



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الجمهورية

République Algérienne Démocratique et

Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, Alger



Thèse

En vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques

Département de Zoologie Agricole et forestière

Spécialité : Protection des Végétaux Zoologie

THEME

**Proposition d'un modèle de culture biologique Tomate/Datura
et effet des biopesticides (métabolites secondaires) sur les
bioagresseurs**

Présentée par Samira MORSLI

Jury

Président : M^{me} DOUMANDJI-MITICH B. Prof. ENSA El Harrach

Directeur de thèse : M. DOUMANDJI S. Prof. ENSA El Harrach

Co-Directeur de thèse : M. HAMMACHE M. M/conférences ENSA El Harrach

Examineurs: M^{me} CHAHBAR N. M/conférences Univ. Boumerdes

M^{me} FEKKOUN S. M/conférences Univ. Boumerdes

M^{lle} SETBEL S. M/conférences Univ. Tizi Ouzou

2017-2018

Remerciements

A

vant tout, je remercie, ALLAH le tout puissant de m'avoir guidé durant toutes ces années et m'avoir permis de réaliser mon rêve et celui de mes parents et de ma famille.

A la mémoire de mon très cher père qui a tant attendu ce jour, tu seras toujours dans mon cœur, à ma douce et tendre et très chère mère pour m'avoir soutenu dans des moments difficiles et encouragé pour finaliser ce travail.

Mes vifs remerciements vont à ma famille pour leur soutien en particulier ma chère sœur. Un grand merci à mes frères, mes belles sœurs, mes neveux et nièces.

Je remercie Monsieur le **Professeur Doumendji Salaheddine**, mon Directeur de Thèse, qui a suivi ce travail avec beaucoup d'intérêts, qu'il trouve ici l'expression de toute ma reconnaissance et ma gratitude pour sa gentillesse, ses précieux conseils, son aide et surtout pour sa disponibilité malgré ses nombreuses charges, et dans des moments difficiles, encore merci.

Je tiens aussi à remercier, mon Co – Directeur de thèse, le **Dr Hammache Miloud., Maître de conférences** à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique (E.N.S.A – El Harrach), pour ses conseils et ses encouragements, qu'il trouve ici toute ma reconnaissance et mon profond respect.

Mes remerciements s'adressent également à **Mme DOUMANDJI-MITICH B.**, professeur au département de zoologie agricole et forestière, l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique (E.N.S.A – El Harrach), pour l'honneur qu'elle me fait de présider mon jury.

Mes remerciements les plus sincères vont également à **Dr CHAHBAR Nora.** De l'université de M'hamed Bougara de Boumerdes, à **Dr FEKKOUN Soumeya**, De l'université de M'hamed Bougara de Boumerdes et **Dr. Setbel Samira**, de l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, qui ont bien voulu accepter de participer au jury

Ma reconnaissance et mes remerciements a **Dr Morsli Abdelkader, Maître de conférences** à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique (E.N.S.A – El Harrach) au département de foresterie, qui m'a accompagné durant toutes les démarches de ma thèse, sorties, prospection, les essais sur le terrain,

laboratoire, pour la relecture et les corrections apportées au document. Merci frère

À Monsieur Khelifi L., Professeur à l'E.N.S.A, pour son temps et ses précieux conseils, son aide, et surtout de m'avoir bien orienté dans mon sujet. Aux enseignants de l'E.N.S.A, qui n'ont cessé de m'encourager en particulier : **Dr. Chakali G., Dr.Sbabdji M., et à la mémoire de monsieur Ghazali**

Mes vifs remerciements aux personnels techniques du département de foresterie et Protection de la Nature : Zahia, Rachida, Nawel, Fatiha, Kheira, Mourad et Yahia. A tous ceux qui m'ont aidé à accomplir ce travail qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

Qu'il me soit permis aujourd'hui de remercier tous ce qui m'ont aidé à mener à terme ce travail.

Sommaire

Introduction	02
<i>Chapitre 1 : Synthèse bibliographique</i>	
1.1. – Culture de la tomate <i>Solanum lycopersicum</i>	06
1.1.1. - Origine et historique de <i>Solanum lycopersicum</i>	06
1.1.2. - Classification botanique	07
1.1.3. - Description de la plante	07
1.1.4. - Intérêt de la tomate	08
1.1.4.1. – Intérêt sur le plan alimentaire	08
1.1.4.2. – Importance économique	10
1.1.5. - Culture hors sol de la tomate	10
1.1.6. - Pathologie et ravageurs de la tomate.....	11
1.1.6.1. Pathologies non parasitaires	11
1.1.6.2. - Ravageurs de la tomate	12
1.1.6.2.1.- Nématodes phytoparasites.....	12
1.1.6.2.2.- Insectes.....	12
1.1.6.3. - Pathologies parasitaire.....	14
1.1.6.3.1. - Pathologies fongiques.....	14
1.1.6.3.2. – Pathologies virales.....	16
1.1.6.3.3. – Pathologies bactériennes.....	17
1.2. - Présentation du genre <i>Datura</i> L.....	18
1.2.1. Origine et répartition du <i>Datura</i> dans le monde et en Algérie.....	18
1.2.2. - Position systématique du <i>Datura</i>	20
1.2.3. -Présentation de <i>Datura stramonium</i>	20
1.2.4. - Intérêts écologiques des <i>Daturas</i>	22
1.2.5. - Propriétés physiologiques et usages des alcaloïdes tropaniques.....	22
1.2.5.1. Scopolamine	23
1.2.5.2 – Hyoscyamine	23
1.2.5.3 - Atropine.....	24
1.3. - Intoxications par les <i>Datura</i> dans le monde et en Algérie.....	24
1.4. - Production d'alcaloïdes dans le monde et en Algérie.....	24

1.5. - Importance économique et pharmaceutique des métabolites secondaires chez les végétaux.....	25
1.6. -Relation plante-insecte et composés secondaires.....	26
1.6.1. - Mécanismes de défense des plantes.....	27
1.6.1.1. - Barrières structurales.....	27
1.6.1.2. - Molécules phytoanticipines	27
1.7. - Principaux métabolites secondaires impliqués dans la défense.....	28

Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

2.1. Données climatiques du site expérimental.....	30
2.1.2 - Précipitation et humidité de l'air.....	30
2.2. Culture en plein champ de la co-culture, Tomate et <i>Datura</i> en 2012.....	31
2.2.1. –Matériels biologiques et Méthodes expérimentales.....	31
2.2.1. Mise en culture en pépinière.....	31
2.2.2. Site expérimental.....	31
2.2.3. - Préparation du sol.....	32
2.2.4. Mise en place de l'essai en plein champs.....	32
2.2.5. - Entretien de l'essai.....	33
2.2.5.1. – Irrigation.....	33
2.2.5.2. – Désherbage.....	33
2.3. - Estimation des pertes en fruits.....	33
2.4. - Inventaire de différentes maladies sur les feuilles.....	35
2.5. - Paramètres agronomiques	35
2.6. - Etudes de l'entomofaune sympatrique de la co-culture, Tomate et <i>Datura</i>	35
2.6.1. - Prélèvement des fruits.....	35
2.6.2.- Prélèvement des feuilles.....	36
2.6.3. Préparation, conservation et identification des insectes collectés.....	36
2.7. - Étude de l'effet de <i>Datura stramonium</i> comme amendement de sol pour lutter contre <i>Meloidogyne incognita</i>	36
2.7.1. - Matériels et Méthodes	36
2.7.1.1. Préparation du substrat de culture.....	37
2.7.1.2. Extraction des nématodes à partir des racines et méthode	

d'incubation.....	37
2.7.1.3. – Matériel végétal	38
2.7.1.4. Préparation de l'amendement en poudre à base de <i>Datura stramonium</i>	
DS.....	39
2.7.1.5. Mise en place de d'essai.....	41
2.7.2. Effet des traitements sur le degré de manifestation des dégâts.....	41
2.7.3 - Effet des traitements sur l'indice de vigueur des plants.....	41
2.7.4. - Effet des traitements sur la production.....	42
2.7.5 - Effet des traitements sur le calibre.....	42
2.7.6 - Effet des traitements sur le nombre de fruits par plant.....	42
2.8. - Etude de l'effet des extraits de <i>Datura stramonium</i> sur les larves L ₄ de	
<i>Tuta absoluta</i>	42
2.8.1. - Collecte et conservation des larves.....	42
2.8.2. - Extrait de <i>Datura</i> : <i>Datura stramonium</i>	43
2.8.3. Protocole expérimental.....	44
2.8.4. -Traitements des données.....	45
2.8.4.1. - Pourcentage de mortalité.....	45
2.8.4.2. - Calcul des DL ₅₀	46
2.8.5. Etude du comportement de ponte de <i>Tuta absoluta</i> et influence des plantes	
hôtes.....	46
2.9. - Analyse statistique.....	47
2.9.1. Analyses de la variance et comparaison des moyennes.....	47
Chapitre 3 : Résultats et discussions	
3.1. - Essai de co-culture Tomate et <i>Datura</i>	50
3.1.1. - Estimation des pertes en fruits	50
3.1.2. - Taux d'infestation par catégories d'insectes sur les feuilles de tomate.....	53
3.1.3. - Paramètres de productions.....	55
3.1.4. - Inventaires des insectes au niveau des champs de tomate et <i>Datura</i>	58
3.2. - Essai d'amendements par <i>Datura stramonium</i> sur les nématodes à galles	
<i>Meloidogyne incognita</i>	63
3.2.1. Effet de <i>Datura stramonium</i> comme amendement sur la croissance de plants d'	
Tomate.....	63

		63
3.2.2. Effet de <i>Datura stramonium</i> sur l'indice de galles.....	69	
3.2.3. - Effet sur la production	72	
3.2.4. - Effet sur le nombre moyen de fruits	745	665
3.3. - Effet de <i>Datura stramonium</i> sur <i>Tuta absoluta</i>	74	
3.3.1. - Effet des extraits de <i>Datura stramonium</i> sur les larves L ₄ de <i>Tuta absoluta</i>	74	
3.3.1.1. Effet sur la mortalité des larves L ₄ de <i>T. absoluta</i>	75	
3.3.1.1.1. Traitement par ingestion.....	75	
3.3.1.1.2. - Détermination de la DL ₅₀	76	68
3.3.1.2.. Efficacité de <i>Datura stramonium</i>	76	
3.3.2.1.1. Traitement par ingestion.....	76	
3.3.3. - Choix de ponte sur les plantes hôtes et sur <i>Datura</i>	78	
3.3.3.1. - Sur plant de tomate.....	78	
3.3.3.3. Sur les plants de tomate et de DS.....	80	
Conclusion générale.....	84.	
Les références bibliographiques.....	87	71
Les annexes		

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Composition chimique de la baie de la tomate (%).....	10
Tableau 2 - Principaux ravageurs de la tomate.....	13
Tableau 3 - Maladies bactériennes de la tomate.....	18
Tableau 4 - Nombre de métabolites secondaires connus recensés dans « Dictionary of natural products ».....	25
Tableau 5 - Températures moyennes mensuelles maxima et minima, notées durant l'année 2012 dans la station de Dar Beida.....	30
Tableau 6. Données climatiques (précipitation et humidité) durant l'essai 2012	31
Tableau.7 - Pourcentage de perte en fruits par traitement.....	51
Tableau 8 . Incidence des facteurs de rejet des fruits récoltés exprimée en pourcentage.....	51
Tableau. 9 - Taux d'infestation par différentes catégories d'insectes sur les feuilles.....	53
Tableau 10: Caractéristiques de production pour chaque traitement.....	55
Tableau.11 - Classification systématiques des différents insectes capturés dans le champ de la co-culture tomate et <i>Datura</i> à l'ENSA.....	59
Tableau .12 - Insectes utiles rencontrés dans les champs de tomate et <i>Datura stramonium</i> ..	61
Tableau 13 - Effet des modifications de <i>Datura stramonium</i> sur La vigueur des plants de la Tomate.....	66
Tableau 14 - Caractéristiques de la production pour chaque traitement.....	72

LISTE DES FIGEURS

Fig.1. Répartitions et origine de la tomate dans le monde.....	07
Fig.2. Les différentes parties aériennes d'un plant de tomate.....	09
Fig.3 : Voies hypothétiques d'expansion des <i>Datura</i> sp dans le monde <i>Datura</i> sp (Bleu) et <i>Datura metel</i> (vert).....	19
Fig.4 : Morphologie de <i>Datura stramonium</i> : Port, fleurs, capsules et graines.....	21
Fig. 5 - Parcelle expérimentale avec installation de système goutte à goutte	32
Fig .6. Schéma de dispositif expérimental installé en 2012 à ENSA.....	34
Fig.7- Extraction des nématodes par incubation.....	38.
Fig.8 : Culture hors sol (hydroponie) de <i>Datura stramonium</i> installée à l'ENSA en 2015...	39
Fig.9. Les étapes de séchage et de broyage des feuilles et des racines de <i>Datura stramonium</i>	40
Fig .10 Schéma de dispositif expérimental installé sur les nématodes.....	40
Fig.11. Les étapes d'extraction de l'extrait de <i>Datura stramonium</i>	44
Fig. 12 : Protocole expérimental utilisé pour l'étude de l'effet de <i>Datura stramonium</i> sur la mortalité des larves L4 de <i>T.absoluta</i>	45
Fig .13. Diapositive expérimental du comportement de ponte de <i>Tuta absoluta</i>	47
Fig.14. L'allélopathie de <i>Datura stramonium</i>	58
Fig.15 - <i>Aphidius colemani</i> prédateur.....	62
Fig . 16 - <i>Oiorhinus pallipalpis</i>	62
Fig . 16' –AILES DE <i>Oiorhinus pallipalpis</i>	62
Fig.17. <i>Nesidiocoris tenuis</i>	62
Fig. 18- Différents types de racine de tomate	64
Fig. 19 - Poids moyens des racines de tomate après arrachage.....	65
Fig.20 : Etat sanitaires des plants de tomate avec et sans apport organique	68
Fig.21. Racines de tomate avec galles de <i>Meloidogyne incognita</i>	69
Fig. 22 - Indices de galles observés sur les plants témoins et traités.....	70

Fig.23. Rendements sur plant amendée.....	73
Fig .24 - Nombre de fruits par plant en fonction des traitements.....	74
Fig.25 - Taux de mortalité journalière cumulée des larves L ₄ , traitées au <i>Datura stramonium</i> par ingestion.....	75
Fig.26 - Effet du traitement par ingestion de <i>Datura stramonium</i> sur les L4 de <i>T. absoluta</i> au 3 ^{ème} jour.....	77
Fig. 27. Nombres moyens d'œufs émis par femelle de <i>Tuta absoluta</i> sur le plant de Tomate.....	79
Fig.28. Choix de ponte de <i>Tuta absoluta</i> sur la plante hôte (Tomate).....	79
Fig. 29. Nombres moyens d'œufs émis par femelle de <i>Tuta absoluta</i> sur le trois plant hôtes.....	80

Introduction

Introduction

Introduction

La tomate (*Solanum lycopersicum* Linné) est une espèce de la grande famille des Solanacées (Chaux et Foury, 1994; Spichiger *et al*, 2004; Dupont et Guignard, 2012). Elle est considérée comme premier légume après la pomme de terre et deuxième ressource alimentaire mondiale après les céréales. Elle est adaptée à des conditions de culture très variées et destinée à la consommation en frais transformée industriellement. Elle est largement produite en plein champ ou en serre (Salunkhe et Kadam, 1998).

La production mondiale annuelle des tomates ne cesse d'augmenter en enregistrant une nette progression avec 110 millions de tonnes en 2000, 129 millions en 2005 jusqu'à 152 millions de tonnes en 2010. En 2013, environ 163 millions de tonnes de tomates ont été produites dans le monde (Faostat, 2015).

En Algérie, la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole. Selon Faostat, (2015) la production de la tomate en Algérie est estimée à 975 075 tonnes en 2013. Cette dernière demeure faible et assez éloignée de celle enregistrée dans d'autres pays du Bassin méditerranéen (Tunisie, Maroc, Espagne, France, Italie).

Actuellement, le tiers de la production agricole mondiale est anéantie d'une année à une autre à cause de différentes maladies bactériennes, fongiques et de dégâts causés par des ravageurs notamment les insectes. Chaque année, ces derniers ravagent et déprécient en moyenne 10% de la production végétale dans les systèmes naturels. Ils sont responsables de plus de 15% des pertes de récoltes dans le monde (Severson *et al*, 1994). Ainsi pour subsister dans de tels environnements, les plantes ont donc dû mettre en place, au cours de l'évolution, différentes stratégies d'adaptation leur permettant de réduire les méfaits occasionnés par leurs ennemis naturels et en particulier par les insectes phytophages (Dugravot, 2004).

Ces dernières années, les consommateurs ont opéré une sérieuse prise de conscience sur les effets néfastes des pesticides sur l'environnement (qualité des eaux, des sols...) et sur leurs santé (Royer, 2013), La lutte chimique reste une méthode très coûteuse et pourrait créer de nombreuses contraintes (Mashkoor Alam, 1986 ; Ferris *et al*, 1992 ; Araya et caswelle-Chen,1994 ; Wachira *et al*, 2009). D'où l'importance de rechercher des plantes antagonistes présentant des propriétés biopesticides, en particulier dans l'agriculture biologique (Kayani *et al*, 2012 ; Salazar-Antón et Guzman - Hernandez, 2013).

Ainsi, chez les Solanacées, la production de métabolites secondaires joue un rôle prépondérant dans les processus de défense des plantes (Hare, 2005 ; Royer, 2013), Ces

Introduction

dernières sont appelées à répondre activement aux attaques des phytophages (Dugravot, 2004). En effet, les déprédations des bioagresseurs sont parées par de nombreux mécanismes dont l'accumulation de composés biochimiques de défense tels que les polyphénols ou les glycoalcaloïdes antimicrobiens et/ou anti-insectes. Ce mécanisme peut être induit par l'agression d'un prédateur. La plante possède des composés de défense, dont les concentrations peuvent augmenter localement ou de façon systémique pour rendre les tissus plus résistants aux attaques ultérieures (Royer, 2013).

Actuellement plusieurs techniques sont exploitées en agriculture pour inciter ces mécanismes naturels de défense chez les plantes. Parmi ces méthodes, la culture biologique en intercalaire qui est très utilisée par les agriculteurs en produisant des aliments biologiques à fortes valeurs nutritives. Ainsi, les plantes intercalaires agissent comme plantes de couverture du sol limitant ainsi l'effet érosif causé par les pluies et les vents. De plus, elles améliorent la structure et l'aération du sol. En conséquence, elles permettent aussi de réduire les risques de compactage, de ruissellement et d'érosion du sol. L'amélioration de tous ces aspects induit une meilleure infiltration de l'eau. Par ailleurs, cette technique qui gagne de l'intérêt surtout qu'elle contribue à la culture biologique tout en préservant la biodiversité en bordure de parcelles et dans les biotopes voisins (Shonle et Bergelson, 2000; Laliberté, 2014).

Dans la présente étude, *Datura stramonium* Linné., 1753 est utilisé en co-culture avec la tomate, vu que cette espèce trouve de nombreuses applications dans de multiples domaines tels que l'ornementation, l'environnement (dépollution des eaux et des sols). En médecine, elle est utilisée pour ses propriétés thérapeutiques (effets mydriatique, antinévralgique, antalgique, anesthésiant, antispasmodique dans le traitement des troubles intestinaux (Mateus *et al*, 1999; Kenneth *et al*, 2001; Felidj et Houmani, 2006). Grâce à sa richesse en alcaloïdes qui sont des métabolites secondaires, elle est recommandée surtout dans la lutte biologique contre les pathogènes et les insectes ravageurs tels que les acariens et les aleurodes (Beliard et Morel-Krause, 2002). Par ailleurs, les *Datura* possèdent en outre une activité allélopathique contre les plantes compétitives (Levill et Lovett, 1984 ; Lovett *et al*, 2006).

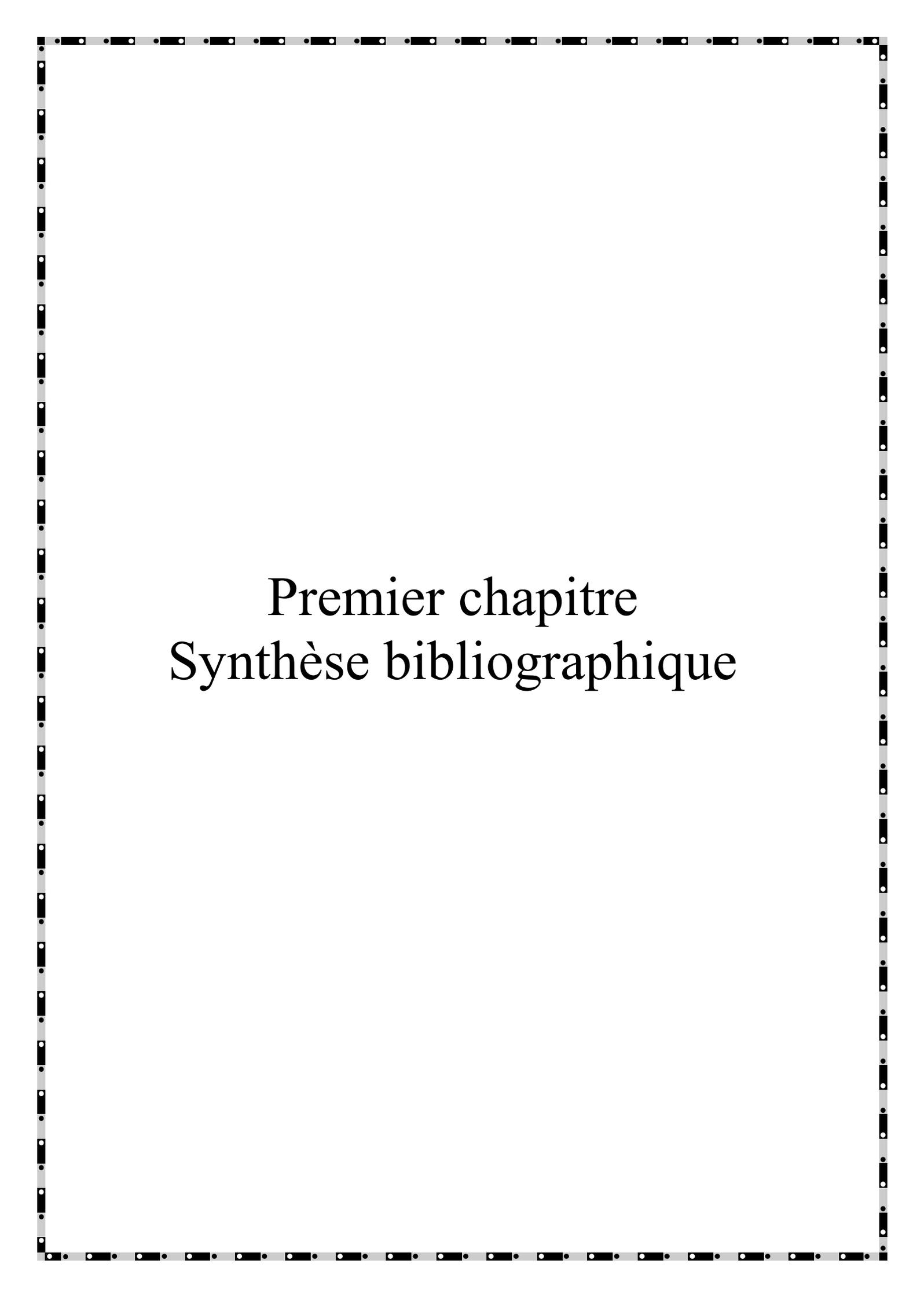
Les recherches sur ces méthodes alternatives sont nécessaires. Les luttes biologiques (lâcher d'auxiliaires, confusion sexuelle par phéromones) et culturales (binage, allongement des rotations) sont des techniques développées concrètement sur le terrain. Des méthodes novatrices de stimulation des défenses naturelles de la plante se mettent également en place.

La présente étude vise l'évaluation de l'influence d'une co-culture (*Datura*-tomate) sur les paramètres de production et sur les différentes maladies de la tomate. Mais aussi, elle cherche à évaluer les capacités des extraits de *Datura stramonium* sur les ravageurs majeurs de la

Introduction

tomate à savoir les nématodes à galle *Meloidogyne incognita* Kofoid et White 1919, et comme amendement du sol, et sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick, 1917 dans le cadre d'une lutte biologique.

La présente étude s'articule autour de trois chapitres. Le premier est une synthèse bibliographique sur le matériel végétal. Le second chapitre est lié à la présentation de la station d'étude ainsi que la méthodologie de travail. Le troisième chapitre est consacré au traitement des résultats obtenus. C'est au sein du quatrième chapitre que ces résultats sont discutés. Ce travail se termine par une conclusion générale avec des perspectives.



Premier chapitre
Synthèse bibliographique

Chapitre I – Synthèse bibliographique sur le matériel biologique végétal : La Tomate et le *Datura*

Après la présentation de la culture de la tomate, celle du *Datura* sera prise en considération. Les intoxications observées dans le monde, les relations insectes-*Datura* et les aspects économiques de ces plantes seront abordées.

1.1. – Culture de la tomate *Solanum lycopersicum*

Quelques données bibliographiques sont avancées d'une part sur l'origine, l'historique, la systématique, la description et l'intérêt de la tomate et d'autre part sur sa culture proprement dite en insistant sur ses maladies et ses ravageurs.

1.1.1. - Origine et historique de *Solanum lycopersicum*

La tomate (*Solanum lycopersicum*) est originaire d'Amérique du Sud, de la région Andine dans la partie du Chili, de la Colombie, de l'Equateur, de la Bolivie et du Pérou. Bien que les formes ancestrales de la tomate aient été observées au Pérou et en Equateur, elle fut domestiquée au Mexique. Les espagnols l'ont introduite en Europe au début du XVI^{ième} siècle. Elle fut cultivée et consommée seulement en Europe du Sud jusqu'à la fin du XVIII^{ième} siècle. De là, elle s'est mise à se répandre dans le Nord de l'Europe (Fig.1). De nos jours, la tomate est un des « légumes » le plus produits et consommé dans le monde, soit sur le marché en frais ou en produits transformés (Costa et Heuvelink., 2005; Naika *et al.*, 2005; Royer., 2013).

En Algérie, elle a été introduite par les cultivateurs du Sud de l'Espagne, étant donné que les conditions se sont montrées propices. Sa consommation a commencé dans la région d'Oran en 1905 Puis elle s'est étendue vers le centre, notamment dans le Littoral algérois (Snoussi, 2010).

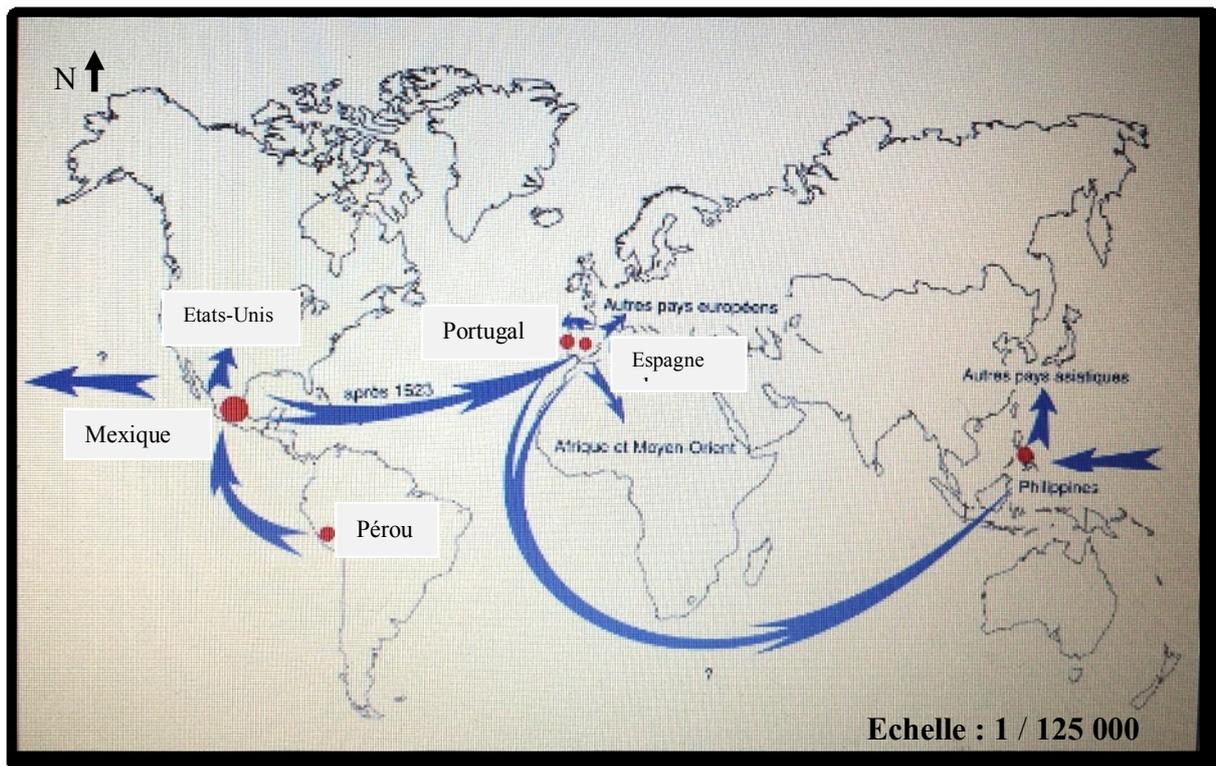


Fig.1. Répartitions et origine de la tomate dans le monde (Blancard, 2009)

1.1.2. - Classification botanique

La tomate est une plante cultivée. Selon Chaux et Foury (1994) la tomate est classée comme suit :

Régne : *Plantae*

Classe : *Magnoliopsida*

Ordre : Solanales

Famille : *Solanaceae*

Genre : *Solanum*

Espèce : *Solanum lycopersicum* Mill

1.1.3. - Description de la plante

La tomate est une plante pérenne. Mais en agriculture, elle est conduite comme une annuelle qui peut atteindre une hauteur de plus de deux mètres. La forme et la couleur du fruit varient selon les variétés. En effet, sa teinte fluctue du jaune au rouge. Il est possible de distinguer

deux types de plants de tomate selon que la croissance est indéterminée ou déterminée. Les plants de tomate de plein champ, pour le marché des produits transformés ont, généralement, une croissance déterminée (Costa et Heuvelink, 2005). Elle se caractérise par une période restreinte de floraison et un aspect buissonnant. Effectivement, les variétés déterminées possèdent des apex qui arrêtent leur croissance après la floraison (Kambale Valimunzigha, 2006). Les variétés cultivées pour le marché du frais ont généralement une croissance indéterminée (Costa et Heuvelink, 2005). Chez ce type de plants, l'apex caulinaire maintient sa croissance végétative avec un développement qui alterne la production de 3 ou 4 feuilles suivies d'un bouquet floral durant la quasi-totalité de la période de culture. (Kambale Valimunzigha, 2006 ; Royer, 2013), (Fig.2).

