388.
145. NETSCHER E., 1970 – Les nématodes parasites des cultures maraichères du Sénégal. *Cah. ORSTOM*, série Biologie: 209-229.
146. ODUOR-OWINO P., 1993. – Effects of aldicarb, *Datura stramonium*, *Datura metel* and *Tagetes minuta* on the pathogenicity of root-knot nematode in Kenya. *J. Crop Protec.*, 12(4): 315-317.
147. ODUOR-OWINO P., 2003 – Control of root-knot nematodes in Kenya with aldicarb and selected antagonistic plants. *Nematologia Mediterranea*, 31: 125-127.

148. OKA Y., 2010 – Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments. *Applied Soil Ecology*, 44(2): 101-115.
149. OKA Y., SHAPIRA N. and FINE P., 2007– Control of root-knot nematodes in organic farming systems by organic amendments and soil solarization. *Crop Protection*, 26(10):1556-1565.
150. OKSMAN-CALDENTLEY K. M., VUORELA H., STRAUB A. and HILTUNEN R., 1987 – Variation in the tropane alkaloid content of *Hyoscyamus muticus* plants and cell culture clones. *Planta Med*, 6: 394-354.
151. OZENDA P., 1977 – *Flore du Sahara*. Ed. Centre National de Recherche Scientifique, Paris, 622 p.
152. PALAZON J., NAVARRO-OCAÑA A., HERNANDEZ-VAZQUEZ L. and MIRJALILI M.H., 2008 – Application of metabolic engineering to the production of scopolamine. *Molecules*, 13: 1722-1742.
153. PAVELA R., 2004 – Insecticidal activity of certain medicinal plants. *Fitoterapia*, 75(7): 745-749.
154. PELIKAN W., 1986 – *L'Homme et les plantes médicinales*. Tome I, Centre triades, Paris, 408p.
155. PHILOGENE B.J.R., REGNAULT C.R. and VINCENT C., 2005 – *Botanicals: yesterday's and today's promises in bipesticides of plant origin*. Ed. Lavoisier. France: 1-15.
156. PIVA G. and PIVA A., 2006 – Anti-nutritional factors of *Datura* in feedstuffs. *Natural Toxins*, 3 (4):238-241.
157. POLESE J. M., 2007 – *La culture de la tomate*. Ed. Artémis. London, 95p.
158. POLYA G., 2003 – *Biochemical targets of plant bioactive compounds: A pharmacological reference guide to sites of action and biological effects*. Ed. CRC Press, Florida, 847p.
159. PUBLISHERS B., 2004 – *Ressources végétales de l'Afrique tropicale*. Tome 2 : Légumes. Ed. Dunod. 736p.
160. PUDERSELL K., 2006 – Tropane alkaloid production and riboflavine excretion in the field and tissue cultures of henbane (*Hyoscyamus niger*). *Dissertation Medicinæ Universitatis Tartuensis*, Tartu University, Tartu, 89 p.
161. PUNDARIKAKSHUDU K. and BHAVSAR G. C., 1989 – Effects of ascorbic acid on the tropane alkaloids of *Datura innoxia* Mill. *Indian Drugs*, 26(11): 605-609.