1.1.4. - Intérêt de la tomate

Après avoir mis l'accent sur l'intérêt de la tomate sur le plan culinaire, son importance économique est brièvement rappelée.

1.1.4.1. – Intérêt sur le plan alimentaire

La tomate tient une place importante dans l'alimentation humaine. Elle est consommée soit crue, soit cuite, ou comme un produit transformé tels que le jus de fruits, les sauces, le ketchup et les conserves (Blancard., 2009). Au cours des dernières décennies, la consommation de la tomate a été associée à la prévention contre plusieurs maladies comme le cancer et les maladies cardiovasculaires (Wilcox *et al.*, 2003; Sharoni et Levi, 2006).

Le fruit est riche en potassium, en antioxydants, en magnésium, en phosphore, en vitamines A-B-C et E, en fibres et en sels minéraux. Morard (2013) écrit que la tomate est un allié de la minceur du corps, car elle a un faible apport calorique. Du fait de son niveau de consommation relativement élevé, la tomate intervient pour une part importante dans l'apport en vitamines et en sels minéraux dans l'alimentation (Tab. 1).



Fig.2. Les différentes parties ariennes d'un plant de tomate (photos Morsli, 2015)

Tableau

Composition chimique de la baie de la tomate (%), (Blancard., 2009).

Eau					95 %
Matières sèches totales	Matières sèches solubles	Sucres (glucose, fructose)	55 %	79 %	5 %
		Acide (citrique, malique)	12 %		
		Sels minéraux	7 %		
		pigments caroténoïdes*, composés volatils, vitamines**	5 %		
	Matières sèches insolubles	Cellulose, matière pectiques		21 %	

*Pigment jaune orange (bêta-carotène=provitamine A) ou rouge (lycopène)

** Vitamine C (18 à 25mg/100g de fruit frais), vitamines B, K, E.

1.1.4.2. – Importance économique

La tomate est le légume-fruit dont la culture et la consommation sont universelles. Elle génère une littérature abondante en raison de son importance économique et parce qu'elle est une plante modèle de choix au niveau mondial pour la recherche sur les fruits charnus. En effet, elle est communément utilisée pour des études physiologiques, cellulaires, biochimiques, moléculaires ou génétiques (Costa et Heuvelink, 2005) sans doute en raison de ses facilités de culture et de manipulation, ainsi qu'un cycle de vie court. Au plan international, une grande diversité génétique est disponible sur cette plante avec de nombreuses accessions, des banques de mutants et des plantes transformées. De plus, depuis quelques années, le génome complet de la tomate est séquencé (Sato *et al.*, 2012 ; Royer., 2013).

1.1.5. - Culture hors sol de la tomate

La culture de la tomate hors sol est l'une des techniques modernes utilisées aujourd'hui en horticulture pour valoriser les terrains à problèmes, ou une meilleure productivité est impossible dans les serres ou dans des tunnels de plusieurs hectares sur de la laine de roche et alimenté de manière totalement artificielle par un mélange d'eau et d'engrais chimiques.

Les plantes sont cultivées de la même façon dans les régions chaudes désertiques. (Polese, 2007). La principale raison de ce développement est la possibilité d'éviter certains problèmes

liés au sol comme les agents pathogènes et les sols non arables tels que les déserts sableux, les sols argileux et les sols salés. Par ailleurs, cette culture permet l'économie de l'eau et des engrais, grâce au système du recyclage, la simplification des techniques culturales en l'absence du désherbage et de la préparation de la terre. Ainsi, l'obtention de produits est de meilleure qualité, en tant que produits plus "propres", car ils ne sont jamais souillés par de la terre et contiennent moins de résidus de pesticides (Morard, 1995).

D'un point de vue qualité du produit cultivé, il est à noter des avantages. Ceux-ci concernent l'aspect esthétique amélioré du fruit, sa conservation plus longue et la moindre utilisation d'insecticides ou autres produits phytosanitaires. La culture hydroponique permet également une automatisation de la culture pour ce qui est de la température, de l'éclairage, du contrôle du pH et de la concentration en éléments nutritifs du liquide utilisé et de la ventilation (Thi Dao., 2008).

1.1.6. - Pathologie et ravageurs de la tomate

Sans doute, il est à noter que les maladies et les ravageurs des cultures constituent un facteur très important lors de leur conduite en vue d'une production économiquement viable et respectueuse de l'environnement et surtout de la santé humaine. Le nombre des maladies affectant la tomate est important. Plusieurs centaines de bioagresseurs, plus de 50 affections non parasitaires, sans compter les nouvelles pathologies émergeant avec une fréquence inquiétante sont à mentionner (Blancard, 2009).

1.1.6.1. Pathologies non parasitaires

Elles sont nombreuses et peuvent concerner les racines et le collet, la tige, le feuillage, ainsi que les fruits (Messiaen *et al*, 1993). Elles sont généralement provoquées par des carences au niveau des éléments nutritifs et par des conditions climatiques défavorables (Shankara *et al*, 2005). Les plus répandues sont les suivantes :

- La pourriture apicale est provoquée par une carence en calcium.
- Le fendillement des fruits est dû aux grandes fluctuations de la teneur en humidité du sol et de la température.

- L'asphyxie racinaire est provoquée par des irrigations trop abondantes ou par des pluies excessives.
- La tige boursoufflée est entraînée par une alimentation azotée excessive
- L'altération des fruits est due aux coups de soleil ou à des fentes de croissance.

1.1.6.2. - Ravageurs de la tomate :

Parmi les ravageurs de la tomate, les nématodes phytoparasites et les insectes retiennent l'attention.

1.1.6.2.1.- Nématodes phytoparasites

L'action des nématodes des racines noueuses sur la plante cultivée est préoccupante. Ces bioagresseurs provoquent des galles sur les racines des plantes. Parmi eux, *Meloïdogyne icognita*, *Meloïdogyne arenaria* et *Meloïdogyne javanica* sont à citer. Les plantes atteintes restent petites de taille et se montrent sensibles aux maladies fongiques et bactériennes transmises par le sol (Shankara *et al.*, 2005).

1.1.6.2.2.- Insectes

Selon Shankara *et al* (2005) tous les insectes qui piquent et qui sucent, tels que les thrips, les pucerons, et les mouches blanches, ne provoquent des dommages mécaniques que lorsqu'ils surviennent en grands nombres. D'après ce même auteur, les virus que les suceurs de sève peuvent transmettre, provoquent des dommages bien plus importants. Les principaux ravageurs de la tomate sont récapitulés dans le Tableau 2.

Tableau 2 - Principaux ravageurs de la tomate.

Ravageurs	Dégâts	Moyens de lutte
<p>Nématodes (<i>Meloidogyne incognita</i> Kofoid et White 1919) <i>Meloidogyne arenaria</i> Chitwood, 1949 <i>Meloidogyne javanica</i> Treub,</p>	<p>Formation de galles sur racines - Perturbation de l'absorption racinaire. -Jaunissement des feuilles et la plante dépérit (Shankara <i>et al</i>, 2005)</p>	<p>- Désinfection du sol - Utilisation des variétés résistantes.</p>
<p>Acariens, <i>Tetranychus urticae</i> Koch, 1836</p>	<p>-Transmission de virus -Dommage direct lorsqu'ils apparaissent en grand nombres sur la culture (Shankara <i>et al</i>, 2005)</p>	<p>- Faire des lâches d'ennemis naturels.</p>
<p>Le thrips, <i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande, 1895</p>	<p>Maladie bronzée de la tomate (Miranda <i>et al</i>, 2005)</p>	<p>- Arracher les adventices</p>
<p>pucerons vert du pêcher, <i>Myzus persicae</i>, Sulzer, 1776 Puceron de la pomme de terre <i>Macrosiphum euphorbiae</i> Thomas, 1878</p>	<p>-Déformation des pousses tendres -Apparition de taches sur les fruits, et vecteurs de maladies virales (Miranda <i>et al</i>, 2005)</p>	<p>- Arracher les adventices</p>
<p>Mineuse des feuilles de la tomate, <i>Tuta absoluta</i> Meyrick, 1917</p>	<p>-Mines sur feuilles dues aux chenilles qui se développent jusqu'à la destruction complète du limbe - nombreuses galeries sur folioles (Shankara <i>et al</i>, 2005) - infestation des baies de tomate</p>	<p>-Installation des filets insectproof sur les ouvertures -Détruire les adventices, -Emploi d'insectes auxiliaires</p>
<p>La mouche blanche (<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius, 1889)</p>	<p>-Transmission de virus -</p>	<p>-Décaler les dates de semis par rapport à la période d'activité de l'insecte. -Arracher les adventices hébergeant insectes et virus</p>

1.1.6.3. - Pathologies parasitaires

Les différentes pathologies peuvent être soit fongiques, virales ou soit bactériennes.

1.1.6.3.1. - Pathologies fongiques

□ **Le Mildiou:** est dû à *Phytophthora infestans*, anciennement classé parmi les mycètes. Cette maladie peut dévaster les cultures de tomates durant les périodes fraîches et pluvieuses. Le mildiou peut s'attaquer à tous les organes aériens de la plante. Il se manifeste par des taches nécrotiques, irrégulières, d'extension rapide, entourées d'une marge livide. Sur les tiges, des plages brunes apparaissent, pouvant les ceinturer. Les fruits envahis sont bruns marbrés, irrégulièrement bosselés en surface (Blancard, 2009).

□ **L'alternariose:** dont le mycète responsable est *Alternaria tomatophila*. Cet agent s'attaque à tous les organes aériens de la tomate et à tous les stades de croissances de la plante. Il occasionne surtout, des taches foliaires vert sombre qui deviennent rapidement brunes à noires. Sur les tiges des taches assez comparables sont aussi constatées. Les fruits présentent des taches concaves et peuvent se couvrir d'une moisissure noire, veloutée. Les lésions sur les fruits peuvent engendrer leur chute (Blancard, 2009).

□ **La moisissure grise** appelée aussi pourriture grise est due à *Botrytis cinerea*, est une maladie répandue dans les cultures de tomate sous abris. Les symptômes observables sur les fleurs, les fruits, les tiges et les feuilles, se traduisent généralement par un pourrissement des tissus infectés, suivi par l'apparition d'un feutrage gris du à une production importante de spores de *Botrytis cinerea*. Elle peut entraîner des pertes importantes de rendements en affaiblissant les plantes et en les détruisant (Williamson *et al*, 2007).

□ **La septoriose** est une maladie provoquée par *Septoria lycopersici*, qui se manifeste sous la forme de petites taches à contours angulaires, pâles au centre, bordées d'une ligne brune. De petits points noirs présentés par des pycnides se trouvent à leur surface. Les feuilles atteintes s'enroulent d'abord, puis se dessèchent et tombent ce qui conduit à une végétation fortement entravée (Bovey *et al*, 1972).

□ **L'oïdium** est dû à *Oïdium neolycopersici* en provoquant des taches sur les feuilles assez caractéristiques des oïdiums. Ces taches sont poudreuses et blanches. Elles couvrent plutôt la face supérieure des folioles de tomate. Les tissus touchés deviennent chlorotiques, brunissent localement et finissent par se nécroser. Des taches comparables peuvent être observées sur la tige. Les fruits ne semblent pas affectés (Blancard, 2009).

□ **La fusariose** est provoquée par *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. Ce mycète ne s'attaque qu'à certains cultivars. Les plantes infectées par ce mycète du sol présentent un jaunissement des feuilles et un flétrissement se propageant à partir de la base de la tige. Au départ, les symptômes ne sont visibles que sur une seule moitié de la surface des feuilles, des branches ou des plantes, avant de se propager à l'ensemble de la plante (Messiaen *et al*, 1993).

□ **La verticilliose** est due à *Verticillium albo-atrum* et à *Verticillium dahliae*. Tout comme la fusariose, cette maladie se manifeste en premier lieu au niveau des feuilles inférieures et progresse vers la partie apicale de la plante. Contrairement à la fusariose, les symptômes de la Verticilliose se manifestent sur l'ensemble de la surface des feuilles, des branches ou des plantes (Ruocco *et al*, 2010).

□ **La cladosporiose** est induite par *Pasalora fulva* qui est très spécifique de la tomate. Elle est mondialement répandue. Ce mycète, parasite essentiellement la partie foliaire Il provoque des taches vert clair à jaune pâle. Les tissus situés au centre des taches brunissent, se nécrosent et se dessèchent tandis que les feuilles s'enroulent. La tige peut aussi être affectée (Blancard, 2009).

□ **Des racines liégeuses**, *Pyrenochaeta lycopersici*, le responsable de cette maladie. Il s'attaque surtout au système racinaire de la tomate. Les racines révèlent, localement, des altérations brunes et lisses. Les plantes infestées voient la taille de leur système racinaire assez limitée (Blancard, 2009).

□ **L'Anthracnose** est induite par le mycète pathogène *Colletotrichum coccodes*. Les symptômes se manifestent sur les fruits mûrs ou arrivant à maturation sous la forme de petites taches rondes creusées dans la peau. Lorsque ces taches s'étendent, leur centre prend une couleur sombre ou développe des anneaux concentriques mouchetés produisant des spores (Ruocco *et al*, 2010).

1.1.6.3.2. – Pathologies virales

CMV (*Cucumber Mosaic Virus*) est un virus transmis par des pucerons. Il est présent dans le monde entier. Il peut être à l'origine de trois principaux types de symptômes: des marbrures, une mosaïque sur les jeunes folioles, une déformation des folioles qui prennent l'aspect d'une feuille de fougère ou filiformes comme un lacet de chaussure. Des altérations nécrotiques commencent à apparaître sur les folioles et à s'étendre sur la tige et vers l'apex de la plante (Blancard, 2009).

□ **ToCV (*Tomato Chlorosis Virus*)** est transmis par plusieurs espèces d'aleurodes selon le mode de semi-persistant. Il est possible d'observer des marbrures chlorotiques irrégulières, un jaunissement et une nécrose du limbe. Des déformations foliaires sont également visibles, notamment un enroulement du limbe. Les plantes affectées précocement sont peu vigoureuses. La production en fruits peut être fortement réduite (Blancard, 2009).

□ **ToMV (*Tomato mosaic virus*)** cause de graves maladies dans la culture de la tomate. Les symptômes comprennent des feuilles tachetées de teinte vert-jaune, des feuilles enroulées, une croissance chétive et des décolorations au niveau des fruits. Le vecteur naturel du TMV n'est pas connu. Le virus est transmis par contact et par les graines (Shankara *et al*, 2005).

□ **TSWV (*Tomato Spotted Wilt Virus*)** est aussi appelé virus de la maladie bronzée de la tomate. Il est à observer des mouchetures en mosaïque avec une décoloration des feuilles. Sur les tiges et pétioles, il y a apparition des taches nécrotiques. Par contre, sur les fleurs, il est noté un nanisme, une déformation et une décoloration. La maladie peut entraîner un rabougrissement du plant. Le virus est transmis par différentes espèces de thrips (Messiaen *et al*, 1993).

□ **TYLCV (*Tomato Yellow Leaf Curl Virus*)** est aussi désignée par maladie des feuilles jaunes en cuillères de la tomate. Les symptômes caractéristiques apparaissent quinze jours à trois semaines après inoculation du virus. La croissance des plantes atteintes est fortement perturbée. Les feuilles sont de tailles réduites et présentent un jaunissement et/ou un enroulement en forme de cuillère. Plus l'inoculation du virus est précoce, plus les dégâts sont graves. En cas d'infection précoce, les plantes sont naines et ne

produisent plus de fruits. Le virus est transmis par la mouche blanche *Bemisia tabaci*. Toute une récolte peut être détruite si les plants sont contaminés en pépinières (Shankara *et al*, 2005).

□ **PVY (*Potato virus Y*)** est probablement présent dans toutes les zones de culture de la pomme de terre du monde entier. Le virus provoque diverses anomalies de coloration se traduisant par la présence sur les jeunes feuilles de marbrures d'abord discrètes, évoluant progressivement en mosaïque verte (Blancard, 2009).

□ **RepMV (*Pepino mosaic virus*)** lequel très fréquemment, peut être présent sans induire des symptômes visibles. Le symptôme le plus caractéristique est l'apparition de taches angulaires de couleur jaune vif sur les feuilles. Plus rarement, les plantes infectées montrent des lésions nécrotiques, taches ou stries, sur les feuilles et les tiges. Sur les tiges florales, elles peuvent provoquer l'avortement des fleurs (Blancard, 2009).

1.1.6.3.3. – Pathologies bactériennes

La tomate fait souvent l'objet d'infections par plusieurs bactéries qui développent des symptômes multiples, dont les plus graves sont synthétisées dans le Tableau 3 :

Tableau 3 - Maladies bactériennes de la tomate (Snoussi, 2010)

Maladies bactériennes	Symptômes et dégâts
Moucheture bactérienne et galle bactérienne	Taches nécrotiques noires sur les feuilles et sur les fruits.
Moucheture bactérienne	
Moelle noire	Tige molle colorée en brun
Chancre bactérien	Tiges spongieuses avec présence de cavités d'air. Petites tâches chancreuses sur les folioles de couleur blanc marron Jaunissement de la moelle en bordure des vaisseaux sur les tiges. Présence de petites taches blanches, brunes au centre sur les fruits

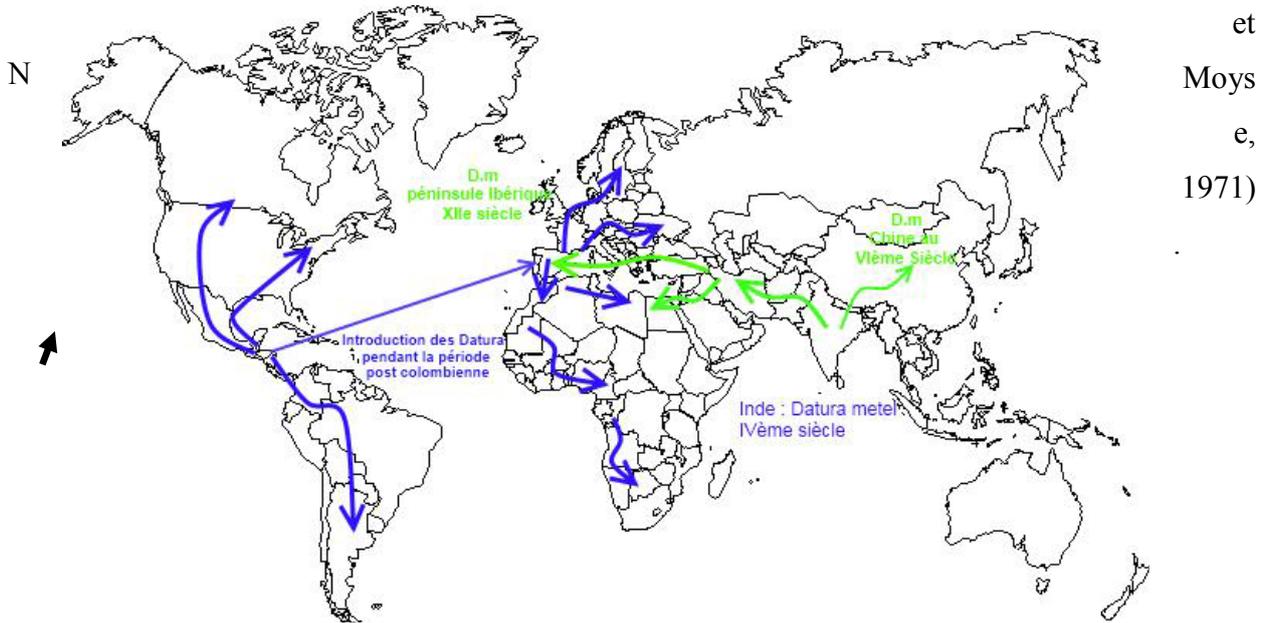
1.2. - Présentation du genre *Datura* L.

Après de brefs rappels sur l'origine et la répartition du genre *Datura*, sa position systématique est abordée en particulier celle de *Datura stramonium*. Elle est suivie par divers aspects du genre *Datura*, telles que sa description, son écologie et ses propriétés physiologiques.

1.2.1. Origine et répartition du *Datura* dans le monde et en Algérie

L'origine des *Datura* est très controversée, selon certains auteurs, les *Datura* sont originaires d'Europe méridionale d'après Bianchini et Pantano (1986). Par contre, Fernald, (1970) pense que leur aire d'origine serait la région tropicale d'Asie. L'Amérique méridionale serait le continent d'où sont issues les espèces de *Datura* (Every *et al*, 1959; Rousseau, 1968).

Celles-ci se sont répandues, par la suite, dans les zones chaudes, tempérées et tropicales (Paris



Echelle : 1 / 125 000

Fig.3 : Voies hypothétiques d'expansion des *Datura* sp dans le monde
Datura sp (Bleu) et *Datura metel* (vert). (Morsli, 2013).

Au début du XVI^{ème} siècle, les portes de l'Europe s'ouvrirent au *Datura* à travers l'Espagne. Les premiers plants furent diffusés par les Tsiganes (d'où l'appellation d'herbe des gitans). Le genre s'est propagé ensuite en Afrique du Nord (Huxley *et al*, 1992) (Fig.3).

En Algérie, les *Datura* sont cosmopolites (Quézel et Santa, 1962), elles poussent à l'état spontané, aux bords des routes, dans les décombres et dans les cultures (Houmani *et al*, 1994 ; Houmani-Benhizia, 1999). Ils préfèrent cependant, les sols argileux, légèrement basiques, humides et les expositions bien ensoleillées (Houmani-Benhizia, 1999).

Le genre *Datura* regroupe plusieurs espèces, dont cinq sont identifiées à l'état spontané en Algérie par Houmani-Benhizia (1999), il s'agit de *Datura ferox* L, *Datura inoxia* Mill, *Datura quercifolia* Humb, *Datura stramonium* L et *Datura tatula* L.

1.2.2. - Position systématique du *Datura*

Le genre *Datura* appartient à la famille des Solanacées. La diversité spécifique des *Datura* à l'échelle mondiale est très importante (Evans, 1979 ; Yousaf *et al*, 2008). Les Solanacées englobent près de 2500 espèces regroupées en 90 genres. Les espèces pour la moitié appartiennent au genre *Solanum* L. (Didier, 2001). Certaines espèces sont alimentaires notamment la pomme de terre, la tomate, le piment et l'aubergine, tandis que d'autres, qui poussent à l'état spontané, sont toxiques telles que la jusquiame et la belladone *Datura*, connues depuis des siècles pour leurs propriétés narcotiques et psychotropes (Hunziker, 2000).

1.2.3. -Présentation de *Datura stramonium*

Cette espèce est décrite par certains auteurs (Quézel et Santa, 1962; Aloïs Schmid, 1986). C'est une plante autogame de 0,3 à 1,5 m de hauteur. Les tiges sont rondes et glabres. Les feuilles sont grandes (5 à 13 x 3 à 15 cm), glauques, molles, à limbe sinueux et denté. Elles sont alternes et munies d'un long pétiole (2 à 6 cm). Les fleurs sont solitaires et prennent naissance au niveau des dichotomies. Le calice est longuement tubuleux à base persistante sous le fruit. La corolle est très grande en forme d'entonnoir. Le fruit est une capsule volumineuse couverte d'épines épaisses dilatées à la base. Il comporte deux loges bipartites s'ouvrant par 4 valves pour libérer à maturité des graines noires et réniformes (Fig. 4).

La feuille (16x12) cm



Plante en pleine croissance (Mois de Mai).



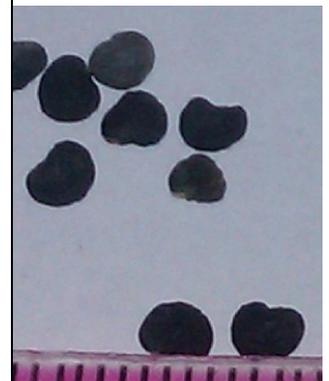
La feuille (16x12) cm

Plante en pleine floraison (Mois de Juin).



*Diversité des capsules
(4 et 6 valves)
(38x28) mm*

La fleur blanche érigée de 11 cm



Graines

Fig.4 : Morphologie de *Datura stramonium* : Port, fleurs, capsules et graines (Morsli, 2013)

Deux variétés de *Datura stramonium* sont signalées en Algérie. L'une est *Datura stramonium* var. *eustramonium* avec des fleurs blanches et une tige verte, et l'autre *Datura stramonium* var. *tatula* avec des tiges et des fleurs violettes (Houmani-Benhizia, 1999 ; Houmani et Cosson, 2000).

En Algérie, *D. stramonium* pousse naturellement dans les lieux incultes, au bord des chemins et des cours d'eau. Elle est considérée comme une mauvaise herbe ou adventice des cultures (Morsli *et al*, 2011 ; 2013) Il est possible de la trouver jusqu'à la limite du Sahara (Baba Aïssa, 1991).

Elle est présente aussi parmi les mauvaises herbes dans les terrains de décharge, en bordure de chemins et dans les terrains vagues riches en azote (Pelikan, 1986). Selon Fluck (1977) elle est commune dans les lieux incultes et dans les champs, mais peu d'années au même endroit.

1.2.4. - Intérêts écologiques des *Daturas*

Les *Daturas* présentent de nombreuses applications dans le domaine de la dépollution des eaux et des sols. En effet, il est à noter leur utilisation pour l'absorption des déchets radioactifs, comme au niveau du laboratoire californien de Los Alamos, où ces plantes servent pour purifier l'eau chargée en métaux radioactifs ou toxiques) (Rolard, 2002). En Agriculture, les *Datura* peuvent être employées en lutte biologique, méthode alternative grâce à leur activité biopesticide, contre plusieurs ravageurs tels que les insectes (aleurodes), les acariens, et les nématodes phytoparasites ainsi que contre des pathogènes (Beliard *et al*, 2002 ; Rolard, 2002).

1.2.5. - Propriétés physiologiques et usage des alcaloïdes tropaniques

Trois espèces appartenant à différents genres de la famille des Solanaceae, *Datura*, *Atropa* et *Hyoscyamus* sont encore utilisées pour leurs vertus médicinales, surtout en homéopathie. Malgré leur intérêt pharmaceutique, ces substances, à de fortes doses exercent des effets toxiques sur les humains et les animaux (Ahmad *et al*, 2009).

Les alcaloïdes contenus dans ces végétaux, exercent chez l'homme une action parasympatholytique pouvant conduire en cas d'intoxication à un syndrome atropinique ou anticholinergique (Goullé *et al*, 2004 ; Pretorius et Marx, 2006). D'après ces mêmes auteurs, ce syndrome est caractérisé par un blocage de la production d'acétylcholine dans les synapses du système nerveux central. Les principaux signes cliniques sont : mydriase, sécheresse cutanée et des muqueuses, vasodilatation et tachycardie.

Une étude a montré l'effet positif des extraits de feuilles de *Datura stramonium* sur la cytotoxicité de différentes cellules cancéreuses de l'utérus (MDA – MB213), de la tête, du cou (FaDu) et des poumons (A549) (Ahmad *et al*, 2009).

D'autres études mettent en évidence l'effet des extraits de feuilles de *Datura inoxia* comme agent antimittotique des cellules cancéreuses du colon (HCT 15), du larynx (Hep-2) (Arulvasu *et al*, 2010) et du cervical (HeLa) (Pandey *et al*, 2011).