162. QAMAR F., KAPADIA Z., KHAN S. A. and BADAR Y., 1995 – *Datura metel* L., a plant with nematocidal potential. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, 38(8): 319-321.
163. RADWAN M. A., FARRAG S. A. A., ABU-ELAMAYEM M. M. and AHMED N. S., 2012 – Biological control of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* on tomato using bioproducts of microbial origin. *Applied Soil Ecology*, 56: 58-62.
164. RAHMOUNE B., MORSLI A., KHELIFI-SLAOUI M., KHELIFI L., STRUEH A., ERBAN A., KOPKA J., PRELL J. and VAN DONGEN J. T., 2017 – Isolation and characterization of three new PGPR and their effects on the growth of Arabidopsis and Datura plants. *Journal of Plant Interactions*, 12(1): 1-6.
165. RAMYA S., RAJASEKARAN C., SUNDARARAJAN G., ALAGUCHAMY N. and JAYAKUMARARAJ R., 2008 – Antifeedant activity of leaf aqueous extracts of selected medicinal plants on VI instar larva of *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Ethnobotanical Leaflets*, 12: 938-943.
166. RAVEN H., EVERT R. F. and EICHHORN S. E., 2000 – *Biologie végétale*. 6e éd. De Boeck Université, Paris, 944p.
167. REDDY P., 1983 – *Plant nematology*. Ed. Agri. Publ. Acad., New Delhi, 287p.
168. REGNAULT-ROGER C., FABRE G. et PHILOGENE B.J.R., 2005 – *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement, pesticides et biopesticides. OGM, lutte intégrée et biologique, agriculture durable*. Ed. Lavoisier, 1013p.
169. RIMM E. B., ASCHERIO A., GIOVANNUCCI E., SPIEGELMAN D., STAMPFER M. J. and WILLETT W. C., 1996 – Vegetable, fruit, and cereal fiber intake and risk of coronary heart disease among men. *Jama*, 275(6): 447-451.
170. ROBINS R. J., PARR A. J. and WALTON N. J., 1991 – Studies on the biosynthesis of tropane alkaloids in *Datura stramonium* L. transformed root cultures. *Planta*, 183(2): 196-201.
171. ROMEIKE A., 1961 – Sur la biogenèse de la scopolamine. *Bull. Sco. Fr. Phys. Veg.*, 7: 33-35.
172. RYDER H. and GRITTENDE N., 1969 – Interaction ships tobacco ring spot virus and *Meloidogyne incognita* in root of sorybean. *Nematology*, 34(2): 125-130.
173. SAADABI A.M.A., 2006 – Antifungal activity of some Saudi plants used in traditional medicine. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5(5): 907-909.

174. **SARR E. et PROT J. C., 1986** – Pénétration et développement des juvéniles d'une souche de *Meloidogyne javanica* et d'une race B de *M. incognita* dans les racines de fonio (*Digitaria exilis*). *Nématologie*, 8 (1) : 59-65.
175. **SATISH S., MOHANA D.C., RANHAVENDRA M. P. and RAVEESHA K.A., 2007** – Antifungal activity of some plant extracts against important seed borne pathogens of *Aspergillus* sp. *Journal of Agricultural Technology*, 3 (1):109-119.
176. **SAXENA R. and SHARMA R., 2005** – Efficacy of aqueous extracts of wild medicinal plants on J2 mortality of root knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Environment and Ecology*, 23: 164-167.
177. **SCHMELZER G.H., GURIB-FAKIM A., ARROO R., BOSCH C.H., DE RUIJTER A. and SIMMONDS M.S.J., 2008** – *Plant Resources of Tropical Africa* 11(1) – *Medicinal Plants* 1. Ed. Backhuys Publishers, Wageningen, 791 p.
178. **SCOTTO LA MASSESE C., 1986** – Influence des caractéristiques bioécologiques des milieux sur la distribution des nématodes telluriques. *Bull. Rech. Agro. Gembloux*, 21: 255-272.
179. **SCOTTO LA MASSESE J C., 1962** – Aperçu sur les problèmes posés par les nématodes phytoparasites en Algérie. *Ass. Coord. Trav. Agri. F.N.H.P.C. Versailles*: 83-105.
180. **SELLAMI S. and MEZERKET A., 2006** – Nematicidal activity of some plant leaf extracts against *Meloidogyne incognita*. *Abstract of 9th Arab Congress of plant protection, Damascus, Syrie*, 19-23 Nov.
181. **SELLAMI S. and ZEMMOURI H., 2001** – Effect of *Tagetes erecta* on the mortality, hatching and development of *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood. *Acta phytopathologica and Entomologica Hungarica*, 36 (3-4): 383-387.
182. **SELLAMI S., LOUNICI M., EDDOUD A. et BENSEGHIR H. 1999.** Distribution et plantes hôtes associées aux *Meloidogyne* sous abri plastique en Algérie. *Nematol. Medit.* (27): 295-301.
183. **SELLAMI S., MEZERKET A. et DAHMANE T., 2009**– Evaluation de l'efficacité de quelques huiles essentielles contre *Meloidogyne incognita* (Nematoda ; Meloidogynidae). *Colloque International sur la Gestion des Risques phytosanitaires. du 09 au 11 novembre 2009, Marrakech, Maroc*: 411 – 418.
184. **SHAHWAR D., ABID M., REHMAN A. U., MAQBOOL M. A., and CHOUDHARY M. I., 1995** – Nematicidal compounds from *Datura fastuosa*. *Proc. 19th IUPAC Symposium on*