1.2.5.1. Scopolamine

Les propriétés pharmacologiques de la scopolamine sont très voisines de celles de l'atropine, mais avec des effets centraux plus marqués en raison d'une meilleure affinité avec les récepteurs muscariniques (Gryniewicz et Gadzikowska, 2008). La scopolamine a une action sédatrice, hypnotique dans l'agitation psychomotrice Elle majore en intensité et en durée les effets déprimeurs des autres alcaloïdes sur le système nerveux central (Monteriol *et al*, 2007).

Elle est souvent utilisée en association avec la morphine et la spartéine pour la préparation à l'anesthésie générale des grandes interventions chirurgicales (Verdrager, 1978). De même, la scopolamine, est utilisée pour calmer les douleurs rénales, de la vésicule biliaire et du colon (Paul *et al*, 2007).

La scopolamine est également employée en injection intramusculaire ou intraveineuse pour soulager une entorse. A forte dose, elle entraîne des hallucinations et dans le cas extrême des états comateux (Dorvault, 1982). Elle est utilisée dans la prévention du mal des transports par un système adhésif à appliquer sur la peau derrière l'oreille. Ce système contient 1,5 mg de scopolamine qui est libérée progressivement à travers la membrane du système (Bruneton, 1999).

1.2.5.2 – Hyoscyamine

L'hyoscyamine (= isomère racémique de l'atropine) est un mydriatique énergique. Ses effets physiologiques sont intenses (Dorvault, 1982). D'autres actions de l'hyoscyamine sont soulignées par le même auteur, tel que l'effet paralysant sur les fibres musculaires lisses, cette paralysie permet une action antispasmodique notamment sur le tube digestif, les voies respiratoires et la vésicule biliaire.

1.2.5.3 - Atropine

L'atropine agit au niveau du coeur par une accélération cardiovasculaire (Kenneth *et al*, 2001). Elle entraîne une bronchodilatation (bronchectasie). Mais l'effet le plus marqué de l'atropine est celui qu'elle exerce sur la pupille en la dilatant avec photophobie (Alexander *et al*, 2008; Javier *et al*, 2008). De plus, elle est utilisée pour les traitements de l'ulcère d'estomac et comme antispasmodique dans le traitement des troubles intestinaux (Mateus *et al*, 1999 ; Kenneth *et al*, 2001). L'atropine peut également être utilisée dans le traitement du syndrome parkinsonien (Stenkamp *et al*, 2004).

1.3. - Intoxications par les *Datura* dans le monde et en Algérie

Le tableau clinique des personnes intoxiquées par cette plante, est dominé par les troubles du comportement avec hallucinations visuelles, auditives, tactiles, désorientation spatio- temporelle, agitation motrice, rougeur de la face, une mydriase, délire, tachycardies et hyperthermie (Chan, 2002). Dans les cas les plus graves, il est possible d'observer des convulsions, une détresse respiratoire et le coma (Lapostolle et Flesh, 2006 ; Montceriol *et al*. 2007). Pour rappel, en 1666, près de la ville de James Town en Virginie (USA), des soldats furent intoxiqués en masse, après avoir consommé plusieurs plantes de *Datura stramonium* en guise de repas (en pensant que c'était des épinards). Cet événement est à l'origine du nom «Jimson Weed » utilisé pour designer le *Datura* et qui vient de contraction des mots « Jamestown » et «Weed» (Arouko *et al*, 2003).

En Algérie, les intoxications par les *Datura* ont lieu généralement en période estivale et au début de l'automne. Leur caractère cosmopolite et leurs propriétés anticholinergiques font de ces plantes des végétaux toxiques pour les adolescents qui recherchent des sensations et pour les toxicomanes (Bouzidi *et al*, 2002).

1.4. - Production d'alcaloïdes dans le monde et en Algérie

Sur le marché international, les pays producteurs d'alcaloïdes tropaniques, ne cessent d'exploiter de nouvelles techniques pour accroître la production de ces biomolécules. En effet, à titre d'exemple, l'Inde a mis en évidence des cultivars améliorés à fort potentiel de production d'alcaloïdes. En 1990, la France utilisait près de 20 à 30 tonnes de feuilles de *Datura* pour produire des médicaments contre l'asthme et des antispasmodiques ainsi que des médicaments contre la maladie de Parkinson (Schmelzer et Gurib –Fakim, 2008).

En Algérie, entre 1940 et 1955, une importante usine d'antibiotiques et un atelier d'extraction et de conditionnement des alcaloïdes, ont été inaugurés dans les environs d'Alger à Gué de Constantine (Série économique, 1957). D'après Schmelzer et Gurib–Fakim (2008) les rendements les plus élevés en scopolamine et hyoscyamine furent obtenus en Algérie, avec 7,5 kg/ha pour la scopolamine et 21 kg/ha pour l'hyoscyamine. Ces résultats justifient les grandes potentialités d'exploitation des alcaloïdes en Algérie à condition de mettre en place une démarche de recherche adéquate, incluant un inventaire, une caractérisation et une valorisation des espèces potentiellement intéressantes (Morsli, 2013).

1.5. - Importance économique et pharmaceutique des métabolites secondaires végétaux

Les métabolites secondaires peuvent être classifiés de différentes façons selon leurs caractéristiques chimiques, l'origine de la plante ou l'origine biosynthétique du composé (Tab. 4). Comparativement aux métabolites primaires, l'extraction de composés secondaires est souvent difficile à cause de leur faible niveau d'accumulation dans la plante (Kinghorn et Balandrin, 1993), ce qui induit un coût de production souvent assez élevé.

Tableau 4 - Nombre de métabolites secondaires connus recensés dans « Dictionary of natural products » (Verpoorte, 2000, repris de Chapman et Hall (1998)).

Noms des MII	Nombres des MII	Noms des MII	Nombres des MII
Aliphatics	5200	Oxygen heterocycles	1348
Lignans	1565	Amino acids, peptides	3921
Alkaloids	15765	Polycyclic aromatics	2448
Benzofuranoids	387	Benzopyranoids	2694

Polyketides	2442	Simple aromatics	4527
Carbohydrates	3210	Tanins	750
Flavonoids	8128	Terpenoids	27463

MII : Métabolites secondaires

Actuellement, plus de 100.000 molécules différentes sont connues et 4000 nouveaux métabolites sont découverts chaque année (Verpoorte *et al.*, 1999 ; Verpoorte, 2000). Ces composés présentent un intérêt économique notable. Il est estimé en effet, qu'au moins 25 % des spécialités pharmaceutiques mises sur le marché proviennent de plantes médicinales ou de produits dérivés de celles-ci (Verpoorte, 2000). Environ 75 % des médicaments prescrits actuellement dérivent des produits naturels (Farnsworth et Soejarto, 1991; Kinghorn et Balandrin, 1993). Cragg *et al.* (1997) confirment que la plupart des antibiotiques et des antitumoraux sont des produits naturels dont une grande part provient des plantes. De même, Verpoorte (2000) rapporte qu'entre 1983 et 1994, 78 % des nouveaux antibiotiques et 61 % des nouveaux antitumoraux autorisés sur le marché sont des produits d'origine naturelle issus des plantes, ou dérivés de ceux-ci. Beaucoup d'extraits végétaux (contenant des MII) sont utilisés dans l'industrie non alimentaire tels que des gommes, des édulcorants, des colorants et des pesticides, pour l'élaboration de cosmétiques et de parfums avec des huiles essentielles, ou encore comme principes actifs médicamenteux notamment des (hétérosides des cardiotoniques, des alcaloïdes tropaniques et morphiniques (Verpoorte, 2000). Cependant, l'obtention de ces métabolites secondaires d'intérêt thérapeutique à partir de plantes pose différents problèmes d'approvisionnement. La complexité structurale de ces substances rend souvent leur synthèse difficile et/ou trop onéreuse. Ces divers problèmes ont rendu nécessaire la recherche d'alternatives de production. Les biotechnologies végétales se sont développées et offrent de nouvelles opportunités pour produire ces molécules à haute valeur ajoutée (Verpoorte, 2000).

1.6. -Relation plante-insecte et composés secondaires

Malgré les nombreux débats concernant les causes de la généralisation et du maintien de ces substances dans les populations végétales, le rôle défensif de ces composés secondaires est désormais admis de tous (Royer, 2013).

Les composés secondaires des plantes sont donc des substances allélochimiques susceptibles d'agir comme des systèmes de défenses constitutives directes, permettant aux plantes de réduire les dégâts occasionnés par leurs ennemis naturels (Hare, 2005 ; Royer, 2013). Les structures chimiques de certains composés secondaires de plantes particulièrement toxiques ont été isolées et des études ont été entreprises pour rechercher leurs mécanismes d'action sur les organismes (Dugravot, 2004).

1.6.1. - Mécanismes de défense des plantes

Deux aspects retiennent l'attention ce sont d'une part les barrières structurales et d'autre part les molécules phytoanticipines.

1.6.1.1. - Barrières structurales

Ce sont les premières barrières auxquelles les bioagresseurs se heurtent, avant le contact avec les parois cellulaires. La cuticule, recouvrant les premières couches de cellules au niveau de l'épiderme, en est la structure la plus efficace. Certaines structures à la surface des feuilles peuvent empêcher l'adhésion ou la germination de bactéries ou d'œufs d'insectes. Par exemple, les trichomes, poils épidermiques, pointus ou en crochet, peuvent piéger les insectes ou leurs œufs (Benhamou, 2009).

1.6.1.2. - Molécules phytoanticipines :

Ce sont des barrières chimiques constitutives, Les cellules végétales produisent de nombreux composés qui leur permettent de se protéger contre les attaques des bioagresseurs. Ces molécules sont produites continuellement, même en l'absence de bioagresseurs. Elles sont appelées phytoanticipines et regroupent les composés phénoliques, les alcaloïdes, les saponines...faisant partie des métabolites secondaires. Ces phytoanticipines, contrairement aux phytoalexines, sont des composés synthétisés dans la plante saine et dont la production peut être stimulée par une attaque de bioagresseurs, à partir de molécules déjà présentes dans la plante (Van Etten *et al*, 1994).

Ces composés antimicrobiens ou anti-herbivores, sont soit stockés sous forme inactive et activés suite à l'attaque, soit séquestrés dans un compartiment cellulaire et libérés lors de la décompartimentation des cellules liée à l'attaque (Benhamou, 2009; Reisdorf-Cren, 2012).

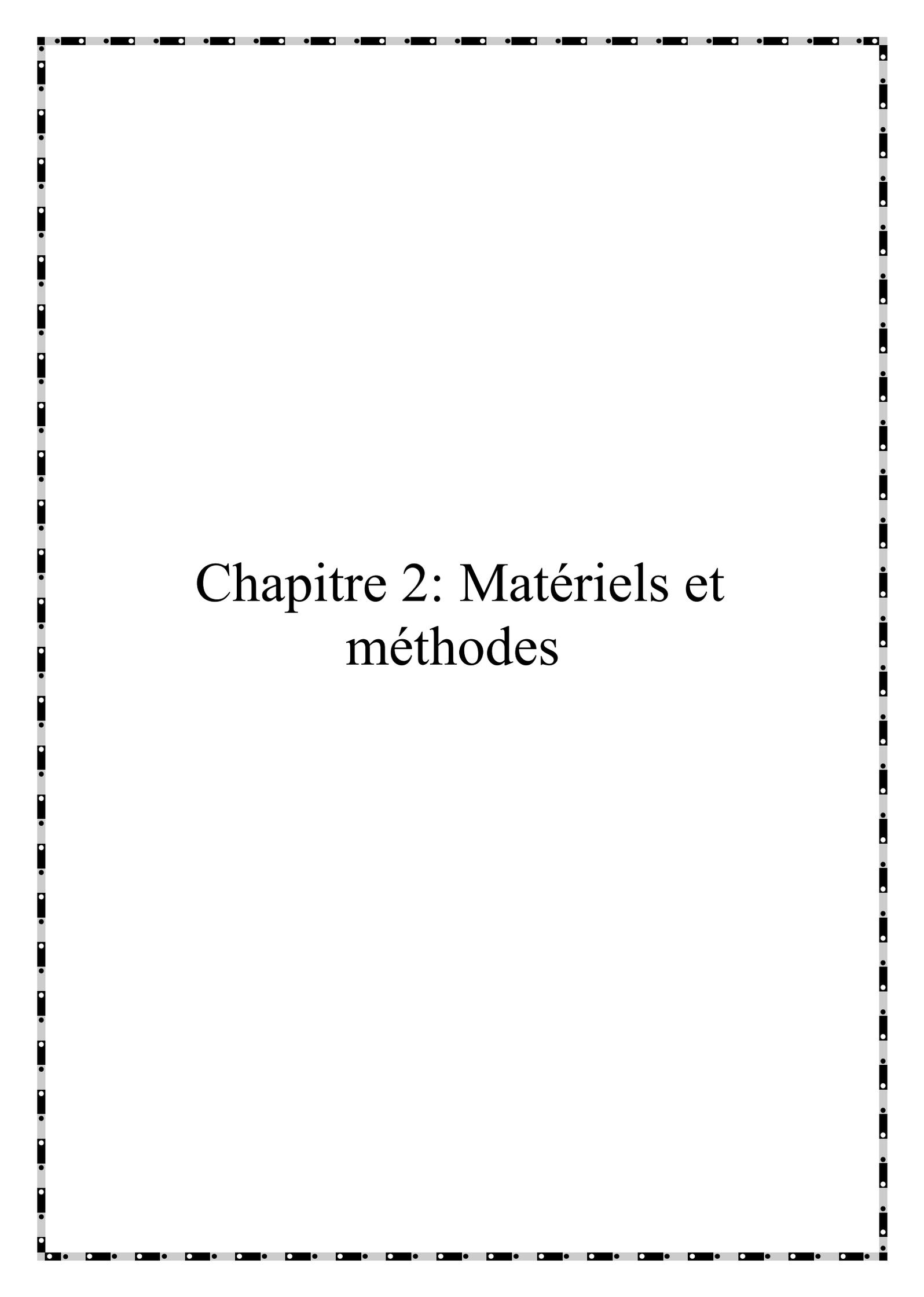
Ils agissent directement en bloquant la croissance du bioagresseur ou indirectement en inhibant certaines des enzymes utilisées pour pénétrer dans la plante (Macheix *et al*, 2005). L'effet de défense de ces molécules peut être renforcé par une augmentation des teneurs après une attaque de bioagresseurs (Scheel, 1998; Macheix *et al*, 2005).

1.7. - Principaux métabolites secondaires impliqués dans la défense

Les alcaloïdes de tous les composés secondaires végétaux connus, environ 20 % sont classés comme alcaloïdes (Verpoorte *et al*, 1993; Nugroho *et al*, 2002). Environ 20 % des espèces de plantes à fleurs produisent ces alcaloïdes et chacune d'elles les accumule en fonction d'un modèle unique et prédéfini (Croteau *et al*, 2000). Dans leur définition originelle, les alcaloïdes sont des composés végétaux pharmacologiquement actifs contenant de l'azote. Actuellement, cette définition n'est pas suffisamment complète pour englober tous les groupes d'alcaloïdes, mais elle peut être toujours appropriée dans de nombreux cas (Croteau *et al*, 2000).

Les structures chimiques complexes des alcaloïdes rendent l'élucidation de leur structure et les études sur leur biosynthèse très difficiles. Des études établissent clairement que les alcaloïdes sont principalement formés d'acides aminés tryptophane, tyrosine, phénylalanine, lysine et arginine. Ils peuvent être isolés ou liés à une autre fraction de type stéroïde, sécoiridoïde ou terpénoïde. Il a été montré qu'une ou deux transformations seulement sont nécessaires pour convertir ces acides aminés en substrat pour le métabolisme des alcaloïdes, fortement spécifique à chaque espèce de plante. Ces transformations nécessaires pour la biosynthèse des alcaloïdes sont catalysées par des enzymes fortement stéréo, régio et substratspécifiques (Croteau *et al*, 2000). Selon leurs acides aminés précurseurs, les alcaloïdes sont séparés dans plusieurs catégories, celles des alcaloïdes terpénoïdes indoliques, des tropaniques, des pyrrolizidiniques, des acridoniques, des isoquinoliniques et des quinolizidiniques. Les alcaloïdes sont considérés comme faisant partie du système de défense chimique constitutif de nombreuses plantes. Leur rôle dans la défense chimique est supporté par leur large gamme d'effets physiologiques sur les animaux et par leur activité antibiotique

et répulsive contre les insectes (Royer, 2013). Par exemple, la nicotine, alcaloïde trouvé dans le tabac, a été le premier insecticide utilisé par l'homme. Un autre alcaloïde efficace contre les insectes est la caféine trouvée dans les graines et les feuilles du cacaoyer, du caféier et du théier. L'acide jasmonique joue un rôle dans la régulation de la réponse des plantes produisant des alcaloïdes (Royer, 2013).



Chapitre 2: Matériels et méthodes

2.1. Données climatiques du site expérimental

Parmi les facteurs climatiques, les plus importants sont la température et les précipitations.

2.1.1. - Températures

Le climat de la région d'étude est de type méditerranéen caractérisé par un été chaud et sec et par un hiver froid et humide.

Le tableau 5 rassemble les valeurs moyennes des maximas et des minimas des températures de la période 2012 (période de l'expérimentation).

Tableau 5 - Températures mensuelles moyennes maxima et minima, notées durant l'année 2012 dans la station de Dar Beida (O.N.M., 2013)

	MOIS											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
M(C°)	16,8	13	17,6	20,6	22,5	27,8	28,4	32,3	27,1	26,5	19,8	19
m(C°)	11,4	7,5	12,5	14,6	17,2	21,7	23,6	25,5	21,7	19,6	13,9	13,1
(M+m)/2	14,1	10,2	15,05	17,6	19,8	24,7	26	28,9	24,4	23,0	16,8	16,0

M : Températures moyenne mensuelle des maxima

m : températures moyenne mensuelle des minima.

(M+m) /2: Température mensuelle moyenne.

Durant l'année 2012, le mois le plus chaud est le mois de juillet avec une température moyenne de 28,9°C et le mois le plus frais est le mois de février avec une température moyenne égale à 10,2 °C.

2.1.2 - Précipitation et humidité de l'air

Les valeurs obtenues grâce à l'O.N.M. (2013) sur les précipitations et l'humidité relative de l'air sont placées dans le tableau 6.

En 2012, durant le présent essai, les précipitations moyennes mensuelles sont importantes avec 61,9 mm observés en octobre et 1,02 mm notés en Juillet (Tab. 6). Par contre, le mois d'Août est le mois le plus sec avec 0 mm. Pour ce qui est de l'humidité relative, elle varie entre 55,6 % au mois de Juillet et 41,8 % en août.

Tableau 6. Données climatiques (précipitation et humidité) durant l'essai 2012

Mois	Précipitations moyennes mensuelles (mm)	Humidité (%)
V (semis)	20,06	53,1
VI	1,02	50,5
VII	0	55,6
VIII	4,06	41,8
IX	7,12	51,6
X	61,97	48,7

(O.N.M., 2013)

La station expérimentale se trouve dans l'étage bioclimatique sub-humide et bénéficie d'un climat doux méditerranéen, caractérisé par l'alternance de deux saisons :

- Une saison chaude qui s'étale du mois de Mai au mois d'Octobre ;
- Une saison froide qui s'étale du mois de Novembre au mois d'Avril.

2.2. Culture en plein champ de la co-culture, Tomate et *Datura* en 2012

Après la présentation du site et du dispositif expérimental, la préparation du sol est traitée. Les méthodes expérimentales et l'entretien de l'essai sont exposés.

2.2.1. –Matériels biologique et Méthodes expérimentales

2.2.1. Mise en culture en pépinière

Le semis des deux espèces, tomate variété « Tiziri » et *Datura stramonium*, est réalisé au mois d'avril 2012 sous serre, dans des alvéoles de (67mm x 67mm x 200 cm³), une densité de 166 plants /m², Après trois semaines de culture, les plants sont transplantés dans la parcelle expérimentale.

2.2.2. Site expérimental

En 2012, la co-culture de la tomate (*Solanum lycopersicum*) de la variété Tiziri est associée au *Datura stramonium*, est conduite en culture intercalaire (Fig.5). L'expérimentation est réalisée sur une parcelle de 140 m², au niveau de l'Ecole Nationale

Supérieure Agronomique (ENSA) d'El Harrach ; cette parcelle se situe à 48 m d'altitude, dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver doux, avec une pluviométrie de 630 mm) (36° 43' 28" N.; 3°08' 20" E.). Le sol est de type argilo-sablo-limoneux, perméable (Morsli *et al*, 2011).



Fig. 5 - Parcelle expérimentale avec installation de système goutte à goutte

2.2.3. - Préparation du sol

Le travail du sol a débuté par un labour à l'aide d'une charrue bisocs réversible le 18 avril 2012. Une reprise par des façons superficielles au cover crop a été réalisée le 28 avril 2012.

2.2.4. Mise en place de l'essai en plein champs

Les parcelles élémentaires de l'essai correspondant aux différents traitements ont été réparties aléatoirement sur le terrain, Ils sont répartis en trois unités expérimentales (UE). L'intervalle entre deux UE est de 0,50 m. Chaque unité expérimentale est divisée en micro-parcelles de 6m² (3m X 2m), et espacées de 2 m l'une de l'autre. Chaque micro-parcelle correspond à un traitement et contient cinq lignes à intervalle de 0,60 m l'une de l'autre. Les écartements entre deux plants est de l'ordre de 0.6 m pour les deux espèces. La fertilisation est appliquée à l'ensemble de la parcelle sous forme d'engrais solubles au cours des irrigations. Les macroéléments (N, P, K) sont apportés selon l'équilibre (15-15-15) avec des quantités variables selon l'avancement des stades de développement de la culture. Les travaux

d'entretien de la culture se sont limités à la taille des bourgeons axillaires de la tomate, à l'élimination des feuilles de la base des plants et des vieilles feuilles des deux espèces et au désherbage manuel. Aucun pesticide n'a été employé sur les parcelles pendant toute la période d'essai. Les mesures ont été effectuées de la date de transplantation des plants soit le début du mois de mai jusqu'à la fin du cycle biologique de la tomate, au début du mois d'octobre). Quant à l'irrigation, elle est effectuée par le système du goutte-à-goutte.

Le dispositif expérimental adopté est réalisé en randomisation totale avec quatre traitements : T₀ : témoin (tomate seule), T₁ : plant/ plant (tomate / *Datura*), T₂ : ligne/ligne (tomate / *Datura*) et enfin T₃ : plantation aléatoire. Chaque traitement est répété trois fois. Chaque parcelle élémentaire est formée au total de 25 plants (Fig.6). Les mesures sont effectuées uniquement sur les plants de tomate pour comprendre l'influence de la culture intercalaire sur le développement de cette dernière.

2.2.5. - Entretien de l'essai

2.2.5.1. - Irrigation

Étant donné que le semis a été effectué au mois de Mai, il a fallu arroser chaque jour, afin de maintenir le sol suffisamment humide et par conséquent assurer aux plants une croissance optimale. Pour cela, un système d'irrigation par goutte à goutte a été installé au champ et l'arrosage s'effectuait en apportant une dose journalière de 50 ml par plant.

2.2.5.2. - Désherbage

Le désherbage a été réalisé manuellement chaque fois qu'il y a eu apparition des adventices pour éviter toute compétition avec les *Datura*.

2.3. - Estimation des pertes en fruits

Après la récolte des fruits, l'efficacité des traitements est jugée par comptage du nombre total de fruits sains (NTFS) et du nombre de fruits endommagés (NFE) par les insectes.

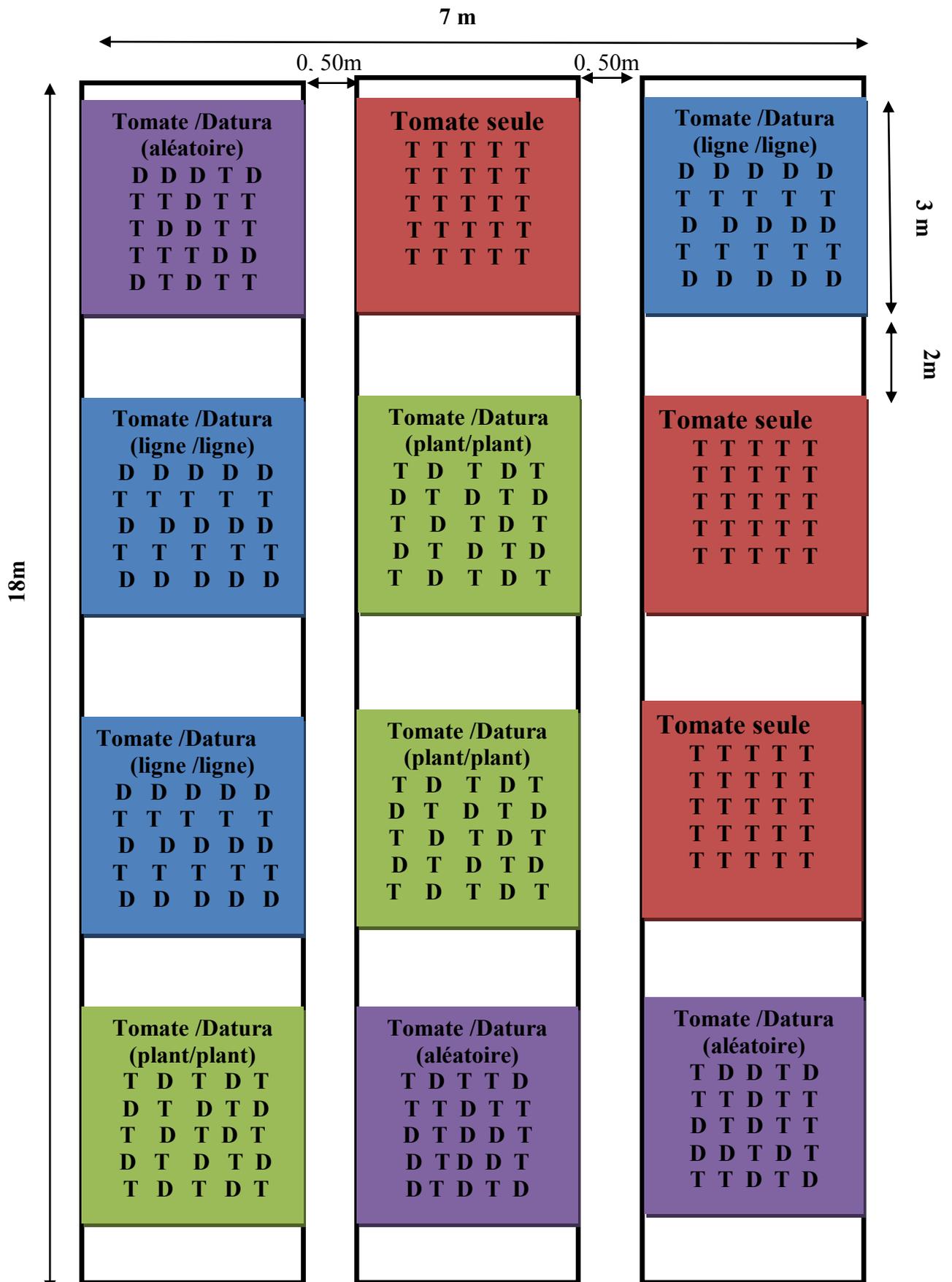


Fig .6. Schéma de dispositif expérimental installé en 2012 à ENSA

2.4. - Inventaire de différentes maladies sur les feuilles

Les différents plants malades sont pris en considération pour connaître les différentes maladies et les classer selon leur origine. Deux plants sont échantillonnés par rangée. 9 feuilles par plant sont soigneusement observées, soit 3 de la base, 3 au milieu et 3 de l'apex. Au total de 18 feuilles par rangée et 54 feuilles par micro-parcelle soit 162 feuilles pour chaque traitement sont prises en considération. Le pourcentage d'infestation des feuilles est calculé selon la formule suivante :

$$\% \text{ d'infestation} = (\text{Nombre de feuilles infestées} / \text{Nombre total de feuilles}) \times 100$$

2.5. - Paramètres agronomiques

Trois paramètres relatifs à la production ont été retenus pour évaluer la réaction de la culture vis-à-vis de la plante intercalaire : (PMF) le poids moyen du fruit par traitement en (g) et (NMFP) le Nombre moyen de fruits par plant et enfin le calibre moyen du fruit par traitement (CMF).

2.6. - Etudes de l'entomofaune sympatrique de la co-culture, Tomate et *Datura*

Diverses méthodes de capture peuvent être utiles pour l'étude des insectes. Elles ont été effectuées dans les champs de culture pendant l'année 2012, là où les plants de tomate avec *Datura* sont cultivés, cette variété de tomate se retrouve en mélange dans les champs avec des *Datura*.

L'identification des différents insectes déprédateurs des fruits est possible au cours de la récolte et grâce à la forme des fruits. Le piégeage des insectes a été réalisé du stade du repiquage jusqu'à la fructification et la maturité des premiers fruits. Ce champ n'a subi aucun traitement phytosanitaire durant toute la période de l'essai.

2.6.1. - Prélèvement des fruits

Après chaque récolte des fruits de tomate, les fruits atteints sont mis de côté pour l'identification des maladies.