*the chemistry of Natural Products. Res. Inst. of Chemistry, University of Karachi, Karachi:*  
171-179.

185. SHARMA A and PATEL V. K., 2009 – In vitro screening of the antibacterial activity and identification of bioactive compounds from plants against selected *Vibrio* spp. pathogens. *Turkish Journal of Biology*, 33:137-144.
186. SHUKLA Y. N. and THAKUR R. S., 1992 –Tropane alkaloids from *Duboisia myoporoides*. *Phytochen*, 12(31): 4380-4390.
187. SIDDIQUI I.A., SHAUKAT S.S and HAMID M., 2002 –Role of Zinc in Rhizobacteria mediated suppression of root infecting fungi and root-knot nematode. *Phytopathology*, 150: 569-575.
188. SIKORA R. A., and FERNANDEZ E., 2005 – Nematode parasites of vegetables. *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*, 2: 319-392.
189. SINGH K. P., JAISWAL R. K., KUMAR N. and KUMAR D., 2007 –Nematophagous fungi associated with root galls of rice caused by *Meloidogyne graminicola* and its control by *Arthrobotrys dactyloides* and *Dactylaria brochopaga*. *Phytopathology*, 1(5): 193-197.
190. SINGH S., SINGH B. and SINGH A.P., 2015 – Nematodes: A threat to sustainability of agriculture. *Procedia Environmental Sciences*, 29: 215-216.
191. SINGHVI P.M., LOHRA Y., PANWAR M. and SABLOK T., 2002 – Efficacy of plant extracts against development of *Tribolium confusum* (Jac du Val.) infesting stored Sorghum. *Journal of Applied Zoological Researches*, 13 (1): 114-118.
192. SINHA A. S. and VARMA K. C., 1974 – Influence of indole-3-acetic acid on growth and alkaloid content of *Datura innoxia*. *Planta Med.*, 26: 380-384.
193. SPORER F., SAUERWEIN M. and WINK M., 1993 – Diurnal and developmental variations of alkaloid accumulation in *Atropa belladonna*. *Acta hort.*, 331: 381-386.
194. STAPLETON J.J., 2000– Soil solarization in various agricultural production systems. *Crop protection*, 19: 837 – 841
195. TAYLOR C. E. and BROWN D. J. F., 1997 – *Nematode vectors of plant viruses*. Ed. C.A.B. International. 286p.
196. THURZOVA L., 1981 – *Les plantes-santé qui poussent autour de nous*. Ed. Bordas, 268p.
197. TÜRKÜSAY H. and ONGUR E., 1998 – Studies on antifungal effects of some plant extracts *in vitro*. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22: 267-271.
198. UMA REDDY B., 2009 – Antimicrobial activity of *Datura stramonium* L. and *Tylophora indica* (Burm.f.) Merr. *Pharmacology online*, 1: 1293-1300.