2.6.2.- Prélèvement des feuilles

Sur le terrain, les feuilles de Tomate sont prélevées. Le principe est le même que celui présenté dans le paragraphe 2.4. En effet, la méthode est décrite dans le point consiste à effectuer des échantillonnages sur les plants de tomate, d'une manière aléatoire 9 feuilles par plant. Celles-ci sont soigneusement observées soit 3 de la base, 3 du milieu et 3 de l'apex. Au total 18 feuilles par rangée et 54 feuilles par micro-parcelle soit 162 feuilles pour chaque traitement sont récupérées. Les échantillons mis dans des sachets en matière plastique sont ensuite acheminés au laboratoire pour identification.

2.6.3. – Préparation, conservation et identification des insectes collectés

Les insectes capturés avec le piège Barber sont transférés dans de petits bocaux en matière plastique contenant de l'alcool à 70 %. Ceux obtenus grâce au filet fauchoir ou au battage sont mis également dans de petits bocaux contenant de l'alcool selon la taille et le genre. Les papillons en général sont placés dans des papillotes. Les insectes sont ainsi conservés jusqu'à leur identification, une fois arrivés au laboratoire d'entomologie de l'Ecole nationale supérieure agronomique (ENSA) d'El Harrach.

A l'aide des clés de détermination l'identification a été réalisée. Ensuite, la reconnaissance et la classification en genres et espèces des spécimens a été faite par leur observation sous une loupe binoculaire à image non inversée. Enfin, tous les échantillons collectés ont été identifiés par des spécialistes de l'Ecole au niveau du département de zoologie agricole et forestière soit pour la confirmation ou pour une infirmation. Ces différentes démarches ont permis de reconnaître les noms scientifiques des différents spécimens.

2.7. - Étude de l'effet de *Datura stramonium* comme amendement de sol pour lutter contre *Meloidogyne incognita*

2.7.1. - Matériels et Méthodes

La plupart des nématicides chimiques sont utilisés pour contrôler les attaques des nématodes dans les parcelles de légumes qui sont des produits de consommation fraîche. Cela soulève des préoccupations au sujet de la présence de résidus de ces produits chimiques toxiques dans la chaîne alimentaire, dans cette partie nous essayerons d'utiliser une méthode biologique à base de poudre de racines et feuilles de D.S pour lutter contre les nématodes à galle.

2.7.1.1. Préparation du substrat de culture

Un mélange de terre végétale et de terreau est désinfecté dans un autoclave à une température de 120 °C pendant 30 minutes. Le substrat (1kg) est mis dans des pots en plastique de 20 cm de circonférence au mois de décembre 2014.

2.7.1.2. - Extraction des nématodes à partir des racines et méthode d'incubation

Après la description de la technique de l'incubation, le broyage des différentes parties est abordé.

Les nématodes à galles, *Meloidogyne incognita*, ont été isolés à partir des racines de tomates infestées. Ces dernières ont été collectées au niveau de l'institut des cultures maraichères et industrielles de Staoueli (ITCMI), après l'arrachage des plants de tomate. Les racines sont séparées du reste du plant, lavées sous un faible courant d'eau du robinet jusqu'à ce que les racines soient exemptes de terre et de débris.

Les racines sont ensuite découpées en fines sections de 2 à 3cm, et placées dans des bocaux contenant de l'eau (Fig. 7).

Selon Coyne *et al*, (2010), Ces sous-échantillons sont ensuite pesés puis placés dans des béchers contenant l'équivalent de 10 à 20 ml d'eau du robinet. (Fig. 7). Durant l'incubation, les œufs éclosent pour donner des larves mobiles de deuxième stade. Certaines larves quittent les tissus végétaux et restent libres dans l'eau pendant une période de 2 à 7 jours. Le renouvellement de l'eau permet une meilleure survie de ces dernières. La suspension contenant un nombre considérable de juvéniles infestantes est récupérée dans un Bécher étiqueté pour chacun des échantillons).



Fig.7 : Extraction des nématodes par incubation

2.7.1.3. – Matériel végétale

Des plants de *Datura stramonium* cultivées en aéroponie ont été fournis par le Laboratoire des Ressources génétiques et Biotechnologies LRGB de l'ENSA qui serviront comme traitement biologique contre les nématodes. Ces plants ont été élicités dans le but d'optimiser leurs productions en métabolites secondaires (Rahmoune, 2017) (Fig.8). Les résultats obtenus par ce dernier montrent que les plants élicités et conduits sous ce système ont vu leurs teneurs en scopolamine augmentées de 90 % dans les feuilles et de 72% en hyoscyamine dans les racines par rapport aux témoins.

D'autre part, des plants de tomate ont été préparés afin qu'ils soient inoculés par des nématodes isolés dans l'étape citée précédemment.

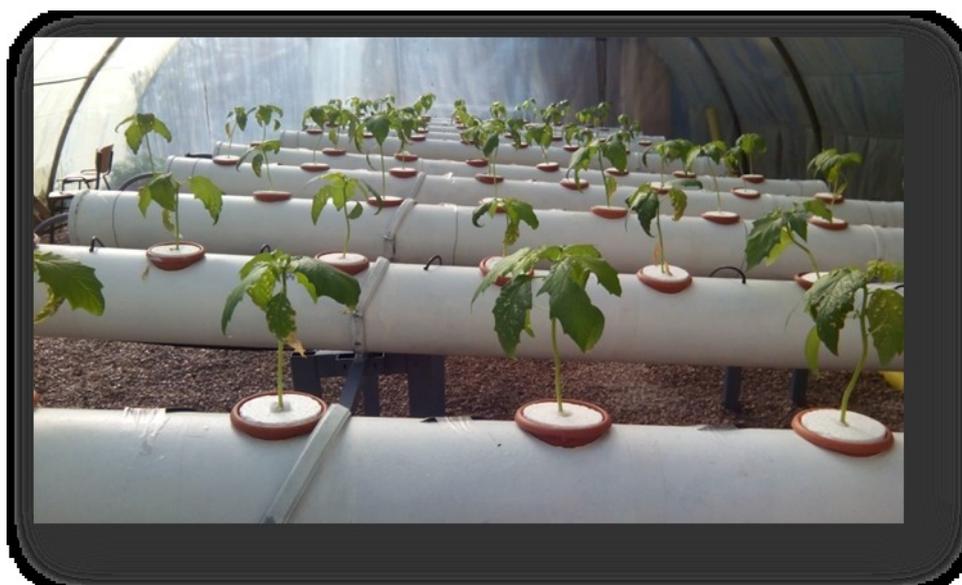


Fig.8- Culture hors sol (aéroponie) de *Datura stramonium* installée à l'ENSA en 2015 (Rahmoune, 2017)

2.7.1.4. – Préparation de l'amendement en poudre à base de *Datura stramonium* DS

Les feuilles et les racines issues des plants de DS cultivées en aéroponie, sont séchées dans une étuve à 140°C pendant 35 minutes. Elles sont ensuite broyées en poudre fine en utilisant un mixeur (Fig. 9).

Une fois la poudre obtenue des deux parties de la plante (feuilles et racines), le calcul des doses est effectué :

- Dose partie racines de DS : $D_1 = 2.02\text{g}$
- Dose partie feuilles de DS : $D_2 = 8.08\text{g}$
- Dose sans apport de DS : $D_0 = 0\text{g}$

Chaque dose a été incorporée dans les pots contenant des plants de tomate. Et l'arrosage se fait d'une manière régulière chaque jour pour faciliter la décomposition de la poudre obtenu des parties de la plante. Les plantes ont été inoculées avec 1ml de solution contenant des nématodes fraîchement éclos. Pour chaque traitement 15 répétitions ont été réalisées en Randomisation totale (Fig.10).



Fig.9. Les étapes de séchage et de broyage des feuilles et des racines de *Datura stramonium*

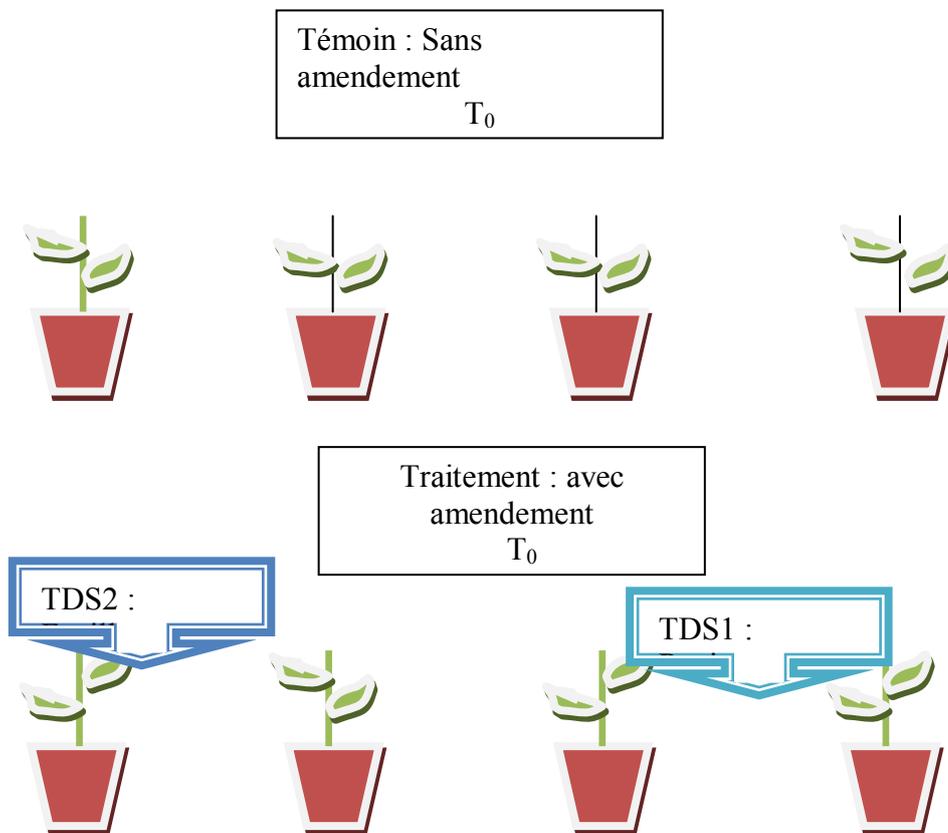


Fig .10. Schéma de dispositif expérimental installé sur les nématodes

2.7.1.5. – Mise en place de d’essai

L’abri serre utilisé lors de notre essai est situé à l’Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) d’Alger. La serre expérimentale est de type tunnel avant une longueur de 3m et une largeur de 6m, couvrant une surface de 18 m² avec un film polyéthylène. L’aération est assurée par l’ouverture des deux portes et par l’écartement des bâches en matière plastique sur les côtés.

2.7.2. Effet des traitements sur le degré de manifestation des dégâts

L’effet des traitements sur le degré de manifestation des dégâts a été évalué par la détermination de l’indice de galles. Afin de déterminer ce paramètre, les plants, en fin de cycle de la culture, ont été séparés de la partie aérienne au niveau du collet et arrachés soigneusement.

En effet, l’indice de galles est le paramètre qui a le plus de signification ; il permet notamment d’estimer le degré réel d’attaque des nématodes vis à vis des sujets testés. Le nombre de galles est estimé sur le système racinaire et les plants sont classés selon la notation suivante :

- Indice 0 : absence de galles
- Indice 1 : quelques petites galles
- Indice 2 : nombreuses petits galles
- Indice 3 : quelques grosses galles
- Indice 4 : nombreuses grosses galles
- Indice 5 : racine complètement envahies (racines digitées)

L’indice de galles en fin de culture, reste le paramètre nématologique qui permet de mieux apprécier l’état d’infestation d’une parcelle par les nématodes à galles (Mashkoo Alam, 1986 ; Elbadri, 2009 ; Kayani *et al*, 2012). L’évaluation de l’indice de galles a été effectuée à la fin de la culture. Il est à signaler que cet indice a été établi systématiquement pour tous les plants le jour même de l’arrachage.

2.7.3 - Effet des traitements sur l’indice de vigueur des plants

C’est une notation visuelle sur le port des plants, il est compris entre 0 et 4, avec l’indice 4 pour les plants sains et bien portants, et 0 pour les plants dépérissants (Mashkoo Alam, 1986).

2.7.4. - Effet des traitements sur la production

Au cours du cycle de la culture, les récoltes se font au fur et à mesure par traitement et pour tous les plants.

2.7.5 - Effet des traitements sur le calibre

Pendant le cycle de la tomate, les mesures de l'évolution du calibre se font en parallèle avec les récoltes. Les mesures se font à l'aide d'un pied à coulisse.

2.7.6 - Effet des traitements sur le nombre de fruits par plant

Pour chaque récolte, le nombre de fruits a été comptabilisé. Le cumul des récoltes est réalisé en fin de culture.

2.8. - Etude de l'effet des extraits de *Datura stramonium* sur les larves L₄ de *Tuta absoluta*

Dans cette partie de l'expérimentation, nous avons étudié l'effet des feuilles de *Datura stramonium* sur les larves de *Tuta absoluta*. L'utilisation des extraits des plantes comme insecticides est connue depuis longtemps. En effet la nicotine et la roténone sont déjà connus comme agent de lutte contre les insectes (Crosby, 1966 ; Ait Taadaouit *et al*, 2011). L'objectif de ce travail est l'étude de l'activité larvicide des extraits de *Datura stramonium* sur les larves de *Tuta absoluta* afin de sécuriser au mieux la production en réduisant les dégâts causés par ce ravageur afin de réduire l'utilisation des pesticides conventionnels et par conséquent limiter les effets néfastes de ces derniers sur l'environnement et la santé humaine. Elle permet d'encourager et de valoriser la production des cultures biologiques en Algérie.

2.8.1. - Collecte et conservation des larves

La collecte des larves a été effectuée à partir des feuilles de tomates minées ramassées lors des échantillonnages sur terrain dans une serre infestée. Les feuilles ont été placées dans des sachets en papier. Les larves soumises aux tests de toxicité proviennent d'un

élevage préétabli au laboratoire, dans des conditions contrôlées de température $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ et d'hygrométrie $\text{RH } 60\pm 5\%$. Les larves L_3 et L_4 identifiées et comptées sous la loupe binoculaire sont déposées dans des boîtes en plastiques pour traitement.

2.8.2. - Extrait de *Datura* : *Datura stramonium*

Les feuilles de *Datura*, nous proviennent de la culture de la *Datura* au niveau de la station expérimentale de l'ENSA lors de l'essai de la Co-culture en 2012 et 2013. Leur extraction se fait selon la méthode de Sasanelli et Divito (1991), qui consiste à faire broyer ces feuilles à l'aide d'un mixeur après leur séchage à l'air libre. La poudre obtenue est additionnée par la suite à l'eau distillée pour nous donner une solution qui va être agitée sur un agitateur ensuite filtrée à l'aide du papier filtre. En se basant sur le principe de prendre 25 g de poudre dans 150 ml d'eau distillée. Le filtrât obtenu représente la solution mère (S). D'après la bibliographie (Ait Taadaouit *et al*, 2011) et après les calculs, les doses suivantes sont

Choisies.

- ✓ **D0**= témoin
- ✓ **D1**= $S/8$ (12,5% de la solution mère)
- ✓ **D2**= $S/2$ (50% de la solution mère)
- ✓ **D3**= S (100% de la solution mère)

Les différentes étapes d'extraction des feuilles de *Datura* se trouvent sur la Fig11.

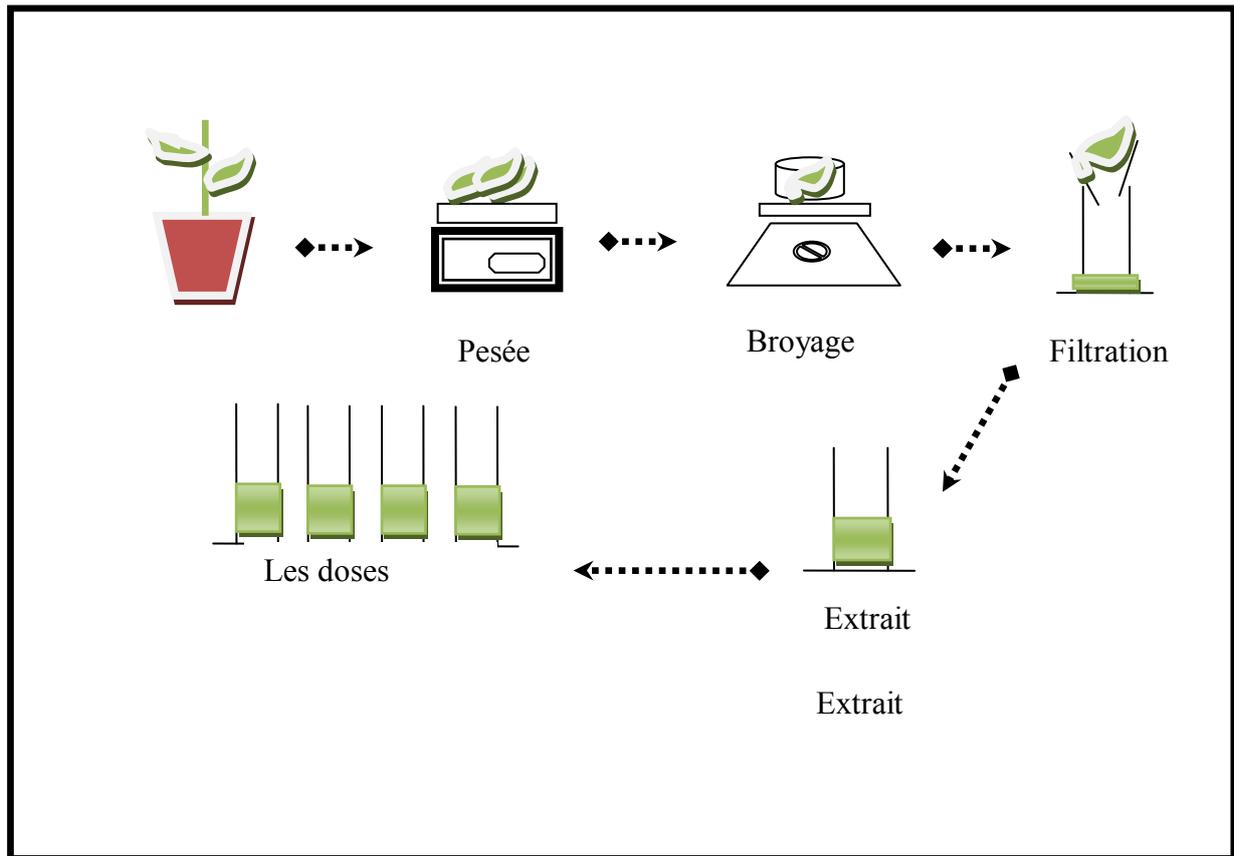


Fig.11. Les étapes d'extraction de l'extrait de *Datura stramonium*

2.8.3. Protocole expérimental

Pour réaliser cette étude, les insectes sont immédiatement isolés dès leur émergence dans des boîtes et des cages de traitement maintenus dans les mêmes conditions de température et d'humidité relative que l'élevage en masse des adultes et des larves.

La méthode adoptée est celle de Leaf-dip Bioassay, décrite par Cahill *et al.* (1996) modifiée. Quatre folioles de tomate sont trempées dans chacune des concentrations préparées, pendant 10 secondes. Puis, elles sont laissées à sécher à l'air libre durant 10 minutes. Ensuite, chaque foliole est introduite dans une boîte de Pétri (90mm) contenant un milieu gélosé à base d'agar-agar préparé la veille du bio-essai à raison de 15g/l. Les larves de *T. absoluta* en nombre de 5 sont déposées délicatement en utilisant un pinceau fin ou bien une aiguille entomologique, au total 04 répétition ont été réalisées. Ces bio-essais ont été conduits dans des conditions de températures de 26 ± 2 °C, une humidité relative comprise entre 60 et 70 % et une photopériode de 16 heures de lumière et 8 d'obscurité (Fig.12).

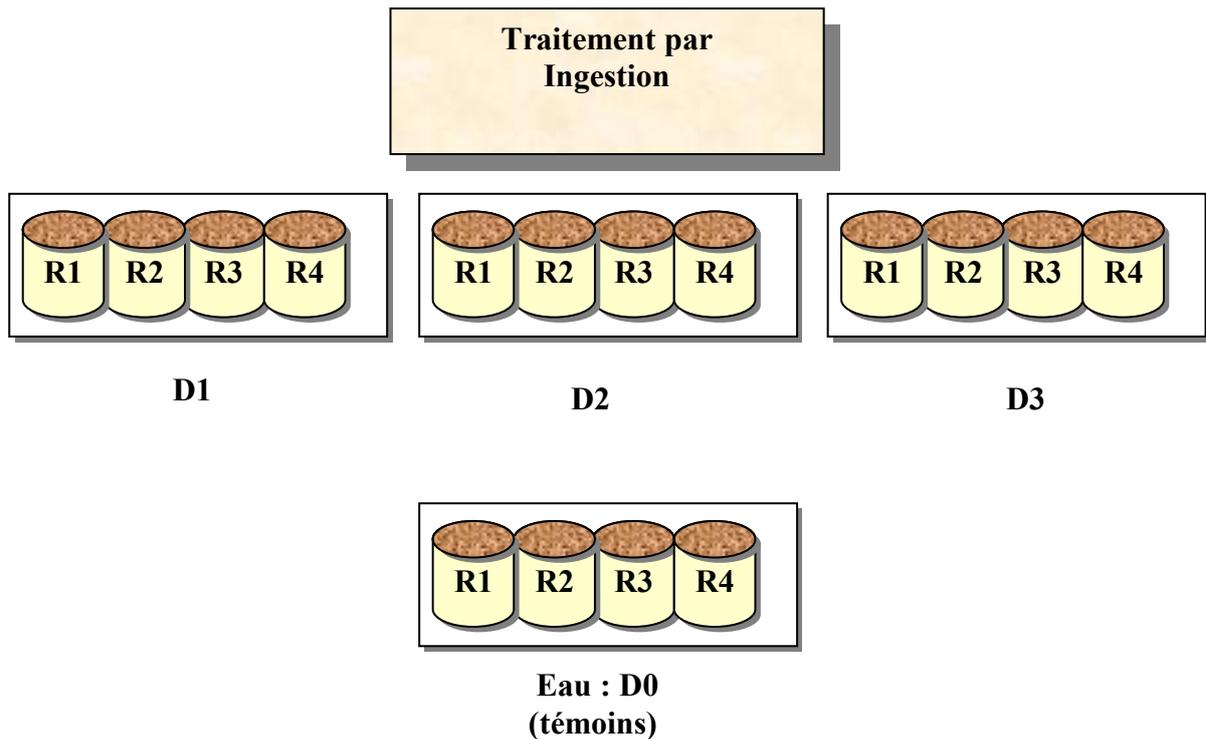


Fig. 12 : Protocole expérimental utilisé pour l'étude de l'effet de *Datura stramonium* sur la mortalité des larves L₄ de *T. absoluta*

2.8.4. -Traitements des données

L'efficacité d'un produit biocide est évaluée par la mortalité de l'organisme cible. Les traitements sont faits par ingestion, à l'exception du témoin. L'étude du comportement de ponte de *Tuta absoluta* sur les différents plants, permettra d'évaluer le site de ponte favorable pour les femelles de *Tuta absoluta*.

2.8.4.1. - Pourcentage de la mortalité

Le pourcentage de mortalité est calculé et corrigé par rapport aux taux de mortalité du témoin correspondant à l'équation suivante :

$$\text{Mortalité observée} = \frac{\text{Nombre d'individus morts}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100$$

2.8.4.2. - Calcul des DL₅₀

Avant de calculer les DL₅₀, le pourcentage de mortalité observée est corrigé par rapport au témoin selon l'équation d'Abbot (1925).

$$\text{MC\%} = \frac{\text{M2} - \text{M1}}{100 - \text{M1}} \times 100$$

M1 : Pourcentage de mortalité chez les témoins.

M2 : Pourcentage de mortalité chez les traitées.

MC% : Pourcentage de mortalité corrigée.

Pour calculer les DL₅₀ (dose nécessaire pour tuer la moitié d'une population) pour chaque dose de chaque produit dans les deux types de traitement, les doses sont transformées en logarithmes décimaux et les valeurs de pourcentages de mortalité en probits en se servant de la table de Bliss in Cavelier (1976). Ces calculs aboutissent à l'obtention des équations de droites de régression du type suivant:

$$Y = a x + b$$

Y : Probit de mortalité corrigée

X : Logarithme décimal de la dose

A : La pente

A partir de ces équations, il est possible de déterminer les DL₅₀ pour les larves L4 de *Tuta absoluta*, sachant que le probit de 50 % est égal à 5.

2.8.5. Etude du comportement de ponte de *Tuta absoluta* et influence des plantes hôtes

Les feuilles de tomate infestées par *Tuta absoluta* sont mises dans une cage. Des couples sont formés, après l'émergence des adultes. Les accouplements interviennent. Une fois fécondées, les femelles sont déposées au centre de l'enceinte expérimentale, les plants de tomate et *Datura stramonium* utilisées sont âgés de 4 mois.

Le comportement de recherche de l'hôte par les femelles de *Tuta absoluta* est analysé en situation de choix; chaque plante-hôte leur est toujours proposée. Après 3 répétitions, les plantes sont changées (Fig.13). Le nombre d'œufs pondus sur chaque plant est compté 24 h après l'introduction de la femelle.



Fig .13. Diapositive expérimental du comportement de ponte de *Tuta absoluta*

2.9. - Analyse statistique:

2.9.1. Analyses de la variance et comparaison des moyennes

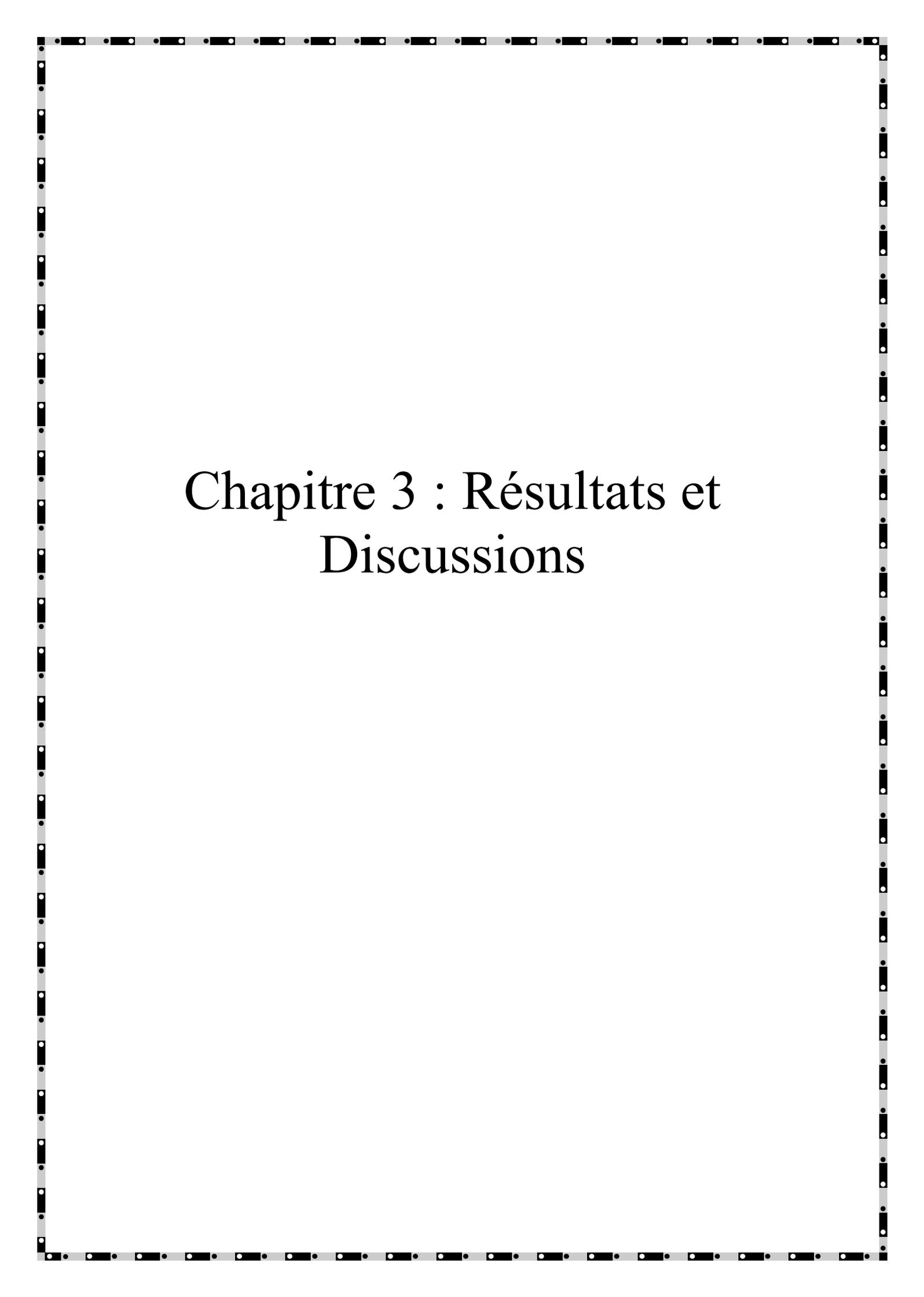
L'analyse des données a été faite à l'aide du logiciel Statgraphics version 15.2.05. Les variables étudiées ont d'abord été soumises à une analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA).

L'objectif de L'Anova est de savoir si les traitements appliqués produisent des effets significatifs ou non sur les variables numériques mesurés. Les analyses de la variance ont été complétées par la comparaison des moyennes si le test de L'anova est significatif, l'étude est complétée par le test de la plus petite différence significative (LSD) de *Student*.

Par ailleurs, un certain nombre de paramètres statistiques a été déterminé : moyenne, écart-type.

Ainsi, les moyennes suivies de la même lettre alphabétique sur les graphiques ne sont pas significativement différentes au seuil 5 %.

Les graphes ont été faits à l'aide de logiciel Stratigraphics version 15.2.05 et Excel 2007.



Chapitre 3 : Résultats et Discussions

Chapitre III - Résultats et discussion sur divers aspects de la co-culture de la tomate avec le *Datura*

Après l'essai de la co-culture Tomate et *Datura*, un essai d'amendements à base de feuilles de *Datura stramonium* sur la culture de tomate et les effets que pourrait induire cet apport sur les nématodes à galles (*Meloidogyne incognita*), ainsi que l'effet de l'extrait de *Datura* sur *Tuta absoluta* seront analysés dans ce présent chapitre.

3.1. - Essai de co-culture Tomate et *Datura*

Il est admis de nos jours que les Solanacées, peuvent produire des métabolites secondaires ayant un rôle essentiel dans les processus de défense de la plante (Hare, 2005). Ces dernières ont été amenées au cours de l'évolution à répondre activement à l'attaque des phytophages (Dugravot, 2004).

Le protocole mis en place a permis dans un premier temps d'identifier et de quantifier les maladies de la tomate cultivée en culture intercalaire en présence de *Datura stramonium* en plein champs.

3.1.1. - Estimation des pertes en fruits

Les pertes en fruits de tomates enregistrées restent faibles pour l'ensemble des traitements appliqués (Tomate et *Datura*). Elles varient entre 5,9 et 3,9 % par rapport au témoin (Tomate seule) qui enregistre un cumul de pertes de l'ordre de 29,9 %. Cette différence est certainement due à la présence de la culture intercalaire (*Datura stramonium*) qui a contribué d'une manière effective à la diminution des attaques d'insectes et de maladies d'ordre physiologique en réduisant les pertes respectivement de 80,31 % et 87,01 % pour les traitements T₃ et T₂ (Tab. 7).

Résultats et Discussion

Tableau.7 - Pourcentage de perte en fruits par traitement

Traitements	ETP	NTF	NTFS	NFE	P (%)	RPT(%)
T ₀	25	221	155	66	29,86	-
T ₁	25	286	274	12	4,19	85,97
T ₂	25	283	272	11	3,88	87,01
T ₃	25	323	304	19	5,88	80,31

ETP: Effectifs de plants; NTF: Nombre total des fruits; NTFS: Nombre total de fruits sains; NFE: Nombre de fruits endommagés; P: Perte (%); RPT: Réduction des pertes par rapport au témoin (%)

Les facteurs de pertes des fruits sont principalement des insectes en révélant des proportions supérieures dans les parcelles témoins (18,1 %) par rapport aux parcelles comportant *Datura*. Ces taux d'infestation restent faibles de l'ordre de 1,4 à 3,4 % (Tab.8). Ces résultats sont dus à la présence du *Datura stramonium* au niveau des traitements.

Tableau.8 . Incidence des facteurs de rejet des fruits récoltés exprimée en pourcentage

Traitements	de rejet global sur fruit (%)	Pourriture apicale (%)	Mildiou (%)	Insectes (%)
T ₀	29,86	4,5	7,2	18,1
T ₁	4,19	0,7	0,2	2,3
T ₂	3,88	2,4	0,0	1,4
T ₃	5,88	2,3	0,1	3,4

Ces résultats sont dus à la présence du *Datura stramonium* au niveau des traitements. Il est connu que cette espèce possède des trichomes qui secrètent des biomolécules toxiques qui agissent sur les insectes herbivores (Yencho *et al*, 1994; Liedi *et al*, 1995; Eigenbrode *et al*, 1996; Liu *et al*, 1996; Wilkens *et al*, 1996; Hare, 2005 ; Shankara *et al*, 2005). Une recherche lancée par Valverde *et al* (2001) sur le rôle de ces trichomes foliaires dans le mécanisme de défense contre les herbivores, les résultats ont montré que la densité des trichomes est une composante intégrante de la résistance des plantes aux herbivores dans la plupart des populations de *Datura stramonium*.

Résultats et Discussion

Ainsi, ce faible taux d'attaque des herbivores sur la culture soutient l'hypothèse que les trichomes foliaires sont à l'origine de la limitation des attaques d'insectes dans les parcelles intercalaires en limitant ainsi la progression des maladies cryptogamiques généralement véhiculées par ces derniers (Nunez-Farfan et Dirzo, 1994; Nunez-Farfan, 1996; Van Dam et Hare, 1998a; Van Dam et Hare, 1998b; Elle *et al*, 1999).

D. stramonium comme beaucoup de plantes médicinales a montré une bonne tolérance et une activité insecticide et nématicide appréciable (Oduor-Owino, 1993; Chitwood, 2002; Kayani *et al*, 2012; Hanif *et al*, 2016). Le *Datura* agit comme un insectifuge, qui protège les plantes contre ces ravageurs potentiels (Sanjita *et al*, 2012) au même titre que *Zanthoxylum alatum* et *Cannabis sativa* qui causent la réduction de l'infestation des nématodes à galle *Meloidogyne incognita*.

Pour ce qui concerne la nécrose apicale (maladie physiologique) observée sur la tomate, elle est de l'ordre de 4,5 %. Cette perte physiologique est plus faible sur les trois traitements T₁, T₂ et T₃. Elles varient entre 2,3 et 0,7 % par rapport au témoin, l'hypothèse la plus courante est que cette pourriture est due en partie au manque de calcium, accentuée généralement par le stress hydrique (Carrier, 2010). Dans la culture en plein air et en période d'été, dans certains cas d'autres facteurs contribuent à l'induction de la pourriture telle que les longues périodes d'ensoleillement et les températures élevées (Bovey *et al*, 1972).

De même, la quantité de tomate déclassée par le mildiou a été négligeable dans les trois traitements T₁, T₂ et T₃. Le pourcentage de présence du mildiou dans les parcelles témoins est supérieur aux parcelles traitées. Il est de l'ordre de 7,2%. En 2012. Les premiers symptômes sont signalés à partir de la mi-juin sur les parcelles témoins. Par la suite, le mildiou a été stoppé par les conditions sèches défavorables à sa propagation (Tab.8).

De nombreuses études ont également rapporté l'effet et l'efficacité du *Datura stramonium* contre différents bactéries et champignons à l'exemple de *Myrothecium roridum*, *Alternaria Tenuis* et *Xanthomonas campestris malvacearum* qui s'attaquent aux plantes du coton et aussi contre *fusarium oxysporum*, *fusarium mangiferae* et *rizoctonia solani* (Usha *et al*, 2009) D'autres auteurs notent son efficacité contre le mildiou *Phytophthora infestans* en limitant sa propagation dans les champs de tomates (Smewin et Cook, 1988). De nombreux auteurs

Résultats et Discussion

notamment Agrawal (1998) et Dugravot (2004) ont montré que l'attaque d'insectes phytophages induit par les changements biochimiques ou physiologiques chez les plantes ayant des conséquences négatives sur l'alimentation et le développement de ces herbivores et des conséquences positives sur la fitness de la plante.

3.1.2. - Taux d'infestation par catégories d'insectes sur les feuilles de tomate

Les insectes inventoriés révèlent l'existence en grande partie des espèces nuisibles tels que les pucerons verts (*Aphididae* sp., *Aphis* sp.) et de diptère (*Liriomyza sativae*) mais aussi le lépidoptère (*Tuta absoluta*). Les résultats obtenus sur les taux d'infestation de la tomate sont mentionnés dans le tableau 9.

Tableau. 9 - Taux d'infestation par différentes catégories d'insectes sur les feuilles

Traitements	Effectifs de feuilles analysées	Infestation sur feuille (%)	Pucerons verts (%)	<i>Tuta absoluta</i> (%)	<i>Liriomyza sativae</i> (%)	Les noctuelles (%)
T ₀	162	14,82	3,7	5,32	3.7	2.1
T ₁	162	1.4	1.2	0	0.2	0
T ₂	162	2.3	2.2	0	0.1	0
T ₃	162	2.2	2.1	0	0.1	0

Les attaques d'insectes les plus récurrents et les plus préjudiciables sur la tomate sont liés aux piqueurs- suceurs et aux lépidoptères. Parmi les piqueurs suceurs, les aphides ont été présents avec un taux de 3,7%. Le pourcentage d'attaque reste en ce moment, faible. Leur présence provoque des déformations, les feuilles étant enroulées sur elles-mêmes, ce qui entrave la floraison. Les lépidoptères ont été principalement des noctuelles telles que *Helicoverpa armigera* qui consomme les fruits, causant de faibles pertes de tomates (2.1%), sur le témoin. Quant aux diptères *Lirionyza sativae*, leur dégât au champ est évalué à 3,7 %. Par contre, la mineuse *Tuta absoluta* de la tomate est présente sur les feuilles de la plante seule, avec un

Résultats et Discussion

taux d'infestation de l'ordre de 5,3 %. Il reste un taux élevé par rapport aux autres traitements où *Tuta* n'a pas été observée.

Il est connu que *Datura* est une plante qui produit des métabolites secondaires qui sont en majorité des alcaloïdes tropaniques. Ces derniers sont produits dans toutes les parties de la plante à des taux différents. Le *D. stramonium* a montré un effet toxique et anti-appétant très élevés contre les coléoptères (Abbasipour *et al*, 2011).

Les analyses des métabolites secondaires notamment la scopolamine et l'hyoscyamine réalisées sur *Datura stramonium* dans les mêmes parcelles montrent que la teneur moyenne en hyoscyamine (HS) est supérieure à celle de la scopolamine (SC) avec respectivement $0,723 \pm 0,11$ mg.g-1 et $0,277 \pm 0,04$ mg.g-1 MS (Morsli *et al*, 2011 ; Morsli, 2013). Ce taux de production des ces alcaloïdes dépend de plusieurs facteurs environnementaux ; le stade de développements de la plante et des conditions édaphiques et de l'humidité du milieu (Houmani *et al*, 1994; Berkov *et al*, 2006; Felidj et Hoummani, 2006), notamment les insectes phytophages qui sont des agents de sélection sur ces alcaloïdes (Schultz, 2002). La plupart des alcaloïdes sont importants pour la survie des plantes qui les produisent puisqu'ils participent à leur protection contre des herbivores et/ou des micro-organismes phytopathogènes (Harborne, 1993; Wink, 1999; Wilson *et al*, 2018).

Lors d'une attaque ou d'une infection, pour beaucoup de plantes, les métabolites secondaires s'accroissent; la biosynthèse de nouvelles biomolécules (phytoalexines) a lieu au niveau de la plante et leurs concentrations augmentent en fonction de l'intensité d'élicitation (Wink, 1999). L'acide jasmonique c'est avéré comme un signal cellulaire qui déclenche cette induction des métabolites secondaires impliqués dans la défense contre toute attaque (Enyedi *et al*, 1992).

Nombreux auteurs estiment qu'il y a une véritable coévolution entre la production de métabolites secondaires et les attaques d'insectes (Berenbaum, 1983; Miller et Feeney, 1983; Shonle et Bergelson, 2000 ; Wilson *et al*, 2018). Cette coévolution se traduit par une réduction au niveau de la scopolamine et la stabilisation de l'hyoscyamine (Shonle et Bergelson, 2000). Green et Ryan, 1972 ont mis en évidence ce phénomène en montrant que la consommation des feuilles de pomme de terre (*Solanum tuberosum*) par les larves du doryphore (*Leptinotarsa decemlineata*) a induit une rapide accumulation d'inhibiteurs de

Résultats et Discussion

protéase dans la feuille de la plante. Ces derniers permettent de retarder la croissance des phytophages qui en ingurgitent (Johnson *et al*, 1989 ; Royo *et al*, 1999) ce qui permet d'améliorer la résistance de la plante vis-à-vis du ravageur (Hilder *et al*, 1987; Orozco-catdenas *et al*, 1993).

D'après Dugravot (2004), la réponse de la plante aux attaques peut être également spécifique de l'espèce déprédatrice, du type de dégât infligé ou même du stade larvaire attaquant la plante. Des substances présentes dans la salive des insectes phytophages et mises en contact avec les cellules végétales durant l'alimentation de ces derniers expliquent la spécificité de la réponse des plantes aux insectes (Mattiacci *et al*, 1995, Alborn *et al*, 1997).

3.1.3. - Paramètres de productions

La récolte s'est étalée sur deux mois du début du mois d'août jusqu'au début du mois d'octobre. Les analyses de la variance des paramètres pris en considération, montrent des effets hautement significatifs pour l'ensemble des caractères étudiés. Ceci explique l'effet positif de la Co-culture (tomate et *Datura*) l'une sur l'autre, La production varie selon les traitements appliqués, sauf pour le témoin qui a produit moins que les autres traitements selon le test LSD au seuil de signification de 5 % (Tab. 10).

Tableau 10. : Caractéristiques de production pour chaque traitement

Traitements	NMFP	PMF (g)	CMF (mm)
T ₀	09 ± 04,51 ^b	411± 328 ^c	67±10 ^{ab}
T ₁	11 ± 04,18 ^{ab}	596 ± 216 ^{ab}	59±9,94 ^b
T ₂	11 ± 04,48 ^{ab}	558± 188 ^b	68±10,46 ^a
T ₃	12. ± 04,40 ^a	688± 118 ^a	64±9 ^{ab}

NMFP: Nombre moyen de fruit par plant; PMF: Poids moyen de fruit; CMF : Calibre moyen de fruit.
Les lettres à côté des nombres représentent les groupes homogènes. Les valeurs ayant des lettres différentes sont Statistiquement différentes à 5 %.

L'analyse de la variance des données de la production met en évidence 2 groupes homogènes, Pour ce qui concerne le nombre moyen de fruits par plant (NMFP) et 3 groupes homogènes

Résultats et Discussion

chevauchants. Pour ce qui concerne le poids des fruits (PMF), il est montré la présence de deux groupes homogènes (a) et (b). Ces deux derniers caractères expriment assez bien la production et la qualité du fruit pour chaque traitement. Les traitements T₁ et T₂ produisent 596g / plant et 558g / plant respectivement. Le traitement T₃ est de l'ordre de 688g / plant et occupe le premier rang. Ce paramètre est nettement plus faible pour le témoin T₀ avec 411g / plant.

Le nombre moyen de fruits par plant est important car il entre dans les composantes du rendement. Le nombre moyen de fruits par plant varie selon les traitements. Il est le moins élevé pour T₀ (9 fruits), puis évolue similairement pour le T₁ et le T₂ (11 fruits par plant) et plus élevé pour T₃ (12 fruits). Malgré les faibles niveaux de dommages, les insectes provoquent une diminution de la production des plantes. L'analyse de la variance montre une différence significative. Pour le calibre moyen des fruits (CMF), les résultats soulignent que la variété "Tiziri" possède un calibre important entre 57 et 67 mm avec une valeur qui dépasse 60 %. Il est noté une large différence entre les calibres des fruits.

D'une manière générale, l'analyse de l'évolution de la production a permis de mettre en évidence l'efficacité des différents traitements. Ainsi le rendement le plus élevé a été observé au niveau des unités traitées (tomate et *Datura*) et le plus faible au niveau des parcelles témoins (en l'absence de *Datura*). La production moyenne de fruits par plant varie d'un traitement à l'autre mais reste plus élevée par rapport aux témoins avec des calibres de fruits nettement supérieures et bien portant sans traces de maladies sur ces derniers. Par ailleurs, le taux de perte en fruits reste très réduit pour les traitements (tomate et *Datura*). En effet, la culture intercalaire de tomate et *Datura* ont donné des résultats intéressants. Elles contenaient moins de mauvaises herbes que la culture de la tomate seule (effet allélopathique), C'est ainsi que la culture intercalaire réprime les mauvaises herbes par compétition ou par allélopathie (Leblanc *et al*, 1993; Houmani *et al*, 1994). De plus, plusieurs études ont montré que la capacité à éliminer les mauvaises herbes par une culture est très différente ou variable d'une variété à une autre. Cette différence est expliquée en partie par la capacité de ces cultures à sécréter des substances chimiques affectant la croissance des mauvaises herbes comme l'allélopathie (Olofsdotter *et al*, 2002). Cette pratique peut être particulièrement utile en agriculture biologique, où les herbicides ne sont pas une option (Liebman et Dyck, 1993).

Résultats et Discussion

Il est à constater que la culture intercalaire fournit plus de flexibilité. Avec plus d'une espèce à la fois, plusieurs choix sont possibles dans la culture intercalaire afin de limiter les risques de propagation des problèmes phytosanitaires (Leblanc *et al*, 1993; Jobin et Douville, 1997). *Datura* peut être particulièrement avantageuse en association avec d'autres cultures. En effet, elle est annuelle, avec une croissance très importante (Usha *et al*, 2009) Elle assure sans doute des effets positifs sur l'amélioration de la qualité du sol (Kruse *et al*, 2000; Jobin et Douville, 1997). Les extraits inhibaient la germination des graines et le degré d'inhibition dépendait de la concentration (Cai et Mu, 2012). Les derniers auteurs cités affirment que les extraits aqueux et organiques (méthanol et Hexane) des racines et parties aériennes de *Datura metel* L., entraînent une inhibition de la germination des graines, une réduction de la croissance des racines et des parties aériennes et la biomasse des plants de *Phalaris minor* Retz.

En effet, une étude entreprise par Levitt et Lovett, 1984 sur différents type de sol pour montrer l'activité allélochimique de *D. stramonium*, montre bien l'effet positif de cette plante sur l'augmentation de la résistance du sol. Elle peut affecter la germination des graines en retardent son développement, ou le développement des plantes est inhibé (Kruse *et al*, 2000) (Fig.14).

Des essais *in vitro* montrent que les alcaloïdes (hyoscyamine et scopolamine) inhibent la croissance des semis des tournesols *Helianthus annuus* L. Les alcaloïdes présentes dans le *Datura* tels que les tropanes notamment scopolamine et hyoscyamine, ont été noté dans l'extrait du sol, tous les deux à des concentrations égales (Levitt et Lovett, 1984).



3.1.4. - Inventaires des insectes au niveau des champs de tomate et *Datura*

Il ressort de cet inventaire que les insectes piégés sont diversifiés dans le champ expérimental. Au total 8 genres et 28 espèces d'insectes ont été collectés sur les différentes parcelles de la tomate au niveau de la station de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA).

L'identification des espèces collectées a permis d'établir le tableau. 11. Il donne les ordres, les familles, les genres et les espèces collectées. L'ordre des coléoptères est le plus dominant avec deux familles et quatre genres et espèces, suivi par les diptères, les lépidoptères, les hémiptères, les Hémiptères, les homoptères et les Hétéroptères. Les Orthoptères sont représentés par une espèce.

Fig.14. L'allelopathie de *Datura stramonium*.

Résultats et Discussion

Tableau11 - Classification systématiques des différents insectes capturés dans le champ de la co-culture tomate et *Datura* à l'ENSA.

Classes	Ordre	Familles	Espèces	
Insecta	<i>Orthoptera</i>	<i>Acrididae</i>	<i>Pezotettix giornai</i> (Rossi, 1794)	
	<i>Hemiptera</i>	<i>Miridae</i>	<i>Nesidiocoris tenuis</i> (Reuter, 1895)	
			<i>Macrolophus caliginosus</i> (Wagner, 1951)	
		<i>Pentatomidae</i>	<i>Nezara viridula</i> (Linnaeus, 1758)	
			<i>Carpocoris mediterraneus</i> (Tamanini, 1958)	
		<i>Rhopalidae</i>	<i>Corizus</i> sp.	
	<i>Homoptera</i>	<i>Aleurodidae</i>	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood, 1856)	
			<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius, 1889)	
		<i>Aphididae</i>	<i>Myzus persicae</i> (Sulzer, 1776)	
			<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas, 1878)	
			<i>Coccinellidae</i>	<i>Coccinella septempunctata</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Psyllobora punctata</i> (Linnaeus, 1758)			
	<i>Stethorus punctillum</i> (Weise, 1891)			
	<i>Scymnus</i> sp. (Kugelann, 1794)			
	<i>Chrysomelidae</i>	<i>Epitrix</i> sp. (Foudras, 1859)		
	<i>Hymenoptera</i>	<i>Formicidae</i>	<i>Pheidole pallidula</i> (Nylander, 1849)	
			<i>Messor barbarus</i> (Linnaeus, 1767)	
			<i>Monomorium monomorium</i> (Bolton, 1987)	
		<i>Ichneumonidae</i>	<i>Oiorhinus pallipalpis</i> (Wesmael, 1845)	
		<i>Braconidae</i>	<i>Aphidius colemani</i> (Viereck, 1912)	
	<i>Lepidoptera</i>	<i>Noctuidae</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith, 1797)	
			<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner, 1808)	
			<i>Spodoptera exigua</i> (Hübner, 1808)	
		<i>Gelechiidae</i>	<i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917)	
	<i>Diptera</i>	<i>Agromyzidae</i>	<i>Liriomyza sativae</i> (Blanchard, 1938)	
			<i>Liriomyza trifolii</i> (Mik, 1894)	
		8 Ordres	18 Familles	28 espèces

En considérant le mode de vie et l'appareil buccal des espèces observées, elles peuvent être séparées en trois groupes :

- Les insectes piqueurs suceurs en piquant les tissus végétaux des divers organes de la plante, se nourrissent de la sève de cette dernière (diptères, homoptères, hémiptères),
- Les insectes broyeurs dévorent les feuilles et les fleurs (lépidoptères, orthoptères, coléoptères), comme le cas des *Noctuidae* tels que *Helicoverpa armigera* (Hübner,

Résultats et Discussion

1808) qui est considérée comme une espèce défoliatrice très dangereuse. Sa chenille est très polyphage, et cause des dégâts très importants.

- Les insectes parasitoïdes et les prédateurs (hyménoptères, coléoptères) sont recensés. Ils se développent aux dépens des autres insectes qui constituent des hôtes pour leurs larves (parasitoïdes) ou des proies pour leurs larves et adultes (prédateurs). Aussi, il est important à signaler que la tomate, une espèce à fécondation autogame abrite des insectes pollinisateurs (Chougourou *et al*, 2012).

La connaissance des insectes inféodés à la tomate en co-culture avec *Datura stramonium* dans la station de l'Ecole nationale supérieure agronomique est la première étape de la mise au point de méthode de lutte contre les insectes ravageurs de cette culture.

Après l'identification, 28 genres et espèces d'insectes ont été répertoriées. Au total 18 genres et espèces d'insectes sont reconnus comme nuisibles ou ravageurs de la culture de la tomate. En effet, les cultures maraîchères en général et celle de la tomate en particulier abritent assez d'ennemis. Les travaux de Chougourou *et al* (2012) ont démontré que la culture de la tomate abrite une multitude d'insectes appartenant à divers ordres. Aussi, James (2010), à travers ses travaux, a montré que la culture de la tomate est particulièrement attaquée par plusieurs insectes ravageurs compromettant fortement son rendement. Il faut cependant noter que la majorité des insectes inventoriés sont présents au stade végétatif, notamment sur les feuilles et les tiges. Les chenilles des lépidoptères, les coléoptères et les diptères apparaissent fortement sur les différentes parties de la plante. D'après Atachi *et al* (1989) ces espèces attaquent surtout les organes végétatifs de la tomate et empêchent le développement de ces derniers. Fabre et Ryckaewaert (2001) confirment cet état de fait et affirment que les principaux ravageurs de la culture de tomate se retrouvent parmi les lépidoptères, les coléoptères, et les homoptères. La présence de ces ravageurs affecte gravement la bonne croissance et le développement de la plante. Les résultats de ce travail ont permis de montrer également qu'à côté des ravageurs cohabitent des insectes utiles (prédateurs, parasitoïdes et pollinisateurs) (Tableau.12. Fig. 15, 16 et 16', 17).

Il est connu que les insectes anthophiles en général et les abeilles (*Apis mellifera*) en particulier augmentent les rendements en fruits ou en graines des espèces végétales (Tchuenguem Fohouo, 2005, 2007; Fluri et Frick, 2005; Chougourou *et al*, 2012). Quant aux

Résultats et Discussion

prédateurs, ennemis naturels de certains ravageurs, leur présence contribue à la diminution des effectifs de petits insectes tels que les pucerons, les thrips et les aleurodes (Djéto-Lordon *et al*, 2007).

Tableau .12 - Insectes utiles rencontrés dans les champs de tomate et *Datura stramonium*

Ordre	Familles	Genres et Espèces	Utilités
Hyménoptères	<i>Apidae</i>	<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus,1758)	Pollinisateur
	<i>Aphidiinae</i>	<i>Aphidius colemani</i>	Parasite
	<i>Ichneumonidae</i>	<i>Oiorhinus pallipalpis</i>	
	<i>Eulophidae</i>	<i>Macrolophus caliginosus</i>	Ectoparasite
Coléoptères	<i>Coccinellidae</i>	<i>Coccinella septempunctata</i>	Prédateur
		<i>Psyllobora punctata</i>	Prédateur
		<i>Stethorus punctillum</i>	Prédateur
		<i>Scymnus</i> sp.	Prédateur
<i>Heteroptera</i>	<i>Miridae</i>	<i>Nesidiocoris tenuis</i>	Prédateur
		<i>Macrolophus caliginosus</i>	Prédateur

La présente étude a permis de connaître d'une part la biodiversité des insectes inféodés à la culture de tomate en co-culture avec *Datura stramonium*, mais aussi de déterminer et d'identifier les ordres d'insectes notamment ceux des Lépidoptères, des Coléoptères et des Diptères. Les insectes ravageurs causent plusieurs types de dégâts sur les organes des plants de tomate allant de la perforation des feuilles jusqu'à l'avortement des fleurs et l'infestation des fruits (Chougourou *et al*, 2012).



Fig.15 - *Aphidius colemani*
prédateur (G: 20) (Morsli., 2012)



Fig.17. *Nesidioco*
(Morsli, 2012)

Fig.16' dessin des *A*
pallipalpis (Mo

Les résultats obtenus constituent une première base de données dans la connaissance des différents ravageurs de la tomate en co-culture avec *Datura stramonium*. Mais aussi, elle a contribué à l'identification de plusieurs insectes utiles pour une éventuelle utilisation dans la lutte biologique sans utilisation de pesticides.

D'une manière générale, les plantes répondent donc aux divers stress par la mise en place de systèmes de défense agissant directement ou indirectement sur leurs bioagresseurs. Dans certains cas, cette réponse semble parfaitement adaptée aux attaques des insectes phytophages en leurs étant spécifiques. Ainsi, les réponses de la plante à des brisures mécaniques ou à l'attaque d'un phytophage peuvent être différentes qualitativement ou quantitativement. Une différence qualitative se traduit par la production de composés biochimiques de nature

différente selon le traitement infligé à la plante. Une différence quantitative se traduit par la production de composés biochimiques identiques mais variant dans leurs concentrations relatives. Selon Dicke (1999), les réponses des plantes qui diffèrent qualitativement, représentent un plus fort degré de spécificité que les réponses obtenues quantitativement (Dugravot, 2004).

La réponse de la plante aux attaques peut être également spécifique de l'espèce consommatrice, du type de dégât infligé ou même du stade larvaire attaquant la plante. Ainsi, des plants de tabac infestés par des chenilles de *H. virescens* ou de *H. zea* émettent un spectre de composés volatils qui diffère par les concentrations en β -ocimène ou en β -caryophyllène. Ces différences sont perçues par le parasitoïde *Chardiochiles nigriceps* qui est préférentiellement attiré par les plants de tabac attaqués par *Heliothis virescens* laquelle est son espèce-hôte (De Moraes *et al*, 1998 ; Dugravot, 2004). Chez les plants de tomate, la réponse mise en place est également différente selon le mode de nutrition de l'herbivore et donc du type de dégâts infligé à la plante. Les attaques des chenilles défoliatrices (*Helicoverpa zea*), de mineuses (*Liriomyza trifolii*) ou des acariens (*Aculops lycopersici*) conduisent à différentes augmentations des concentrations de polyphénols oxydase, de peroxydase, de lipoxygénase ou d'inhibiteurs de protéases dans les feuilles de la plante, (Stout *et al*, 1994; Dugravot, 2004).

3.2. - Essai d'amendements par *Datura stramonium* sur les nématodes à galles

Meloidogyne incognita

3.2.1. Effet de *Datura stramonium* comme amendement sur la croissance de plants de Tomate

En règle générale, l'augmentation du poids des racines à la suite de la formation des cécidies par les nématodes à galles est un effet négatif des nématodes sur l'hôte. Par ailleurs, la réduction du poids de la racine par la méthode de contrôle est considérée comme un effet négatif sur le développement des nématodes (Kayani *et al*, 2012). Dans la présente étude, une diminution du poids des racines a été observée par l'application de différents traitements à base de *Datura stramonium* (Fig.18).