199. **USHA K., SINGH B., PRASEETHA P., DEEPA N., AGARWAL D. K., AGARWAL R. and NAGARAJA A., 2009** – Antifungal activity of *Datura stramonium*, *Calotropis gigantea* and *Azadirachta indica* against *Fusarium mangiferae* and floral malformation in mango. *European Journal of Plant Pathology*, 124 (4): 637-657.
200. **VALLET A., 1996** – Contribution à l'étude de la biosynthèse des alcaloïdes tropaniques chez le *Datura innoxia* Mill. Transformation par *Agrobacterium tumefaciens*, *Agrobacterium rhizogenes* et culture de chevelus racinaires. Thèse D.E.A. Université de Picardie Jules Verne. Amiens, 123p.
201. **VANDAMME V., HOEDEKIE A. and VIAENE N., 2005** – Long term efficacy of *Pochonia chlamydosporia* for management of *Meloidogyne javanica* in glasshouse crops. *Nematology*, 7: 741 - 754.
202. **VERDRAGER J., 1978** – Ces médicaments qui nous viennent des plantes, *Le Datura*. Ed. Maloine S.A, Paris, 233p.
203. **VERZAR PETRI G. et HUYNH D., 1977** – Formation of the alkaloid content and composition of *Datura innoxia* Mill. During sprouting. *Acta Pharmaceutica Hungarica*, 47:37-44.
204. **VOLAK J. et JIRI S., 1983** – *Plantes médicinales, 256 illustrations en couleurs*. Ed. Grund, Paris. 319p.
205. **WALLACE H.R., 1968** – Annual review of pathology. In: *Plant parasitic nematode*, ed. Acad. Press London, New York, vol. I: 257 - 278.
206. **WALLER G.R. and NOWACKI E.K., 1978** – *An alkaloid biology and metabolism in plants*. Plenum, New York, 294p.
207. **WESEMAEL W. M. L., PERRY R. N. and MOENS M., 2006** – The influence of root diffusate and host age hatching of the root-knot nematodes *Meloidogyne chitwoodi* and *Meloidogyne fallax*. *Nematology*, 8(6): 895-902.
208. **WHITEHEAD A. G., 1998** – Sedentary endoparasits of roots and tubers *Meloidogyne* and *Nacobbus* in plant nematode control. *CAB International*. London:1-12.
209. **WINK M., 1993** – Allelochemical proprieties or the raison d'être of alkaloids. *The Alkaloids. Chemistry and pharmacology*, 34:1 118.
210. **WINK M., 1998** – Chemical ecology of alkaloids. *Alkaloids: Biochemistry, ecology and medicinal applications*, Ed. Springer US, New York: 265-300.
211. **WINK M., 2008** – Ecological roles of alkaloids. *Modern alkaloids: structure, isolation, synthesis and biology*. Wiley-VCH, Verlag GmbH & Co: 3-24.



212. **WIRATNO D. T., VAN DEN BERG H., RIKSEN J. A. G., RIETJENS I. M. C. M., DJIWANTI S. R., KAMMENGA J. E. and MURK A. J., 2009** – Nematicidal activity of plant extracts against the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *The Open Natural Products Journal*, 2: 77-85.
213. **WUYTS N., SWENNEN R. and DE WAELE D., 2006** – Effects of plant phenylpropanoid pathway products and selected terpenoids and alkaloids on the behaviour of the plant-parasitic nematodes *Radopholus similis*, *Pratylenchus penetrans* and *Meloidogyne incognita*. *Nematology*, 8: 89-101.
214. **YAKHLEF G., 2010** – *Etude de l'activité biologiques de feuilles de Thymus vulgaris et Laurus nobilis*. Thèse. Mag. Univ. Batna., 110P.
215. **YANKOULOV Y., 1979** –Morphogenetic alkaloid concentration variability in tetraploid thornapple. *Genetics and Plant Breeding*, 12(6): 416-422.
216. **ZECK W.M., 1971**– A rating scheme for field evaluation of root-knot nematode infestation. *Pflanzenschutz nachrichten*, 24: 141-144.
217. **ZIJLSTRA C., DONKERS-VENNE D.T. and FARGETTE M., 2000** – Identification of *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria* using sequence characterized amplified region (SCAR) based on PCR assays. *Nematology*, 2: 173-216.

# **Annexes**

---

**Annexe 1 :** Effet des différents parties de *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* sur l'éclosion des œufs de *M. incognita* après 08 jours d'observation.

Espèces de <i>Datura</i>	Parties de plantes	Types d'extrait	Œufs non éclos après 08 jours d'observation (%)				
			Doses				
			6.25%	12.5%	25%	50%	100%
<i>Datura stramonium</i>	Feuilles	Aqueux	59	63	68	74	81
		Ethanol.	69	72	77	81	87
	Racines	Aqueux	50	56	62	69	74
		Ethanol.	66	66	72	77	82
	Mélange	Aqueux	62	64	67	73	79
		Ethanol.	72	74	79	83	86
<i>Datura innoxia</i>	Feuilles	Aqueux	65	67	72	78	83
		Ethanol.	71	75	80	85	86
	Racines	Aqueux	55	63	69	73	77
		Ethanol.	64	68	73	78	83
	Mélange	Aqueux	65	69	71	74	42
		Ethanol.	73	76	81	85	88
<i>Datura tatula</i>	Feuilles	Aqueux	65	70	75	77	82
		Ethanol.	72	77	80	86	90
	Racines	Aqueux	63	69	69	75	81
		Ethanol.	70	76	80	84	87
	Mélange	Aqueux	68	73	76	79	87
		Ethanol.	79	83	88	90	94
Contrôle 1		2% DMSO					45
Contrôle 2		100% Eau					46

**Annexe 2 :** Effet des différents parties de *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* sur l'éclosion des œufs de *M. incognita* après 04 jours d'observation.

Espèces de <i>Datura</i>	Parties de plantes	Types d'extrait	Œufs non éclos après 04 jours d'observation (%)				
			Doses				
			6.25%	12.5%	25%	50%	100%
<i>Datura stramonium</i>	Feuilles	Aqueux	73	77	81	83	91
		Ethanol.	77	80	82	86	91
	Racines	Aqueux	68	70	74	80	83
		Ethanol.	74	75	80	83	89
	Mélange	Aqueux	74	76	78	82	87
		Ethanol.	78	82	86	89	92
<i>Datura innoxia</i>	Feuilles	Aqueux	77	79	83	84	92
		Ethanol.	79	82	86	90	91
	Racines	Aqueux	71	75	79	84	86
		Ethanol.	74	78	84	85	88
	Mélange	Aqueux	77	80	82	85	91
		Ethanol.	80	81	86	90	93
<i>Datura tatula</i>	Feuilles	Aqueux	77	81	84	86	91
		Ethanol.	81	83	88	91	95
	Racines	Aqueux	73	77	81	84	88
		Ethanol.	76	83	87	89	91
	Mélange	Aqueux	80	83	85	88	95
		Ethanol.	85	90	92	95	97
Contrôle 1		2% DMSO					65
Contrôle 2		100% Eau					64

**Annexe 3 :** Effet des différents parties de *D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* sur l'éclosion des œufs de *M. incognita* après 01 jour d'observation.

Espèces de <i>Datura</i>	Parties de plantes	Types d'extrait	Œufs non éclos après 01 jour d'observation (%)				
			Doses				
			6.25%	12.5%	25%	50%	100%
<i>Datura stramonium</i>	Feuilles	Aqueux	88	90	92	94	96
		Ethanol.	92	93	93	94	95
	Racines	Aqueux	83	84	85	89	90
		Ethanol.	89	90	92	95	95
	Mélange	Aqueux	87	87	90	91	95
		Ethanol.	92	93	94	96	97
<i>Datura innoxia</i>	Feuilles	Aqueux	91	92	94	95	97
		Ethanol.	90	92	94	94	95
	Racines	Aqueux	85	87	89	91	92
		Ethanol.	88	90	92	92	94
	Mélange	Aqueux	90	92	93	94	97
		Ethanol.	89	92	93	95	96
<i>Datura tatula</i>	Feuilles	Aqueux	90	92	93	95	95
		Ethanol.	90	92	94	96	96
	Racines	Aqueux	86	88	90	91	93
		Ethanol.	89	93	94	96	97
	Mélange	Aqueux	93	94	95	98	100
		Ethanol.	96	98	99	99	100
Contrôle 1		2% DMSO					82
Contrôle 2		100% Eau					83