Fig. 18. Différents types de racine de tomate,

A : Racine saine ; B : Racine attaquée

Les deux traitements T_{DS1} à base de racine et T_{DS2} à base de feuille de *Datura stramonium* ont augmenté la longueur des racines de la tomate, une différence significative a été observée entre le témoin et les traitements appliqués en provoquant la réduction du poids des racines signe de non infestation de ces dernières par les nématodes. Aucune différence significative n'a été observée entre les deux traitements T_{DS1} et T_{DS2} , pour ce qui concerne la réduction du poids des racines. Les poids des racines sont représentés dans la figure 19

Le poids des racines pour les deux traitements T_{DS1} et T_{DS2} est presque similaire ($1,15 \pm 0,80$, $0,77 \pm 0,29$). Par contre chez le témoin, de fortes augmentations des densités des racines ont été observées lors de cette expérimentation au niveau du témoin ($2,02 \pm 1,39$). Cette augmentation est due principalement à la présence de galles au niveau des racines. Cependant, le poids enregistré au niveau du témoin non traité reste significativement supérieure à celui des autres traitements T_{DS1} et T_{DS2} . Ces deux traitements avec *Datura stramonium* ont donné une réduction de l'infestation des nématodes avec une diminution de taux de reproduction, correspondant à une meilleure croissance de la plante par rapport au témoin.

L'analyse de la variance montre un effet très significatif pour l'ensemble des caractères étudiés (Fig. 19). Ceci indique la présence d'une variable dans le poids moyens des racines, synonyme d'une adaptation des racines à la présence d'engrais vert à base de *Datura stramonium*.

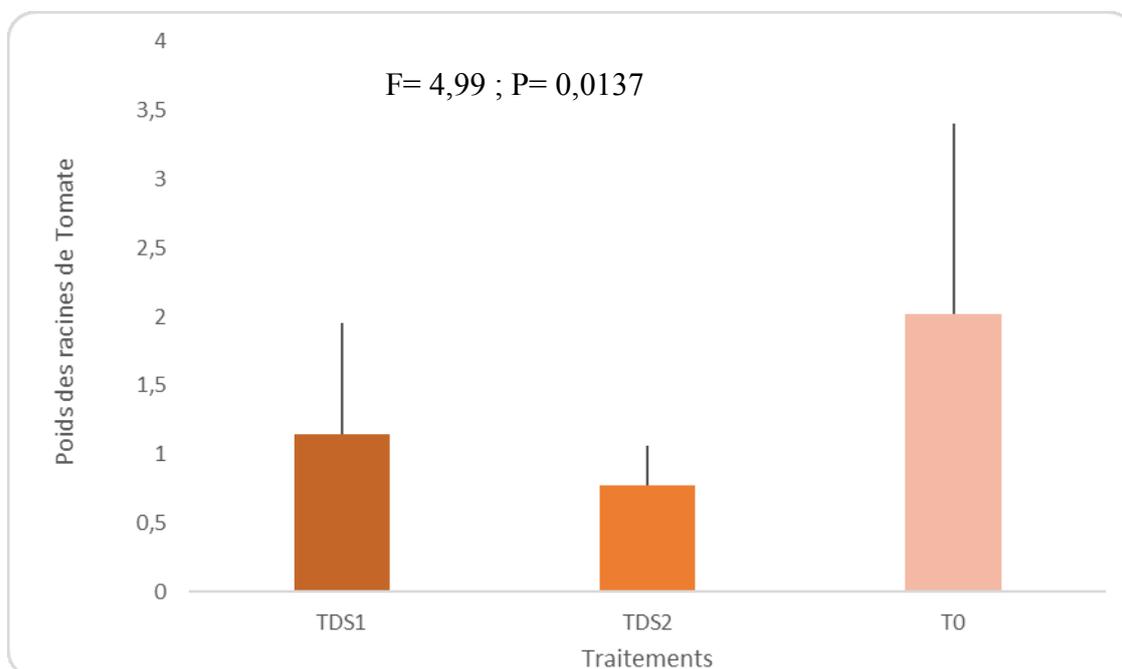


Fig. 19 - Poids moyens des racines de tomate après arrachage

Les tests de la LSD à 95% permettent, d'une part, de classer les différents traitements en groupes homogènes et de donner plus d'informations sur l'importance de l'amendement au niveau de la croissance des plantes d'autre part (Annexe). Quant aux traitements T_{DS1} et T_{DS2} , ils constituent un groupe homogène (b) et le témoin un autre groupe (a) selon le test de Newman à 5%.

La croissance des plants amendés est plus élevée que pour le témoin, elle est de 113cm par rapport au témoin qui est de l'ordre de 81cm. L'indice de vigueur des traitements sur les plants sont représentés dans le tableau 13:

Résultats et Discussion

Tableau 13- Effet des modifications de *Datura stramonium* sur la vigueur des plants de la Tomate

Traitements	Poids des racines (g)
T ₁ Racines de <i>D. stramonium</i> (T _{DS1})	3,4±0,63 ^b
T ₂ Feuilles de <i>D. stramonium</i> (T _{DS2})	3,1±0,80 ^b
T ₀ Témoin (sans apport)	1,2 ±0,94 ^a

Les lettres à côté des nombres représentent les groupes homogènes. Les valeurs ayant des lettres différentes sont Statistiquement différentes à 5 %.

L'analyse de la variance montre un effet significatif pour l'ensemble des caractères étudiés ($F=32,89$; $P=0,0000$). Le test de LSD à 95 % a permis de classer les traitements en deux groupes homogènes, les traitements T_{DS1} et T_{DS2}, constituent un groupe homogène (b) et le témoin un autre groupe (a).

La meilleure croissance des plants a été enregistrée pour les plants ayant été traités par les deux traitements T_{DS1} et T_{DS2} par rapport au témoin Cette différence en croissance par rapport aux plants témoins est due à l'élimination des nématodes dans les pots traités mais aussi à l'application des parties de la plante de *Datura stramonium* comme amendements. Cette application peut changer la structure physique et la fertilité des sols entraînant une augmentation de la tolérance des plantes à échapper à l'attaque des nématodes (Mahmood et Saxena, 1992).

Le *Datura stramonium* avec ces différentes doses de traitement T_{DS1} et T_{DS2} ont causé une réduction non négligeable de l'infestation des nématodes. Ils ont permis également une meilleure croissance de la plante par rapport au témoin. L'amélioration maximale dans les variables de croissance est observée avec la dose 8,08g de traitement T_{DS2} à base de feuille. Cette dernière a même réduit au maximum l'infestation des nématodes. La réduction des nématodes est due à la toxicité des métabolites secondaires contenant dans les feuilles de *D. stramonium* et résultant de leur décomposition dans le sol en induisant des changements dans

Résultats et Discussion

les propriétés physiques et chimiques du sol (Walters *et al*, 1992; Al-Hamdany *et al*, 1999; Rajendran *et al*, 2003; Kayani *et al*, 2012) (Fig. 20).

Beaucoup de plantes médicinales et de composés photochimiques sont connus pour posséder une activité nématocide contre un large éventail de nématodes parasites des plantes (Chitwood, 2002), comme *Zanthoxylum alatum* et *Cannabis sativa* qui provoquent la réduction de l'infestation des nématodes à galles *Meloidogyne incognita*. (Kayani *et al*, 2012; Mukhtar *et al*, 2013). Les extraits de ces plantes sont riches en composés chimiques, tels que les alcools et les trepénoïdes. Ces composés de façon indépendante ou équivalente, contribuent à de nombreux processus biologiques. Ils ont également affecté des activités comme l'attraction et la répulsion des nématodes, la stimulation ou l'inhibition de l'éclosion des œufs et se sont révélés posséder des composés nématocides vis-à-vis du *Meloidogyne incognita*, y compris les alcaloïdes de pyrrolizidine (Chitwood, 2002; Mukhtar *et al*, 2013).

En Afrique, en Inde, aux Philippines et en Amérique du sud, les extraits de *Datura metel* sont utilisés comme amendement. Des essais *in vitro* montrent que les extraits aqueux de *Datura alba* présentent une activité larvicide contre les nématodes à galles des racines, *Meloidogyne javanica* (Abid, 1996) et le nématode des *Citrus*, *Tylenchulus semipenetrans* (Ahmed *et al*, 2009).

Mais, il existe peu d'informations sur les activités nématocides de *D. stramonium* contre les nématodes à galles, malgré d'excellentes actions pharmacologiques et activités antifongiques envers différents champignons phytopathogènes tels que *Alternaria alternata*, *Alternaria solani* et *Botrytis cinerea* (Anand et Bhaskaran, 2009). Il y a une myriade de différents types de composés chimiques tels que les alcaloïdes, les atropines, scopolamines, hyoscyamines.

La meilleure croissance des plantes de tomate dans les pots amendée en poudre de DS semble être due à l'élimination des nématodes. L'application des parties de la plante de *D. stramonium* peut changer la structure physique et la fertilité des sols entraînant une augmentation de la capacité des plantes à échapper à l'attaque des nématodes (Mahmood et Saxena, 1992). Par rapport aux fumigènes ou nématocides dans le sol actuellement utilisées, la toxicité de *D. stramonium* contenant des alcaloïdes et de nombreux composés, les alcaloïdes sont toxiques pour les mammifères. L'extrait des alcaloïdes totaux des graines de *D. stramonium* est classé dans la catégorie des produits très toxiques selon la classification des produits chimiques de Frank (1992) (Benonadah., 2009).



Fig.20 : Etat sanitaires des plants de tomate avec et sans apport organique

Résultats et Discussion

Le *Datura* produit également des métabolites importants tels que les phénylpropanoïdes et les acides gras dérivés de la voie de la phénylalanine. Ils sont impliqués dans plusieurs fonctions telles que la fertilité, la pigmentation, la protection contre les agents biotiques et abiotiques (Hahlbrock et Scheel., 1989; Weisshaar et Jenkins., 1998).

3.2.2. - Effet de *Datura stramonium* sur l'indice de galles

L'efficacité des différents traitements contre *Meloidogyne incognita* a été évaluée sur la base des observations de l'indice de galles. Tous les traitements T_{DS1} et T_{DS2} ont montré des effets nématocides sur *Meloidogyne incognita*. L'analyse de la variance a mis en évidence des effets très significative pour ce qui concerne le nombre de galles. Les deux traitements T_{DS1} et T_{DS2} ont réduit le nombre de galles au niveau des racines (Fig. 21). Le *Datura stramonium* fait preuve d'une bonne activité nématocide contre *M. incognita*. La réduction de l'effectif des galles et des nématodes est due principalement à la toxicité des métabolites secondaires résultants de leurs décomposition dans le sol et les changements dans la propriété physiques et chimiques du sol (Walters *et al*, 1992; Al-Hamdany *et al*, 1999; Rajendran *et al*, 2003).

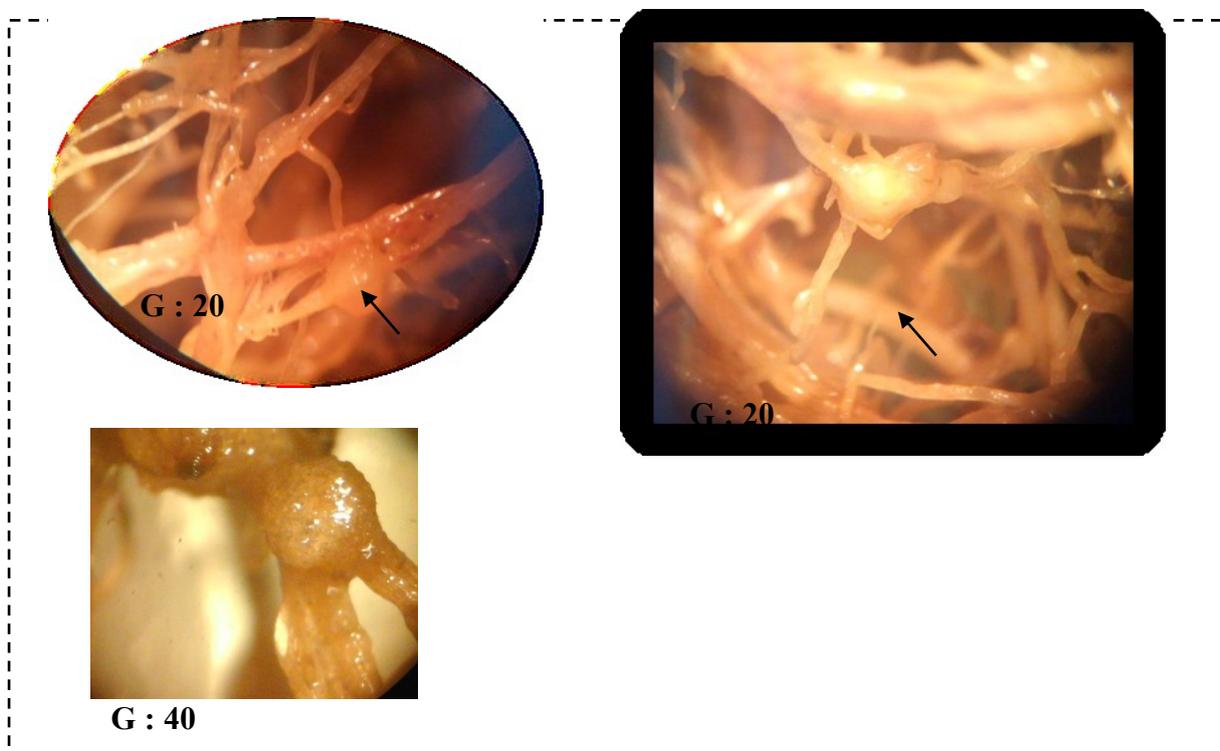


Fig.21. Racines de tomate avec galles de *Meloidogyne incognita*

Résultats et Discussion

Les résultats représentés dans la figure 22 soulignent que l'indice de galles en fin de culture est plus faible à la suite des traitements. Il est de 0,70 pour la T_{DS1} et de 0,60 pour le T_{DS2} par rapport au témoin pour lequel il est enregistré 1,88.

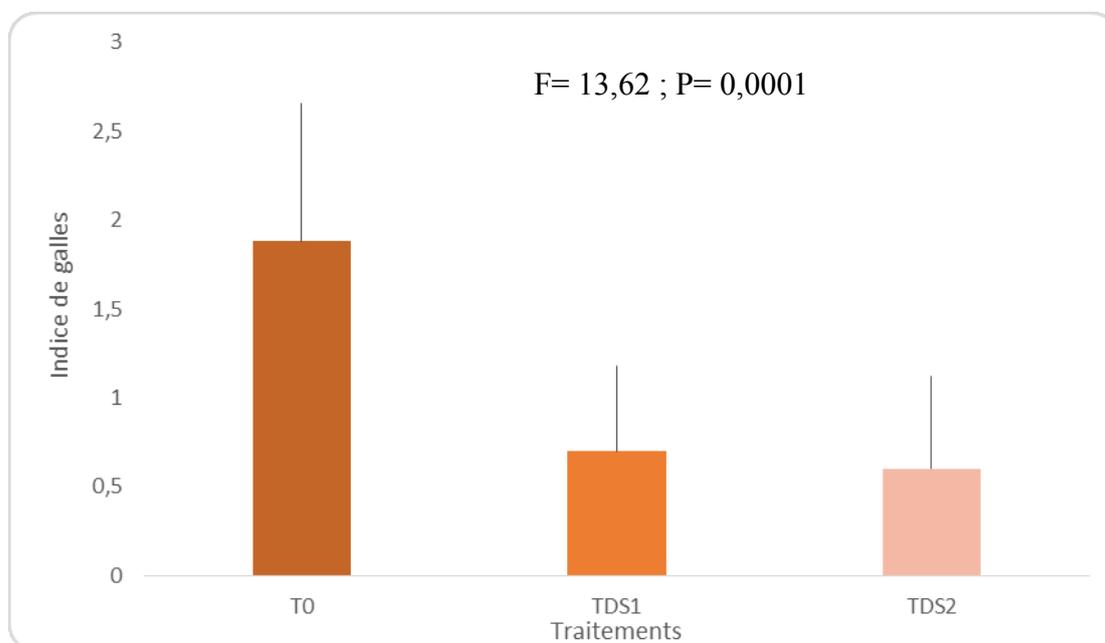


Fig. 22 - Indices de galles observés sur les plants témoins et traités

L'analyse statistique des données relatives à l'indice de galles a montré des différences très hautement significative entre les traitements. Les tests de la LSD, ont permis de classer les différents traitements en deux groupes homogènes. Le premier est formé par les traitements T_{DS1} à base de racine de *Datura*, et T_{DS2} à base de feuille de cette même plante. Le deuxième groupe ne comprend que le témoin uniquement.

L'indice de galles le plus faible a été obtenu par le T_{DS2} (0,6) alors que l'indice de galles le plus élevé a été enregistré par le témoin T₀ (1,88). Les résultats obtenus montrent l'existence d'une corrélation entre les densités des nématodes et l'indice de galles.

D'une manière générale, les résultats de l'indice de galles observés sur les racines a permis d'en déduire l'efficacité de certains traitements testés dans cet essai. Ainsi, les traitements qui ont pu maintenir la densité de population des *Meloidogyne* à un niveau relativement faible sont T_{DS2} à base de feuille en premier et le T_{DS1} à base de racine en second lieu.

Résultats et Discussion

Korayem et Osman (1992), montrent l'effet nématocide du henné contre *Meloidogyne incognita*, ils notent une nette réduction dans le nombre de galles des racines de la tomate, le nombre de ponte et le taux de reproduction des femelles quand la tomate et le henné sont cultivés ensemble et même aussi si la tomate est cultivée dans un sol contenant les exsudats de henné, l'indice de galle est réduit entre 75% à 99%, respectivement par rapport à ceux de la tomate cultivée seule.

La réduction de la population de nématodes peut être due au cumul toxique des produits de décomposition de la plante amendée. Les plantes cultivées dans les sols amendés ont montré une amélioration significative de la croissance. Cela peut être dû en partie à la réduction des nématodes et partiellement en raison du fait que ces additifs ont aussi servi comme engrais organiques (Mashkoo-Alam, 1986).

Plusieurs extraits de plantes ont permis d'inhiber l'activité de l'acétylcholinestérase chez les insectes (Ryan et Byrne, 1988). Depuis l'acétylcholine sert également comme un neurotransmetteur dans les composants d'huiles essentielles et peut affecter leur système nerveux. Quels sont les extraits de plantes ou d'huiles essentielles qui entraînent une perturbation de la membrane cellulaire des nématodes et atteignent leur perméabilité. Les produits chimiques présents dans les plantes comme les alcaloïdes dans *P.harmala* se sont révélés efficaces. Son effet est positif sur les nématodes à galles, *Meloidogyne sp* pourrait être expliqué par la richesse des graines de cette plante en alcaloïdes, en saponines et en quinones libres. En effet, la toxicité des graines de cette plante a été prouvée à maintes reprises, notamment par l'activité toxique des graines de *P. harmala* sur le développement ovarien du criquet pèlerin (Idrissi Hassani *et al*, 1998; Abbassi *et al*, 2003; El Allagui *et al*, 2007).

D'après une étude réalisée par Elbadri *et al*, (2009) au Soudan, l'utilisation de neuf plantes médicinales comme amendements contre *M. incognita* a montré que certaines des poudres de ces plantes étaient prometteuses dans le contrôle de *M. incognita*. Elles ont réduit le niveau des nématodes dans le sol. Ainsi, l'indice de galles racinaires était plus faible dans le sol amendé avec *Acacia nilotica* (L), *Argemone mexicana* L., *Azadirachta indica* et *Datura stramonium*. Le nombre de juvéniles (J2) était également faible dans les sols amendés avec *Azadirachta indica*, *salvadora persica* (L), *Acacia nilotica* et *Datura stramonium*. Les résultats de cette étude montrent que l'ajout de *D. stramonium* comme amendement organique peut avoir un effet nématocide et peut être utilisé avec succès pour contrôler les nématodes à

Résultats et Discussion

galles pour substituer cette technique aux traitements chimiques classiques et éviter de ce fait la pollution de l'environnement.

3.2.3. - Effet sur la production

Les pesées des récoltes de tomates ont été effectuées dès la maturation des fruits. Au total, 6 récoltes sont réalisées, étalées sur deux mois du début de mai jusqu'à la fin de juin (Tab. 14).

Tableau 14 - Caractéristiques de la production pour chaque traitement

Traitements	NMFP	PMF (g)
T ₀ (Témoin)	09 ± 04,56 ^a	41 ± 08,32 ^a
T _{DS1}	18 ± 11,91 ^b	45,08 ± 09,07 ^b
T _{DS2}	12 ± 05,78 ^{ab}	49,14 ± 09,75 ^b

NMFP: Nombre moyen de fruit par plant, PMF: Poids moyen de fruit.

Les lettres à côté des nombres représentent les groupes homogènes. Les valeurs ayant des lettres différentes sont statistiquement différentes à 5 %.

La production est presque similaire au départ, sauf pour le témoin qui produit moins que les autres traitements (Tab. 14).

L'analyse statistique des résultats a mis en évidence une différence significative entre les différents traitements. Le test de LSD à 95 % a permis de classer les traitements en deux groupes homogènes. Le meilleur comprend les traitements T_{DS1} à base de racine avec un cumul de 49,14 g/Traitement, et le T_{DS2} à base de feuille avec 45,08 g/Traitement. Le témoin a enregistré le rendement le plus faible avec 41,08 g/Traitement.

D'une manière générale, l'analyse de l'évolution de la production a permis de mettre en évidence l'efficacité des différents traitements (Fig. 23). Ainsi le rendement le plus élevé est observé au niveau des unités traitées par les feuilles et les racines de *Datura stramonium* et le plus faible concerne les témoins.

Résultats et Discussion

Le taux de production en tomates au niveau des traitements est plus rentable que le témoin. Cette augmentation du rendement est plus élevée dans le cadre de l'agriculture biologique plus qu'en agriculture conventionnelle (Devrajian *et al*, 2003). Ces derniers précisent que l'agriculture biologique permet la réduction maximale de *M. hapla* dans le sol et dans les racines.

Husan-Bano *et al*, (1999) ont trouvé que les fleurs de *Tagetes patula* avaient des composés nématocides contre l'éclosion des œufs de *M. incognita*. Amer-Zareen *et al*, (2003) ont constaté que 100% d'extrait de gingembre réduit l'éclosion des œufs et cause la mortalité juvénile de *M. javanica*. Dans la culture du bananier, l'application régulière de graines de neem en poudre ou de tourteau de neem (100g/plant) sur le sol réduit la population de *tylenchus goodeyi* Sher et de *Meloidogyne* spp.

Zasada *et al* (2006) ont trouvé que les œufs de *M. incognita* apparaissent moins sensibles aux extraits que les juvéniles (J₂) aux extraits aqueux bruts des pois mascate (*Mucuna* spp). Ils ont également constaté que la gestion des nématodes était plus efficace en utilisant des extraits de parties aériennes des plantes plutôt que des racines. L'utilisation de photochimiques dans l'agriculture offre un potentiel prometteur, bien que ce soit actuellement économiquement impossible dans de nombreuses situations (Elbadri *et al*, 2009).



Fig.23. Rendements sur plant amendée

3.2.4. - Effet sur le nombre moyen de fruits

Durant toutes les récoltes, nous avons compté le nombre de fruits par plant, qui est représenté dans la figure 24.

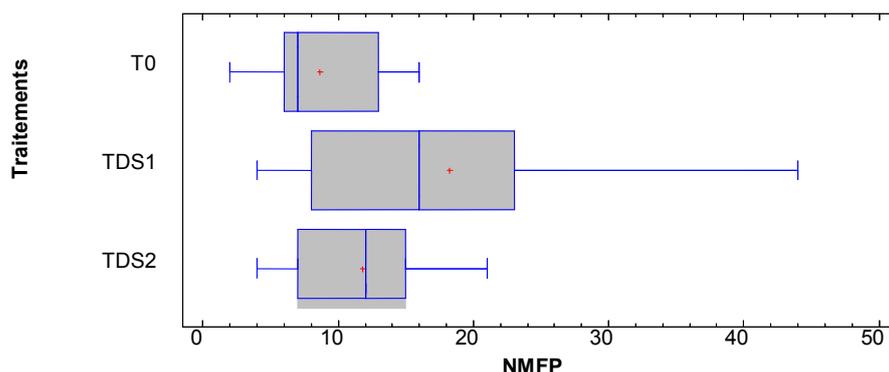


Fig .24 - Nombre de fruits par plant en fonction des traitements

Le nombre moyen de fruits par plant (NFP) est considéré comme une composante du rendement. Le nombre moyen de fruits par plant varie selon les traitements appliqués. Il est le moins élevé pour le témoin T₀ (09 fruits), Il est intermédiaire pour T_{DS2} (12 fruits par plant) et plus élevé pour T_{DS1} (18 fruits). L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative entre les traitements. La probabilité est de 0,0168, Elle est inférieure à 0,05, ce qui explique la variabilité du nombre de fruits par traitement. Le test de la LSD a permis de classer les différents traitements en deux groupes homogènes. Le premier est formé par les traitements T_{DS1} à base de racine et T_{DS2} à base de feuille. Le deuxième groupe renferme le témoin et T_{DS2} à base de feuille.

3.3. - Effet de *Datura stramonium* sur *Tuta absoluta*

3.3.1. - Effet des extraits de *Datura stramonium* sur les larves L₄ de *Tuta absoluta*

Après l'examen de l'effet des extraits de *Datura stramonium* sur la mortalité des larves L₄ de *Tuta absoluta*, leur efficacité est abordée.

3.3.1.1. Effet sur la mortalité des larves L₄ de *T. absoluta*

L'activité biologique sur la mortalité, des larves de *Tuta absoluta* a été évaluée selon un mode de pénétration : ingestion dans les conditions de laboratoire.

3.3.1.1.1. Traitement par ingestion

Les taux de mortalité journalière cumulée des larves L₄, traitées par *Datura stramonium* par ingestion sont portés dans le tableau 15 (en Annexe) et illustrés par la figure 25

Le taux de mortalité des chenilles de *Tuta absoluta* a augmenté en fonction des doses (Fig. 25). Pour les chenilles, le taux de mortalité à la dose D₁ est inférieur à 10 % pour une dose de l'extrait de DS inférieure ou égale à 12,5 %. Pour une dose inférieure ou égale à 50 % de DS, il provoque une mortalité inférieure ou égale à 20%. Les chenilles sont sensibles vis-à-vis de l'extrait de DS et atteint 100 % de mortalité pour une dose égale à 100% (dose D₃). Il a été noté chez les témoins un taux de mortalité de 10 % qui reste stable pendant le développement des chenilles.

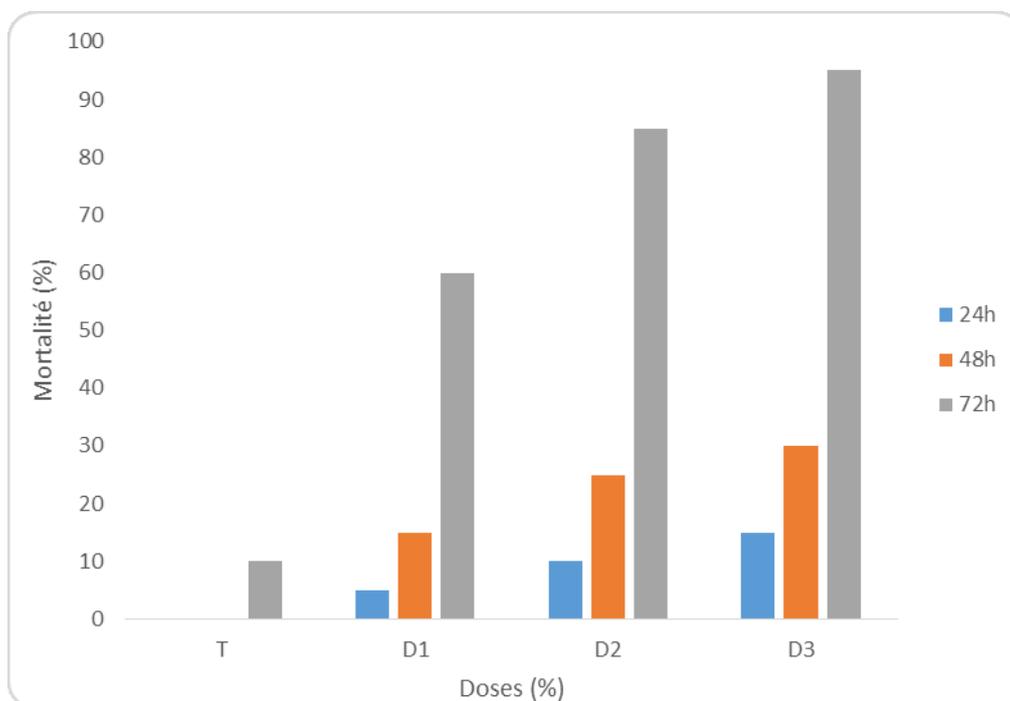


Fig.25 - Taux de mortalité journalière cumulée des larves L₄, traitées au *Datura stramonium* par ingestion

Résultats et Discussion

Après avoir exposé les larves L₄ de *Tuta absoluta* aux différentes doses à base d'extrait de feuille de DS durant 24, 48 et 72h, les taux de mortalité varie selon les doses appliquées, qui montre une différence d'efficacité insecticide dépassant les 90% au bout de 72h (Fig.25).

Chez les larves L₄ de *T. absoluta* traitées par ingestion, il est enregistré un début de mortalité de 15 % au 1^{er} jour à la dose D₁, de 25 % à la dose D₂ et de 30 % à la dose D₃. Au 3^{ème} jour, ce taux atteint 60 % à la dose D₁, 81,25 % à la dose D₂ et 93,75 % à la dose D₃. Le taux de mortalité est de 20 % chez les chenilles témoins considérée comme mortalité naturelle.

D'après l'analyse de la variance, il est à constater que la probabilité est supérieure à 0,05, ce qui implique qu'il n'y a pas de différence significative entre les chenilles témoins et celles traitées avec les trois doses par ingestion.

3.3.1.1.2. - Détermination de la DL₅₀

Le calcul des DL₅₀ est réalisé au 3^{ème} jour soit 72h après le traitement des chenilles L₄ de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* par l'extrait de *Datura stramonium*. Pour calculer le DL₅₀, des droites de régression sont tracées en fonction des probits et des logarithmes.

3.3.1.2.. Efficacité de *Datura stramonium*

3.3.2.1.1. Traitement par ingestion

Les résultats de l'efficacité de traitement par ingestion sur les L₄ de *Tuta absoluta* au 3^{ème} jour sont portés sur le tableau 16 (en Annexe) et illustrés par la figure 26

Résultats et Discussion

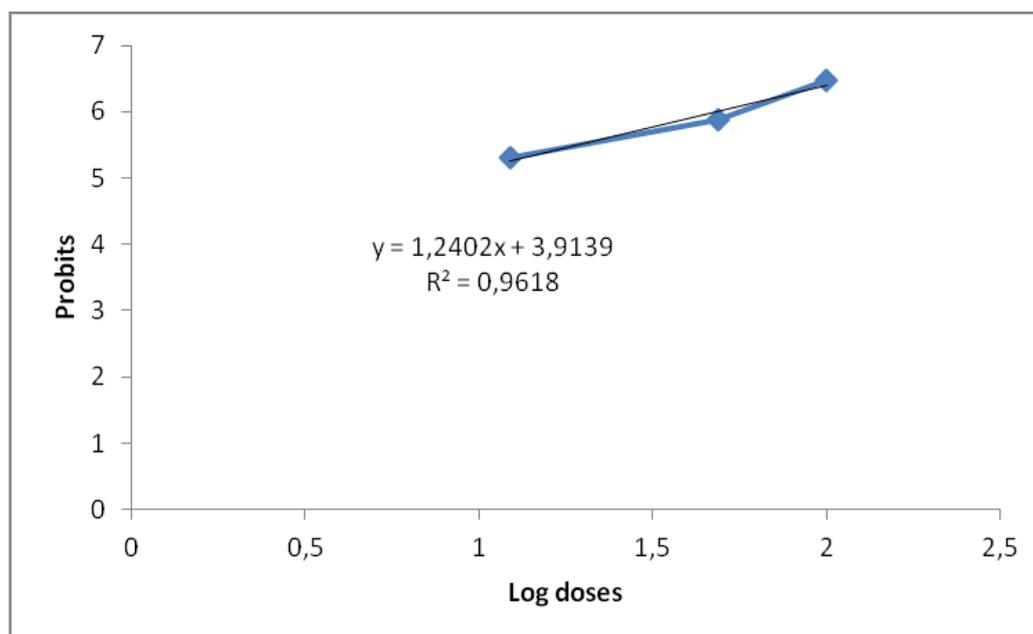


Fig.26 - Effet du traitement par ingestion de *Datura stramonium* sur les L4 de *T. absoluta* au 3^{ème} jour

La DL₅₀ de traitement par ingestion de *Datura stramonium* sur les L₄ de *T. absoluta* au 3^{ème} jour est égale à 7, 5%.

Beaucoup de métabolites se comportent comme des signaux chimiques que la plante utilise pour s'adapter aux changements défavorables de l'environnement (Chadhary *et al*, 1985), D'autres ont pour rôle la défense de la plante contre les phytophages, les pathogènes, les parasites ou l'inhibition de la germination et la croissance des plantes concurrentes (Baskin *et al*, 1967; Hale *et al*, 2004; Thi Dao, 2008).

D'après Abbasipour *et al*, (2011), les extraits de feuille et de racine de *Datura stramonium* ont un effet toxique sur les adultes de *Tribolium castaneum*, mais aussi un effet larvicide (Pascual-Villalobos et Robledo, 1997). En outre, l'activité acaricide de cette plante contre l'acarien à 2 points, *Tetranychus urticae* a été démontrée (Kumral *et al*, 2009). L'effet toxique des extraits des graines et des feuilles de *D. stramonium* est lié à la présence de certains alcaloïdes. De plus, certaines études ont montré que certains alcaloïdes diffèrent quantités dans différentes parties de *Datura* spp, ce qui explique pourquoi les extraits de feuilles sont plus efficaces que les extraits des graines (Philipov et Berkov, 2002; Berkov *et al*, 2006).

Résultats et Discussion

De plus, il a été découvert que la plante entière avait des propriétés répulsives et anti-appétissantes contre certains insectes nuisibles telles que la tordeuse du riz *Corcyra cephalonica* St (Lepidoptera, Pyralidae), *Dysdercus cingulatus* (Fabricius), *Spodoptera litura*, et *Philosamia ricini* (Devaraj et Srilatha 1993; Prakash et Rao., 1997). Les extraits de *Datura stramonium* ont des effets significatifs sur les indices nutritionnels et la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum*. *Datura stramonium* a réduit de manière significative le taux de croissance et la consommation alimentaire des adultes de *T.castaneum* (Abbasipour *et al*, 2011).

Cependant, les extraits de *D.stramonium* se composent d'alcaloïdes (scopolamine, hyoscyamine, meteloidine, et apoatropine), trépénoïdes, et flavonoïdes qui possèdent des propriétés insecticides (Pavela, 2004; Berkov *et al*, 2006; Abbapsipour *et al*, 2011). Une étude précédente a rapporté que la scopolamine joue un rôle dans l'interaction entre *D. stramonium* et ses principaux insectes folivores dans le centre du Mexique (Castillo *et al*, 2014).

Des études ont été réalisées pour évaluer la toxicité et la répulsion efficacité des huiles essentielles végétales contre les insectes des denrées stockées (Hanif *et al*, 2016). Lors des expériences réalisées sur l'activité insecticide des huiles végétales, pour le test de mortalité, les données ont été recueillies après 24, 48h et 72hr de traitement. La plus forte mortalité de *Tribolium castaneum* et de *Trogoderma granarium* a été observée avec *Datura stramonium* est respectivement de 28,8 et 24,3 %. Par contre, dans le cas de *Rhyzopertha dominica* le maximum de la mortalité est de 25,5 %, traité avec *Azadirachta indica* (Hanif *et al*, 2016).

3.3.3. - Choix de ponte sur les plantes hôtes et sur *Datura*

3.3 3.1. - Sur plant de tomate

L'observation du comportement des pontes montre que le nombre moyen d'œufs pondus par femelle sur la tomate infestée est de $54 \pm 3,61$ sur la face inférieure. Il apparaît supérieur au nombre moyen d'œufs pondus par femelle sur la face supérieur, soit $39,33 \pm 12,74$.

L'analyse statistique n'a pas montré de différence significative entre le choix de ponte sur les deux faces des feuilles de la tomate (Fig. 27 ; 28). Effectivement, aucune différence

Résultats et Discussion

significative n'a été signalée par le test LSD à 95 % entre la face supérieure et la face inférieure de la tomate.

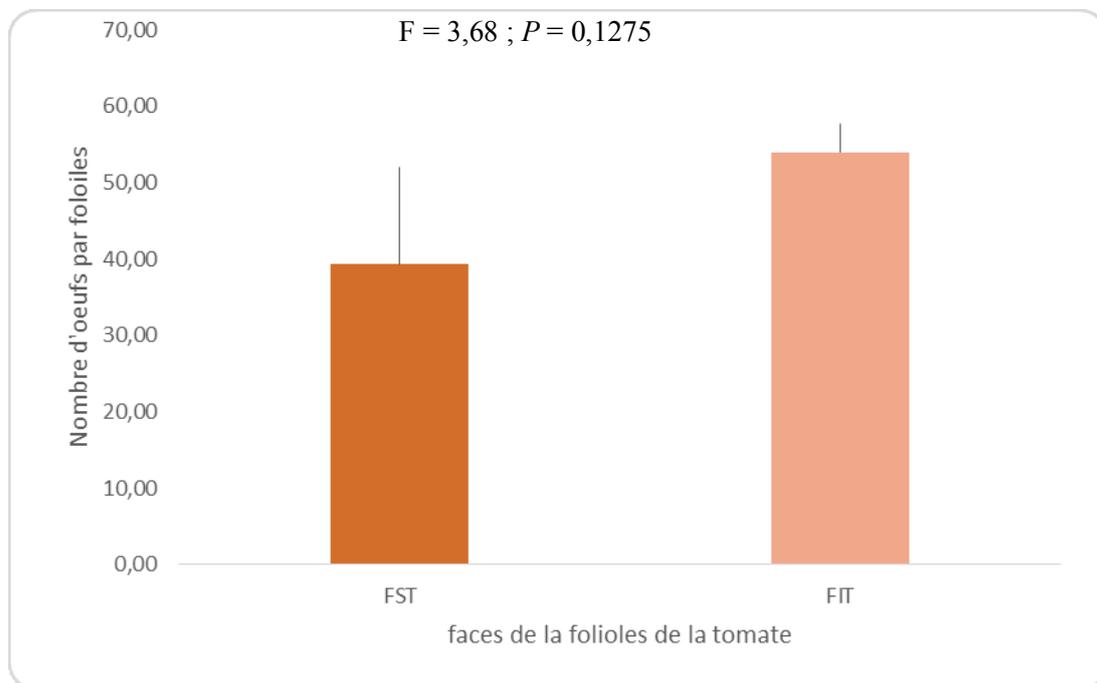


Fig. 27. Nombres moyens d'œufs émis par femelle de *Tuta absoluta* sur le plant de Tomate
FST : Face supérieure ; FIT : Face inférieure

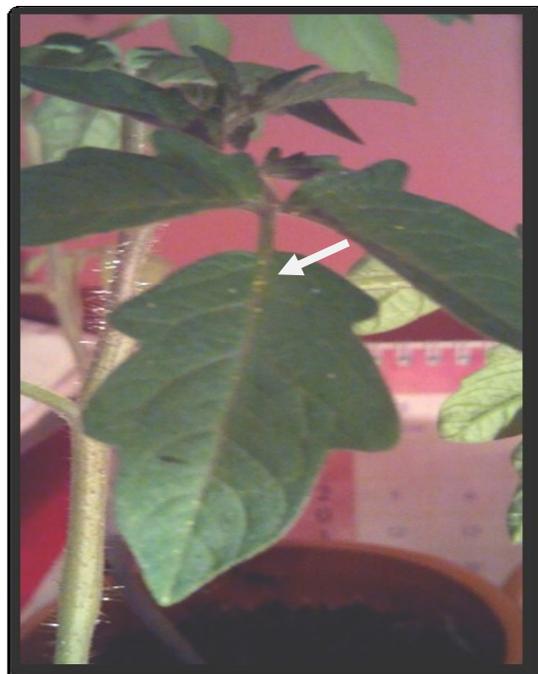


Fig.28. Choix de ponte de *Tuta absoluta* sur la plante hôte (Tomate)

Résultats et Discussion

3.3.3.3. Sur les plants de tomate et de DS

En situation de choix, en présence des deux plantes hôtes (Tomate, *Datura stramonium*), les femelles de *Tuta absoluta* testées pondent significativement plus d'œufs sur tomate que sur les *Daturas* (Fig. 29).

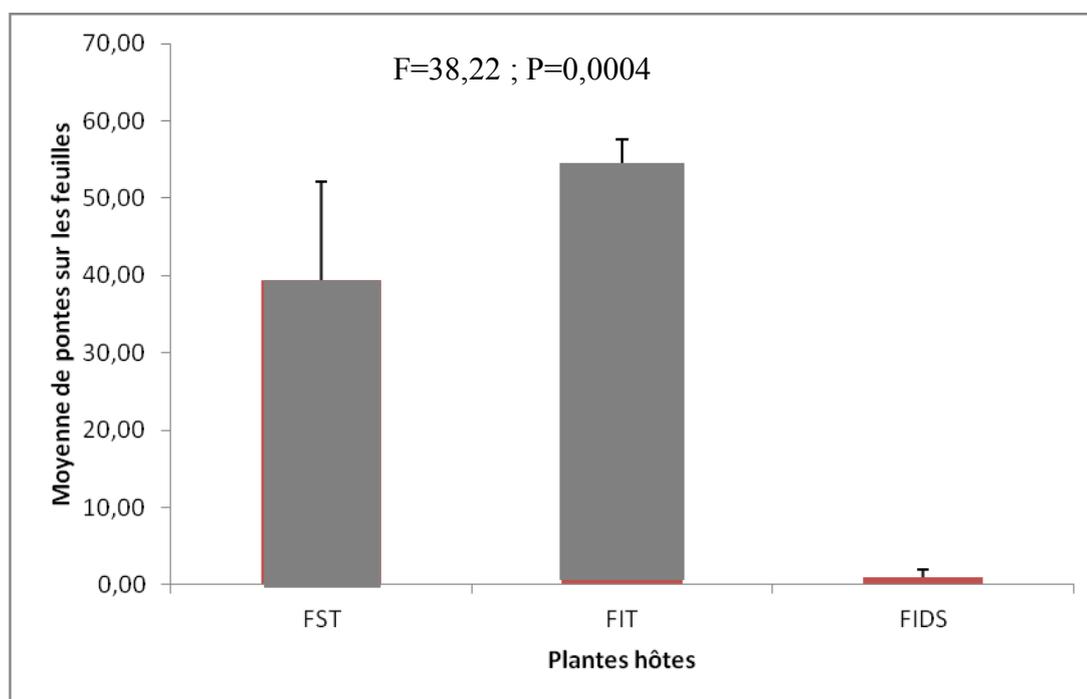


Fig. 29. Nombres moyens d'œufs émis par femelle de *Tuta absoluta* sur le trois plant hôtes
FST : Face supérieur tomate ; FIT : Face inférieure tomate; FIDS : Face inférieure
D.stramonium

L'analyse de la variance est très hautement significative, le test LSD à montre la présence de deux groupes homogènes dont le premier (a) comporte le DS. Le second (b) renferme la face supérieure de la feuille de la tomate, et la face inférieure de la feuille de tomate.

Le choix du site de ponte des femelles de *Tuta absoluta* est donc orienté vers la tomate lorsque cette dernière est disponible, la face inférieure de la feuille est plus abondante en œufs que la face supérieure de la feuille, la tomate est la plante-hôte la plus recherchée par *Tuta absoluta*, par rapport au *Datura*.

Résultats et Discussion

Cette étude a permis l'analyse des conséquences de la réponse induite chez des plantes hôtes sur le comportement et les capacités de développement de l'insecte phytophage spécialiste, soit *Tuta absoluta*.

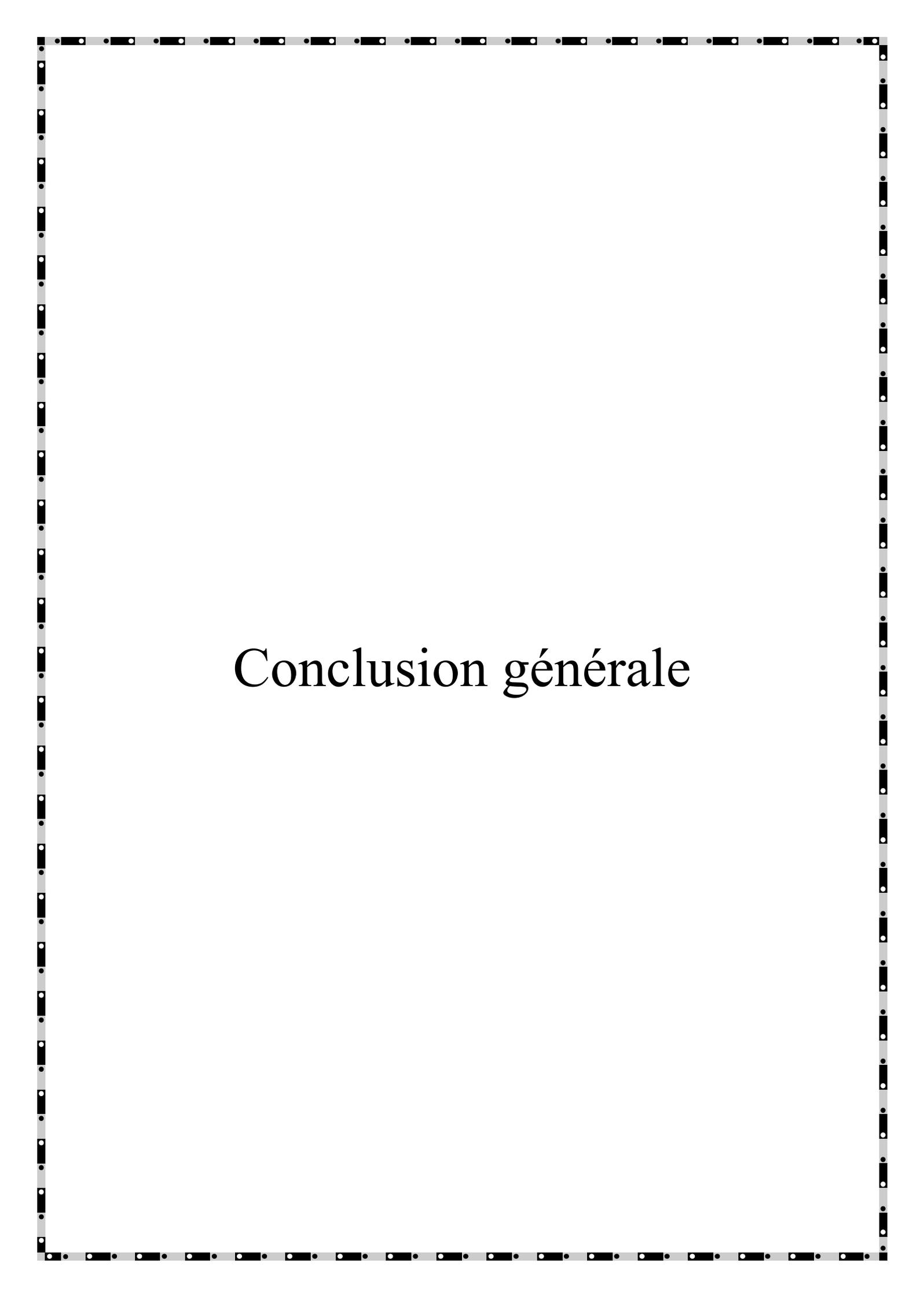
D'après Caparros Megido *et al.* (2014), les femelles de *Tuta absoluta* élevées sur la tomate étaient plus attirées par les plants de tomates que par les plants de pomme de terre. Ce résultat était attendu car la tomate est considérée comme l'hôte principal pour le développement de *Tuta absoluta* (Pereyra et Sanchez, 2006; Miranda *et al.*, 1998; Caparros Megido *et al.*, 2014). Par ailleurs, il est connu que les femelles des papillons nocturnes pondent de préférence sur les espèces végétales sur lesquelles elles se sont préalablement développées (Olsson *et al.*, 2006 ; Moreau *et al.*, 2008).

Le choix de la plante hôte est important pour le développement des lépidoptères (Thompson et Pellmyr, 1991), les larves néonatales de nombreuses espèces sont incapables de passer à une autre source alimentaire. Les mâles et les femelles sont attirés par les mélanges d'odeurs émis par les plantes qui signalent les sources de nourriture, les sites d'accouplement ou les plantes hôtes pour les larves (Trona *et al.*, 2010).

Les insectes peuvent être attirés simultanément par la plante sur laquelle ils ont vécu pendant leur développement et par le mélange volatil de la plante sur laquelle leurs ancêtres ont été élevés (tomate) comme source de nourriture appropriée (Caparros Megido *et al.*, 2014). Pendant la ponte, les femelles sont exposées à divers indices, dont les substances volatiles, les produits chimiques de contact et les signaux visuels qui aident à déterminer les caractéristiques de la plante (métabolites secondaires, phénologie, dureté des tissus et mécanismes de défense).pour confirmer leurs choix (Awmack et Leather, 2002; Olsson *et al.*, 2006; Costa *et al.*, 2009), D'après Dugravot (2004), le comportement de ponte des femelles de teigne du poireau est également positivement affecté par la réponse induite chez le poireau lorsque celle-se trouve dans une enceinte close sans courant d'air. Ainsi, la plus forte concentration de précurseurs soufrés présents dans les feuilles de la plante pourrait orienter le choix de ces individus vers les poireaux à infester. Ces acides aminés soufrés, sont détectés par les récepteurs sensoriels de la femelle et sont impliqués dans le déclenchement du comportement de ponte (Thibout et Auger, 1996).

Résultats et Discussion

Les femelles de *T. absoluta* utilisent des indices volatils pour sélectionner et pondre sur certaines plantes, c'est ainsi, que cette espèce est susceptible d'utiliser des plants de tomates (Caparros Megido *et al*, 2014). La haute qualité nutritionnelle de la tomate a eu des effets positifs sur le développement rapide des chenilles et de plus de capacité, à augmenter sa population (Pereyra et Sanchez, 2006).



Conclusion générale

Conclusion

Conclusion

Dans le cadre de cette étude, plusieurs intérêts sont mis en évidence quant à l'emploi des *Daturas* en agriculture, tels que l'action des métabolites secondaires de ces plantes sur le comportement des insectes, leurs effets allélopathiques et leurs effets, suite à l'amendement de la poudre de *Datura* (Feuilles et racines) dans le sol. Il est admis actuellement que la toxicité de certaines plantes riches en alcaloïdes tropaniques peuvent servir pour lutter contre les nématodes à galles et les insectes.

Il est connu aussi que l'extrait des plantes présente certains avantages par rapport aux pesticides synthétiques. Ils peuvent fournir de nouveaux composés que les bioagresseurs ne sont pas encore en mesure d'inactiver. Ils sont moins concentrés et donc potentiellement moins toxiques que les composés purs, Ils se biodégradent rapidement et peuvent posséder de multiples modes d'action avec un large spectre d'utilisation, tout en conservant une action sélective au sein de chaque groupe de ravageurs.

Les résultats de cette étude suggèrent que l'ajout de poudre de *Datura stramonium* comme amendement organique au substrat de culture de la tomate, peut bien fonctionner en tant que nématicide et peut être utilisé avec succès pour contrôler les nématodes à galles, au lieu des traitements chimiques traditionnels utilisés et souvent très néfastes. Ce procédé innovant permet donc d'éviter la pollution de l'environnement tout en préservant la qualité organoleptique de la tomate et surtout la santé du consommateur.

Aussi, Il est mis en évidence dans ce manuscrit que la co-culture de *Solanum lycopersicum* et de *Datura stramonium* favorise la croissance de la tomate et surtout en préservant la qualité des plants, car peu affectés par les maladies. Les fruits récoltés ont un excellent aspect, autant pour la forme ronde que pour la couleur. Néanmoins, il est à remarquer une variabilité dans le calibre qui est généralement compris entre 57 et 67 mm.

Par ailleurs, la culture intercalaire (Tomate – *Datura*), permet d'améliorer la qualité biologique du sol, ainsi que la réduction de nombreuses populations des agents pathogènes et un bon rendement en fruits de qualité. Il est à remarquer que dans ces mêmes conditions, il y a moins de mauvaises herbes que lorsque la culture de tomate est conduite seule, Le *Datura* installé en intercalaire joue un rôle prépondérant à la réduction des bioagresseurs grâce à la présence de ses trichomes, de plus les *Daturas* par allélopathie, empêche les adventices de se proliférer.

Les substances alcaloïdes produites par les *Daturas* peuvent être utilisées comme insecticides biologique pour la protection des plants de tomate et pour des rendements élevés en baies, sans polluer l'environnement.

Grâce à leurs toxicités sur *Tuta absoluta*, ces molécules bioactives donnent de bons résultats par leur forte activité larvicide. Ainsi, les extraits de DS testés ont permis d'obtenir des taux

Conclusion

de mortalité de l'ordre de 93,8 % au 3^{ème} jour de traitement pour la forte dose D₃. Par ailleurs, lors de la ponte, les femelles de *Tuta absoluta* cherchent surtout les plants de tomate et délaissent ceux de *Datura*.

Toutefois, si la défense contre les insectes à l'aide de *Datura* est intéressante, cependant ses métabolites secondaires devraient être étroitement réglementés vu sa forte toxicité. De plus, à faibles doses, les alcaloïdes tropaniques peuvent avoir d'autres applications très intéressante notamment dans le domaine pharmaceutiques en tant que relaxants musculaires, analgésiques, tranquillisants et psychotropes. A cet effet la culture intercalaire offre un double objectif, produire de la tomate en exploitant les *Daturas* qui seront destinées à la production de métabolites secondaires utiles en pharmacologie.

Cette étude aura donc permis d'un point de vue fondamental de mieux connaître l'importance écologique des substances alcaloïdiques dans la relation plante-insecte. Malgré tout, de nombreux points restent encore à éclaircir notamment la quantification et la caractérisation des molécules bioactives lors d'une attaque d'insectes phytophages et nématodes. Comprendre les mécanismes d'adaptation et de coévolution des plantes impliquées dans ce système de co culture et les bioagresseurs.

Références bibliographiques

-
1. ABBASIPOUR H., MAHMOUDVAND M., RASTEGAR F. and HOSSEINPOS M.H., 2011- Bioactivities of jimsonweed extract, *Datura stramonium* L. (Solanaceae), against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Turk J. agric for.*, 35: 623 – 629.
 2. ABBASSI K., MERGAOUI Z., ATAY-KADIRI A., STAMBOULI S. et GHAAOUT., 2003 - activité biologique de Lapos ; extrait de graines de *Peganum harmala* sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskal 1775). *J. Orthoptera Resaerch*, (10): 1043 - 1082.
 3. ABBOT W.A., 1925- Method of computing the effectiveness of an insecticide, *Journal economic entomology*, 18: 265 - 267.
 4. ABID M., 1996- *Studies on the control of root-knot nematodes (Meloidogyne spp.) with botanical toxicants*. Ph. D. Thesis, university of Karachi, 345 p.
 5. AHMAD I.M., ABDALLA M.Y., MUSTAFA N. H., QNAIS, E.Y. and ABDULLAC F.A., 2009 – *Datura* Aqueous Leaf Extract Enhances Cytotoxicity via Metabolic Oxidative Stress on Different Human Cancer. *Cells. Jordan Journal Biological Sci.*, 2 (1): 9 - 14.
 6. AHMED M.S., MUKHTAR T. and AHMED R., 2004- Some studies on the control of citrus nematode (*Tylenchulus semipenetrans*) by leaf extracts of three plants and their effects on plant growth variables, *Asian J. Plant. Sci.*, 3: 544 – 548.
 7. AGRAWAL A.A., 1998 - Induced response to herbivory increased plant performance. *Science*, 279, 1201 - 1202.
 8. AIT TAADAOUIT N., NIKAHYANE A., HSAINE M., ROCHDIB A., HORMATALLAH A., et BOUHARROUD R., 2011- L'effet des extraits végétaux sur la mineuse de la Tomate *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae), *Actes Premier congrès internati. l'Arganier, Agadir*,: 411 - 417.
 9. ALBORN H.T., TURLINGS T.C.J., JONES T.H., STENHAGEN G., LOUGHRIN J.H. and TUMLINSON J.H., 1997 - An elicitor of plant volatiles from beet armyworm oral secretions. *Science*, 276: 945 - 949.
 10. ALEXANDER J., BENFORD D., COCKBURN A., CRAVEDI J.P., DOGLIOTTI. E, DI DOMENICO A., FERNANDEZ-CRUZ M.L., FÜRST P., FINK-GREMMELS J., LODOVICO GALLI C., GRANDJEAN P., GZYL J., HEINEMEYER G., JOHANSSON N., MUTTI A., SCHLATTER J., VAN LEEUWEN R., VAN PETEGHEM C. and VERGER P. 2008 - Tropane alkaloids from *Datura* sp., as undesirable substances in animal feed. *The Efsa Journal*, 691: 1 - 55.
 11. AL-HAMDANY M.A., AL-NOAIMI H.N., ABOUD H.M. and SALHI H.M., 199- Use of furfural for control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* on cucumber and eggplant under greenhouse conditions, *Arab J.Pl. Pro.*, 17: 84-87
 12. ALOÏS SCHMID, B., 1986 - *Remèdes de plein air : plantes médicinales, leurs mois, leurs vertus*. Ed. Universitaires, Fribourg, 174 p.