## Résumé

---

**Titre :** Etude de la dynamique des populations des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* en Algérie. Essais de méthodes de luttés alternatives à la lutte chimique.

---

L'étude de l'agressivité et la distribution des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* dans différentes régions en Algérie a montré qu'il existe une série de facteurs qui peuvent déterminer l'agressivité de ces derniers sur la tomate sous serres, à savoir l'influence de la variété de la tomate cultivé, l'âge de la serre, le précédent cultural, le nématicide utilisé et les propriétés physico-chimiques du sol. Ce travail est complété par la recherche d'une méthode alternative à la lutte chimique contre *M. incognita* qui consiste à étudier la multiplication et le développement des juvéniles de *Meloidogyne incognita* sur les racines de *Datura* (*D. stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula*). Cette étude nous a permis de confirmer l'idée que les *Datura* peuvent présenter un intérêt particulier dans un programme de lutte. Ces dernières peuvent être considérées comme plantes dites nématicides.

L'activité nématicide des extraits aqueux et éthanoliques de *Datura stramonium*, *D. innoxia* et *D. tatula* contre *Meloidogyne incognita* est prouvée. Les extraits éthanoliques et aqueux de toutes les parties de trois *Datura* ont un effet remarquable sur la mortalité des juvéniles et sur l'inhibition de l'éclosion des œufs de *M. incognita*. En général, les extraits éthanoliques sont significativement plus efficaces que les extraits aqueux. Les extraits des feuilles et de mélange sont plus efficaces que ceux extraits à partir des racines. Les extraits éthanoliques issus de mélange de trois *Datura* ont considérablement réduit la reproduction de *M. incognita* sur les racines de tomate.

L'activité nématicide in vitro de deux principaux alcaloïdes (hyoscyamine et scopolamine) de *Datura* sur les juvéniles de *Meloidogyne incognita* ont donné des résultats positifs. Les deux alcaloïdes testés aux différentes doses ont donné un effet larvicide et ovide à l'égard de *M. incognita*. Les pourcentages les plus élevés de la mortalité de J2s et de l'inhibition de l'éclosion sont enregistrés par la scopolamine.

Deux modes d'applications de 1.3-Dichloropropène dans le contrôle des nématodes à galles sur deux variétés de tomate, deux variétés de piment et quelques adventices. Le nématicide utilisé (1.3-Dichloropropène) sous ces deux formes ; fumigant sous forme de vapeur injectable et fumigant en EC. utilisé avec le goutte à goutte a presque les mêmes effets sur les *Meloidogyne*.

---

**Mots clés :** tomate sous abris, extraits des plantes, alcaloïdes, activité nématicide, nématode noueuses des racines.

---

## Abstract

---

**Title:** Study of gall nematodes populations' dynamic of the genus *Meloidogyne* in Algeria. Tests of methods of alternative struggles to chemical control.

---

The study of the aggressiveness and distribution of *Meloidogyne* gill nematodes in different regions in Algeria has shown that there are a number of factors that can determine the aggressiveness of these on the greenhouse tomato, Influence of the variety of the cultivated tomato, the age of the greenhouse, the previous crop, the nematicide used and the physicochemical properties of the soil. This work was completed by the search for an alternative method to the chemical control against *M. incognita*, which consists of studying the multiplication and development of *M. incognita* juveniles on the roots of *Datura* (*D. stramonium*, *D. innoxia* and *D. tatula*). This study allowed us to confirm the idea that *Datura* may be of particular interest in a control program and that the latter can associate so-called nematicidal plants.

The nematicidal activity of aqueous and ethanolic extracts of *Datura stramonium*, *D. innoxia* and *D. tatula* against *M. incognita*. Ethanolic and aqueous extracts from all parts of three *Datura* plants have a remarkable effect on juvenile mortality and inhibition of hatching of *M. incognita* eggs. In general, the ethanolic extracts were significantly more effective than the aqueous extracts. Leaf extracts and mixing were more effective than those extracted from the roots. Ethanolic extracts from three *Datura* blends significantly reduced the reproduction of *M. incognita* on tomato roots.

The nematicidal activity of two major alkaloids (*hyoscyamine* and *scopolamine*) of *Datura* on juveniles of *M. incognita* in vitro. The two alkaloids tested at the different doses gave a larvicidal and ovicidal effect to *M. incognita*. The highest percentages of J2s mortality and inhibition of hatching were recorded by scopolamine.

Two applications of 1,3-Dichloropropene in the control of nematode galls on two varieties of tomato, two varieties of chilli and some weeds. The nematicide used (1.3-Dichloropropene) in these two forms; Fumigant steam injectable and fumigant in EC. Used with drip has almost the same effects on *Meloidogyne*.

---

**Key words:** Tomato under shelter, plant extracts, alkaloids, nematicidal activity, root knot nematodes

---

**العنوان :** دراسة ديناميات الديدان الخيطية لتعقد الجذور (*Meloidogyne*) في الجزائر. اختبار طرق بديلة للمكافحة الكيميائية

أظهرت دراسة حالة إصابة نبات الطماطم في البيوت البلاستيكية من قبل ديدان تعقد الجذور في مناطق مختلفة من الجزائر أن هنالك عدة عوامل تتحكم في توزيع وخطورة هاته الديدان من ضمن هاته العوامل؛ نوع الطماطم المزروعة، قدم البيت البلاستيكي، المحصول السابق، نوع الدواء المستخدم في مكافحة الديدان وكذا الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة.

تبعنت الدراسة السابقة بالبحث عن طريقة معالجة بيولوجية بديلة لطرق الكيماوية وذلك من خلال دراسة

إمكانية تكاثر الديدان الخيطية وتطورها على جذور نبتة الداتوره حيث سمحت نتائج هذه الدراسة بالتأكد ان للداتوره خصائص ذات أهمية في مكافحة هذه الأخيرة

إمكانية مكافحة الديدان باستعمال المستخلصات المائية والإيثانولية من ثلاثة أنواع من الداتوره. جميع المستخلصات لها تأثير ملحوظ على يرقات الديدان الخيطية وكذلك على فقس بيض هذه الأخيرة. تتمتع المستخلصات الإيثانولية بتأثير أكبر أكبر نسب موت اليرقات وكذا منع الفقس حققت باستعمال مستخلصات خليط النبات وكذلك الأوراق. حققت مستخلصات الجذور نسبا أقل

فعالية جزيئين أساسيين في تركيب الداتوره؛ السكوبولامين والهوسيامين في مكافحة الديدان من نوع. للجزيئين تأثير على اليرقات وعلى فقس بيض الديدان. تتمتع جزيئة السكوبولامين بفعالية أكبر مقارنة مع السكوبولامين

طريقتين مختلفتين في تطبيق المادة الفعالة الأكثر انتشار لمعالجة نوعين من الطماطم، نوعين من الفلفل وكذا أربع نباتات ضارة. الطريقة الأولى هي استعمال الجزيئة على شكل غاز وتطبق بالحاقنة. أما الثانية فهي متمثلة في سائل وتطبق بالسقي. برهنة النتائج على عدم وجود فارق في مكافحة النيماتودة بكلتا الطريقتين

**الكلمات الرئيسية :** طماطم البوت البلاستيكية، مستخلصات نباتية، قلويدات، مكافحة بيولوجية و الديدان الخيطية