-
13. AMER-ZAREEN M., ZAKI M. and JAVED N., 2003- Nematicidal activity of ginger and its effect on the efficacy of *Pasteuria penetrans* for the control of root-knot nematodes on tomato. *Asia. J. Plant, Sci.* 2: 858 - 860.
 14. ANAND T. and BHASKARAN R., 2009 - Exploitation of plant products and bioagents for ecofriendly management of chilli fruit rot disease, *Journal Plant Protection Research*, 49 (2): 195 - 203.
 15. ARAYA M et CASWELLE-CHEN E.P., 1994- Penetration of *Crotalaria juncea*, *Dolichos lablab*, and *Sesamum indicum* roots by *Meloidogyne javanica*. *J. Nematol.*, 26: 238 - 240.
 16. AROUKO H., MATRAY M.D., BRAGANCA C., MPAKA J.P., CHINELLO L., CASTAING F., BARTOU C. et POISOT D., 2003 - L'intoxication volontaire par l'ingestion de *Datura stramonium*. *Ann. Med. Interne*, 154: 146 - 150.
 17. ARULVASU C., BABU G. MANIKANDAN R., SRINIVASAN P., SELLAMUTHU S., PRABHU D. and DINESH D., 2010 - Anti-cancer effect of *Datura innoxia* Mill. leaf extract *in vitro* through induction of *Apoptosis* in Human colon Adenocarcinoma and Larynx Cancer Cell Lines, *Journal Pharmacy Research*, 3 (7): 1485 - 1488.
 18. ATACHI P., DESMIDTS M. et DURNEZ C., 1989 - Les papillons piqueurs (Lépidoptères, Noctuidea) ravageurs des agrumes au Bénin: dégâts qu'ils occasionnent et caractéristiques morphologiques. *F.a.o. Plant Prot.Bull.*, 37 (3): 10.
 19. AWMACK C.S. and LEATHER S.R., 2002 - Host plant quality and fecundity in herbivorous insects, *Annu Rev entomol.*, 47 (1): 817 - 844.
 20. BABA AISSA.F., 1991 - *Les plantes médicinales en Algérie*. Ed. Bouchane et Ad. Diwan, Alger, 169 p.
 21. BASKIN J.M., LUDLOW C.J., HARRIS T.M. and WOLF F.T., 1967 - Psoralen, an inhibitor in the seeds of *Psoralea subcaulis* (Leguminosae), *Phytochemistry*, 6: 1209 - -1213.
 22. BELIARD E., MET C et MOREL-KRAUSE E., 2002- Protection alternative des cultures ornementales sous serre bilan de deux années de suivi de la lutte contre les ravageurs et les maladies dans cinq villes de la région centre. *Phytoma-La Défense des Végétaux*, 42-44.
 23. BENHAMOU N., 2009 - *La résistance chez les plantes. Principes de la stratégie défensive et applications agronomiques*. Éd. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 376 p.
 24. BENOUADAH Z., 2009- *Etude de l'effet de la toxicité du Datura stramonium L. sur le rein du rat blanc (albinos wistars)*. Magister Biologie Physiologie Animale, Univ. Mentouri, Constantine, 96 p.
 25. BERENBAUM .M. R., 1983- Coumarins and caterpillars: a case for coevolution. *Evolution*, 37: 163 - 179.
-

26. BERKOV S., DONCHEVA T., PHILIPPOV S. and ALEXANDROV K., 2006- Alkaloid patterns in some varieties of *Datura stramonium*. *Fitoterapia*, 77: 179 - 182.
27. AGRAWAL A.A., 1998. Induced response to herbivory increased plant performance. *Science*, 279: 1201-1202.
28. BIANCHINI F. et PANTANO A.C., 1986 - *Guide vert des plantes et des fleurs*. Éd. Solar, Paris, 125 p.
29. BLANCARD D., 2009- *Les maladies de la tomate. Identifier, connaître, maîtriser*: Ed. Quae, Versailles, 750 p.
30. BOUZIDI A., MAHDEB N., ALLOUCHE L. et HOUCHER B., 2002 - Etude épidémiologique sur les plantes toxiques dans les régions de Sétif et Bordj Bou Arreridj (Est de l'Algérie- Afrique du Nord). *Bull. Information toxicol.*, 18 (2): 5 - 10.
31. BOVEY R., BAGGIOLINI M., BOLAY A., BOLAY E., CORBAS R., MATHYS G., MEYLAN A., MURBACH R., PELET F., SAVARY A. et TRIVELLI G., 1972- *La défense des plantes cultivées*. Ed. Payot, Lausanne, Paris, 863 p.
32. BRUNETON J., 1999 - *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. Ed Lavoisier, Paris, 647 - 673.
33. CAHILL M., GORMAN K., DAY S., DENHOLM I. and ELBERT A., 1996- nauen baseline determination of resistance to imidacloprid in Bemisia tabaci (Homoptera: Aleyrodidae), *Bull. Entomol. Research*, 86: 343 - 349.
34. CAI, S.L. and MU, X.Q., 2012 - Allelopathic potential of aqueous leaf extracts of *Datura stramonium* L. on seed germination, seedling growth and root anatomy of *Glycine max* (L.) Merrill, *Allelopathy Journal*, 30 (2):235 – 245.
35. CAPARROS-MEGIDO R., DE BACKER L., ETTAIB R., BROSTAU Y., FAUCONNIER M.L., DELAPLACE P., LOGNAY G., BELKADHI M., HAUBRUGE E., FRANCIS F. and VERHEGGEN F.J., 2014- role of larval host plant experience and solanaceous plant volatile emissions in *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) host finding behaviour, *Arthropod. Plant. Interactions*, 8: 293 - 304.
36. CARRIER A., 2010 - *La pourriture apicale de la tomate*. Ed. Agriculture, Pêcheries et Alimentation Québec, 38 p.
37. CASTILLO G., CRUZ L.L., TAPIA-LÓPEZ R. OLMEDO-VICENTE E., CARMONA D., ANAYA-LANG A.L., FORNONI, GUADALUPEJ., ANDRACA-GÓMEZ G., VALVERDE P.L. and NÚÑEZ-FARFÁN.J., 2014- Selection Mosaic Exerted by Specialist and Generalist Herbivores on Chemical and Physical Defense of *Datura stramonium*, *Plos One*, 9 (7): 1 - 7.
38. CAVELIER A., 1976- *Cours phytopharmacie*. Ed. Institut. nati. agro., El-Harrach, T. 1. 514 p.

39. CHADHARY S.K., CESKA O., WARRINGTON P.J. and ASHWOOD-SMITH M.J., 1985- increased furocoumarin content of celery during storage, *J. Agro. Food. Chem.*, 33 (6): 1153 - 1157.
40. CHAN K., 2002- Jimson Weed poisoning – A Case Report. *The Permanente journal*; 6: 28 - 30.
41. CHAUX C. et FOURY C., 1994 - *Production légumière*. Ed Tech et Doc Lavoisier, T. 3, Paris, 563 p.
42. CHITWOOD D.J., 2002 - Phytochemical based strategies for nematode control. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 40: 221 - 249.
43. CHOUGOUROU D.C., AGBAKA A., ADJAKPA J.B., EHINNOU – KOUTCHIKA R., KPONHINTO U.G. et ADJALIAN E.J.N., 2012- Inventaire préliminaire de l'entomofaune des champs de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la commune de Djakotomey au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 6 (4): 1789 – 1804.
44. COSTA F., COSIO W., CARDENAS M., YABAR E. and GIANOLI E., 2009 - Preference of quinoa moth *Eurysacca melanocompta* Meyrick (Lepidoptera : Gelechiidae) for two varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) in olfactometry assays. *Chill J. Agric Res.*, 69 (1): 71 – 78.
45. COSTA J.M. et HEUVELINK E., 2005. *Introduction: The tomato crop and industry*, in: Heuvelink, E. Eds, Tomatoes. CABI Publishing, London, 1 - 20.
46. COYNE D.L., NICOL J.M. et CLAUDIUS-COLE., 2010-les nématodes des plantes: un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire. . Ed. CTA, Wageningen, 93 p.
47. CRAGG G.M., NEWMAN D.J. and SNADER K.M., 1997 - Natural products in drug discovery and development *J. Nat. Prod.*, 60: 52 - 60.
48. CROSBY D.G., 1966 - Natural Pest control agents. in Gould,(Ed.). Natural Pest control agents *Adv. Chem. Ser.* 53: 1 – 16.
49. CROTEAU R., KUTCHAN T.M. and LEWIS N.G., 2000. Natural products (Secondary metabolites), in: BUCHANAN, B., GRUISSEM, W. and JONES, R. (Eds), Biochemistry and molecular biology of plants. *American Society of Plant Nutrition, Rockville*, 1250 - 1318.
50. DE MORAES, C.M., Lewis, W.J., Paré, P.W., Alborn, H.T. and Tumlinson, J.H., 1998 - Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. *Nature*, 393: 570 – 573.

51. DEVARAJ K.C. and SRILATHA G.M., 1993 - Antifeedant and repellent properties of certain plant extracts against the rice moth; *Corycyra cephalonica* St.in: *Proceedings on Botanical pesticides in integrated pest Management, Bangalore*,:159 – 165.
52. DICKE M., 1999 - Are herbivore-induced plant volatiles reliable indicators of herbivore identity to foraging carnivorous arthropods. *Entomol. Exp. Appl.*, 91: 131 - 142.
53. DJIETO-LORDON C., ALENE DC. et REBOUL JL., 2007- Contribution à la connaissance des insectes associés aux cultures maraichères dans les environs de Yaoundé_ Cameroun. *Cam. J. Biol. Biochem. Sc.*, 15: 1 – 13.
54. DORVAULT F., 1982 - *L'officine du 21^{ème} siècle*. Ed Vigot, Paris, 1958 p.
55. DRAJIAN K., SEENIVASAN N. and SELVARAJI N., 2003- Bio-management of root-knot nematodes, *Meloidogyne hapla* in carrot (*Daucus carota*). *India J. Nematol.* 33: 6 - 8.
56. DUGRAVOT S., 2004- *Les composés secondaires soufres des allium : rôle dans les systèmes de défense du poireau et actions sur la biologie des insectes*. Thèse Doctorat, université de Tours, 198 p.
57. DUPONT F. et GUIGNARD J.L., 2012 - *Botanique les familles de plante*. Ed Elsevier Masson, Paris, 336 p.
58. EIGENBRODE S. D., TRUMBLE J.T. and WHITE K.K ., 1996- Trichome exudates and resistance to beet armyworm (Lepidoptera, Noctuidae) in *Lycopersicon hirsutum f. typicum* accessions *Environ. Entomol.*, 25: 90 – 95.
59. EL ALLAGUI N., TAHROUCH S., BOURIJATE M. et HATIMI A., 2007- action de différents extraits végétaux sur la mortalité des nématodes à galle du genre *Meloidogyne* ssp. *Acta. Bot. Gallica*, 154 (4): 503 – 509.
60. ELBADRI G.A.A., LEE D.W., PARK J.C. and CHOO H.Y., 2009- Nematicidal efficacy of herbal powders on *Meloidogyne incognita* (Tylenchid; *Meloidogynidae*) on potted watermelon. *Journal of Asia pacific Entomology*, 12: 37 – 39.
61. EL BAZAOUI A., STAMBOULI H., BELLIMAM M.A et SOULAYMANI A., 2009- Détermination des alcaloïdes tropaniques des graines de *Datura stramonium* L. par Cpg/Sm et Cl/Sm. *Ann. Toxicol. Anal.*, 2 (4): 18 – 188.
62. ELLE E., NICOLE M., VAN DAM N.M and HARE D., 1999- Cost of glandular trichomes, a “resistance” character in *Datura wrightii* Regel (Solanaceae). *Evolution*, 53: 22 - 35.
63. ENYEDI A.J., YALPANI N., SILVERMAN P. and RASKIN .I., 1992 - Signal molecules in systemic plant resistance to pathogens and pests. *Cell.*, 70: 879 – 886

-
64. EVANS W.C., 1979 - Tropane alkaloids of the *Solanaceae*. in J.G. HAWKES, R.N. LESTER and A.D. SKELDING (eds.), *The biology and taxonomy of the Solanaceae. linnean society symposium, series 7*. Academic Press, London, 241 - 254.
65. EVERY A. G., SATINA S. and RIETSEMA J. 1959 – *Blakeslee: The genus Datura*. Ronald Press Company, New York, 289 p.
66. FABRE F. et RYCKAEWAERT P., 2001- Lute intégrée contre les ravageurs des cultures maraîchères à la Réunion. *Food and Agricultural Research*, 99 - 103.
67. FARNSWORTH N.R. and SOEJARTO DD., 1991 - *Global importance of medicinal plants. in: AKERELE O, HEYWOOD V and SYNGE H, editors. The conservation of medicinal plants*, Cambridge: Cambridge University Press, 25 – 51.
68. FELIDJ M. et HOUMANI Z., 2006 - Domestication de *Datura stramonium* sous stress hydrique pour l'optimisation de la production en alcaloïdes d'intérêt thérapeutique. *International Symposium on Perfume, Aromatic and Medicinal Plants (Maroc): from production to valorisation*, p. 164.
69. FERNALD L.M., 1970 - *Gray's manual of botany*. 8th ed. Van Nostrand Co., New York. *Datura*, 1259 – 1260.
70. FERRIS H., CASTRO C.E. CASWELL E.P., JAFFEE B.A., ROBERT P.A., WESTERDAHL B.B. and WILLIAMSON V.M., 1992 - *Biological approaches to the management of plant-parasitic nematodes pp. 68-101 in MADDEN J.P. (Ed.). Beyond Pesticides; Biological Approaches to pest Management in California*. University of California Press, p.183.
71. FIURI P. et FRICK R., 2005 - L'apiculture en Suisse : état et perspectives. *Rev. suisse d'Agriculture*, 37 (2): 81- 86.
72. FLUCK H., 1977- *Petit guide panoramique des herbes médicinales*. Ed. Délachaux et Nestlé, Paris, 275 p.
73. GIRARDIN P., 2010- L'agriculture biologique, un champ de recherche pour l'agronomie. *Courrier de la cellule environnement*, 12: 25 – 31. .
74. GOULLE J.P., PEPIN G., DUMESTRE-TOULET V. et LACROIX C., 2004 - Botanique, chimie et toxicologie des Solanacées hallucinogènes : Belladone, *Datura*, *jusquiame*, Mandragore. *Ann. Toxicologie analytique*, 16 (1): 1 – 34.
75. GREEN T.R. and RYAN C.A., 1972- Wound-induced proteinase inhibitor in plant leaves: A possible defense mechanism against insects. *Science*, 175: 776 – 777.
76. GRYNKIEWICZ G. and GADZIKOWSKA M. 2008 - Tropane alkaloids as medicinally useful natural products and their synthetic derivatives as new drugs. *Pharmacological Reports*, 6: 439 – 463.
77. HAHLBROCK K. and SCHEEL D., 1989- Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism. *Annu. Rev. Plant. Biol.*, 40: 347 - 369.
-

78. HALE A.L., BERTON C. and HOUDE M., 1998- Isolation and characterization of wheat aluminium-regulated genes: possible involvement of aluminium as a pathogenesis response elicitor. *Planta*, 205: 531 – 538.
79. HANIF .CH. M. SH., UL-HASAN M., SAGHEER M., SALEEM SH., AKHTAR S and IJAZ. M., 2016- Insecticidal and repellent activities of essential oils of three medicinal plants towards insect pests of stored wheat. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22 (3), 470 – 476.
80. HARBORNE J., 1993- *Introduction to Ecological Biochemistry*. Academic Press, London, 348.
81. HARE J.D., 2005- Biological activity of acyl glucose ester from *Datura wrightii* glandular trichomes against three native insect herbivores. *Journal of chemical ecology*, 31 (7): 1475 – 1491.
82. HILDER V.A., GATEHOUSE A.M.R., SHEERMAN S.E., BARKER R.F. and BOULTER D., 1987 - A novel mechanism of insect resistance engineered into tobacco. *Nature*, 300: 160 - 163.
83. HOPKINS W.G., 2003- *Physiologie végétale*. Ed. De Boeck Université, Bruxelles, 514 p.
84. HOUMANI-BENHIZIA Z., 1999 - *Quelque plantes algériennes à alcaloïdes tropaniques, effet du stress salin et hydrique sur la production d'alcaloïdes, variation de leur teneur au cour du stockage*, Thèse Doctorat, Inst. nati agro.,El Harrach, Alger, 86 p,
85. HOUMANI Z. et COSSON L., 2000 - Quelques espèces algériennes à alcaloïdes tropaniques. *Ethnopharmacology. Edit-Erga*, 205 - 219.
86. 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. Bot, Gallica*, 141 (1): 61 - 66.
87. HUNZIKER A., 2000 - *South American Solanaceae: a synoptic survey. In the biology and taxonomy of the Solanaceae*. HAWKES, J.G. SKELGING, A.D. American press, London, 49 - 85.
88. HUSAN-BANO A., SIDDIAUI I.A., AHMED W.D. and SYED E.H., 1999 - Effect of some medicinal plants on egg hatching of *Meloidogyne javanica*, root-knot nematodes. *Pak. J. Bio. Sci.*, 2: 1364 - 1365.
89. HUXLEY A., GRIFFITH M., and LEVY M., 1992 - *Dictionary gardening*. Mac Milan Press, London and Stockton Press, New York.
90. IDRISSEI HASSANI L.M., OULED AH MEDOU J., CHIHRANE et BOUAICHI A., 1998- effet d'une alimentation en *Peganum harmala* sur la survie et le développent ovarien du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forskal (Orthoptera, Acrididae). *J. Enthonopharmacologia*, 23: 26 – 41.

91. JAMES B., ATCHA-AHOWE C., GODONOU I., BAIMEY H., GOERGEN G., SIKIROU R. et TOKO M., 2010- *Gestion intégrée des nuisibles en production maraîchère : guide pour les Agents de vulgarisation en Afrique de l'Ouest*. Institut International d'Agriculture Tropicale (Iita), Ibadan, 120 p.
92. JAVIER P., ARTURO N-O, HERNANDEZ-VAZQUEZ L. and MIRJALILI M. H., 2008-Application of Metabolic Engineering to the Production of Scopolamine. *Molecules*, 13: 1722 – 1742
93. JOBIN P. et DOUVILLE Y., 1997- *Engrais verts et cultures intercalaires*. Centre de développement d'agrobiologie, Sainte-Élizabeth-de-Warwick, Québec, 20 p.
94. JOHNSON R., AN J., NARVAEZ G, and RYAN C.A., 1989-Expression of proteinase inhibitors I and II in transgenic tobacco plants: Effects on natural defense against *Manduca sexta* larvae. *Proc. Natl. Acad. Sci. Usa*, 86: 9871 - 9875.
95. KAMBALE VALIMUNZIGHA C., 2006 - *Etude du comportement physiologique et agronomique de la tomate (Solanum lycopersicum L.) en réponse à un stress hydrique précoce*. Thèse Doctorat, sci. agro. et ingén. biol., Louvain-la-Neuve, 186 p.
96. KAYANI M.Z., MUKHTAR T., HUSSAIN M.A., 2012 - Evaluation of nematicidal effects of *Cannabis sativa* L. and *Zanthoxylum alatum* Roxb. Against root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita*, *Crop Protection*, 39: 52 – 56.
97. KENNETH J. BROADLEY D. and KELLY R., 2001 - Muscatine Receptor Agonists and Antagonists. *Molecules*, 6: 142 - 193.
98. KINGHORN A. and BALANDRIN M.F., 1993 - Human medical agent from plants. *American Chemical Society .Symposium serie, Washington*, 6: 534.
99. KORAYEM A.M. and OSMAN .H.A.,1992- Nematodial potential of the Henna plant (*Lawsomia inermis*) against the root knot nematode *Meiloidogyne incognita*, *Anzeiger funschadling Skunda ,Planzenschutz, Umweltschutz*, 65 (1): 14 – 16.
100. KRUSE M., STRANDBERG M. and STRANDBERG B., 2000 - *Ecological Effects of Allelopathic Plants: a Review*. *Neri Technical*. Report n° 315, National Environmental Research Institute, Silkeborg, 66 p.
101. KUMRAL NA., COBANOGLU S. and YALCIN C., 2009- Acaricidal, repellent and oviosition deterrent activities of *Datura stramonium* L. Against adulte *Teteranychus urticae* (Koch). *Journal. Pest. Sci.*, 21: 23 – 30.
102. LALIBERTE G., 2014-Implantation du ray-grass en culture intercalaire dans le maïs grain et ensilage. *Organisme de bassins versants de la zone du Chêne. Sainte-Croix, Qc.*: 38.
103. LAPOSTOLLE F. et FLESH F. 2006 -Particularités des nouvelles drogues. *Réan.*, 15: 412 – 417.

104. LEBLANC M.L., CLOUTIER D.C et LEROUX. G.D., 1993- Le désherbage du maïs grain combiné à l'utilisation d'herbicides en bande et de cultures intercalaires. *Journée d'information scientifique: de la parcelle au champ*: 65 – 76.
105. LEVITT. J. and LOVETT. J.V., 1984-Activity of allelochemicals of *Datura stramonium* L. (Thorn-apple) in contrasting soil types, *Plant and soil*, 79: 181 – 189.
106. LIEBMAN M. and DYCK. E., 1993-Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological App*, 3: 92 – 122.
107. LIEDI E., LAWSON D.M., WHITE K.K., SHAPIRO J.A., COHEN D.E, and CARSON W. 1995-Acylsugars of wild tomato *Lycopersicon pennellii* alters settling and reduces oviposition of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology*, 88: 742 – 748.
106. LIU T.X., STANSLY P.A. and CHORTYK O.T., 1996- Insecticidal activity of natural and synthetic sugar esters against *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.*, 89: 1233 -1239.
107. LOVETT. J.V., LEVITT. J., and DUFFIELD A.M., 2006 - Allelopathic potential of *Datura stramonium* L.(thon apple). *Weed Research*, 21 (3-4): 165 – 170.
108. MACHEIX, J.J., FLEURIET, A., et JAY-ALLEMAND, C., 2005 - *Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne. 192 p.
109. MAHMOOD I. and SAXENA S.K., 1992- EFFECT OF GREEN Manuring with certain legumes on the control of plant parasitic nematodes. *Pak. J. Nematol.*, 10:139-142.
110. MASHKOOR ALAM M., 1986- Possible use of weeds as soil amendment for the management of root-knot and stunt nematodes attacking eggplant, *Agricultural Wastes*, 16, (2): 97 – 102.
111. MATEUS L., CHERKAOUI S., CHRISTEN P., and VEUTHEY J.L., 1999 - Enantioseparation of atropine by capillary electrophoresis using sulfated b-cyclodextrin: application to a plant extract. *Journal of Chromatography A.*, 868 (2): 285 – 294.
112. MATTIACCI L., DICKE M. and POSTHUMUS M.A., 1995 - Beta-glucosidase: an elicitor of herbivore-induced plant odors that attracts host-searching parasitic wasps. *Proc. natl. acad. sci. USA*, 92: 2036 – 2040.
113. MESSIAEN C.M., BLANCARD D., ROUXEL F. et ET LAFON R., 1993- *Les maladies des plantes maraichères*. Ed. Institut nati. Rech. Agro., Paris, 568 p.
114. MILLER J. S. and FEENEY P., 1983-The effect of benzyloquinoline alkaloids on the larvae of polyphagous Lepidoptera. *Oecologia*, 58: 332 – 339.

-
115. MIRANDA M.M.M., PICANCO M., ZANUNCIO J.C. and GUEDES R.N.C., 1998- Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Biocontrol Sci. Technol.*, 8 (4):597 – 606.
116. MIRANDA M.M.M., PICANÇO M.C., ZANUNCIO J.C., BACCI L. and SILVA E.M., 2005- Impact of integrated pest management on the population of leaf miners, fruit borers, and natural enemies in tomato. *Ciencia Rural*, 35 (1): 204 – 208.
117. MONTCRIOL A., KENANE N., DELORTB G., ASECIO Y. et PALMIER B., 2007 - Intoxication volontaire par *Datura stramonium*: une cause de mydriase mal connue. *Ann. Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*, 26: 810 – 813.
118. MORARD P., 1995-Les cultures végétales hors sol .*Publication Agricoles Agen*, 304 p.
119. MORARD S., 2013. Guide pratique. Mes tomates du jardin à la cuisine.. Smact, 20 p.
120. MOREAU J., RAHAME J., BENREY B. and THIERY D., 2008 - Larval host plant origin modifies the adult oviposition preference of the female European grapevine moth *Lobesia botrana*. *Naturwissenschaften*, 95 (4): 317 – 324.
121. MORSLI A., 2013 - *Caractérisation de la diversité génétique de quelques espèces de Datura L. en Algérie*. Thèse Doctorat, Univ. Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 83 p.
122. MORSLI A., DERRIDJ M., KHELIFI-SLAOUI N., BAKIRI R., AMDOUN L., et KHELIFI L., 2011 - Diversité morphologique et teneur en hyoscyamine/scopolamine de douze provenances algériennes de *Datura stramonium* L. *Revue d'écologie*, 66: 291 – 302.
123. MUKHTAR T., KAYANI M.Z. and HUSSAIN M.A., 2013- Nematicidal activities of *Cannabis sativa* L. and *Zanthoxylum alatum* Roxb. Against *Meloidogyne incognita*. *Industrial crop and products*. 42: 447 - 453.
124. NAIKA S., VAN LIDT DE JEUDE J., DE GOFFAU M. and VAN DAM B., 2005- La culture de la tomate production, transformation et commercialisation. *Agromisa Foundation, Wageningen*, 105 p.
125. NUGROHO L.H., PELTENBURG-LOOMAN A.M.G., DE VOS H., VERBERNE M.C. and VERPOORTE R., 2002 - "Nicotine and related alkaloids accumulation in constitutive salicylic acid producing tobacco plants". *Plant Science*, 162: 575 – 581.
126. NUNEZ-FARFAN J. and DIRZO R., 1994 - Evolutionary Ecology of *Datura stramonium* L. in Central Mexico: Natural Selection for Resistance to Herbivorous Insects. *Evolution*, 48 (2): 423 – 436.
127. NUNEZ-FARFAN J., CABRALES-VARGAS R. and DIRZO R.A., 1996-Mating system consequences on resistance to herbivory and life history traits in *Datura stramonium*. *Am. J. Bot.*, 83: 1041 – 1049.
-

-
128. ODUOR-OWINO P., 1993 - Effects of aldicarb, *Datura stramonium*, *Datura metel* and *Tagetes minuta* on the pathogenicity of root-knot nematodes in Kenya. *Crop Protection*, 12: 315 – 317.
129. OLOFSDOTTER M., JENSEN L B and CURTOIS B., 2002 - Improving crop competitive ability using allelopathy an example from rice. *Plant Breeding*, 121: 1– 9.
130. OLSSON P.O.C., ANDERBRANT O.and LOIFSTEDT., 2006 - Experience influences oviposition behaviour in two pyralid moths *Ephestia cautella* and *Plodia interpunctella*. *Anim Behav.* 72 (3): 545 – 551.
131. OROZCO-CARDENAS D., MCGURL B. and RYAN C.A., 1993 - Expression d'un antisense prosystemin gene in plants de tomates réduit la résistance vers *Manduca sexta* larves .*Proc. Nat. Acad. Sci.*, 90: 8273 – 8276.
132. PANDEY M., SARASWATI and. & AGRAWAL S S., 2011- Antiproliferative effects of *Datura innoxia* extrat in cervical Hela cell line. *Journal Pharmacy Research*, 4 (4): 1124 – 1126.
133. PARIS M. et HURABIELLE M., 1981- *Abrégé de matière médicale (pharmacognosie) : généralités monographie. Première partie : plantes à glucides (holosides- hétérosides), à lipides, à huile, à protides et à alcaloïdes*. Ed. Masson. Paris, 339 p.
134. PARIS R.R. et MOYSE H., 1971 - *Les solanacées médicinales. Matière médicale*. Ed. Masson et C^{ie}, Paris, 286 p.
135. PASCUAL-VILLALOBOS M.J. and ROBLEDO A., 1997- screening for anti-insect activity in Mediterranean plants .*Ind Crops Prot.*, 8: 183 – 194.
136. PAUL F. WHITE., JUN TANG., DAJUN SONG., JAYNE E. COLEMAN., RONALD H. WENDER., BABATUNDE O., SLONINSKYA., RAJANI KAPU., SHAH M. ET TOM WEBB. 2007 - Transdermal scopolamine: An alternative to ondansetron and droperidol for the prevention of postoperative and post discharge *Emetic Symptoms*. *International Anesthesia*. .104, (1): 92-96.
137. PAVELA R., 2004- insecticidal activity of certain medicinal plants *Fitoterapia*, 75: 745 – 749.
138. PELIKAN W., 1986 - *L'Homme et les plantes médicinales*, Ed. Triades, T. I,, Paris: 284 p.
139. PEREYRA .P.C. and SANCHEZ N E., 2006 - Effect of tow Solanaceous plants on Developmental and population parameters of the tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 35 (5): 671 - 676.
140. PHILIPOV S. and BERKOV S., 2002- GC-MS investigation of tropane alkaloids in *Datura stramonium* .*Z Naturforsch*,57: 559 - 561.
141. POLESE K.M., 2007-*La culture de tomate*. Ed. Artémis, Paris, 95 p.
-

-
142. PRAKASH A. and RAO J., 1997 - *Botanical pesticides in Agriculture*. CRC Press, Boca. Raton, Florida, 463 p.
143. PRETORIUS P. and MARX J., 2006 - *Datura stramonium* in asthma treatment and possible effects on prenatal development. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 21 (3): 331 – 337.
144. QUEZEL, P. et SANTA, S. 1962- *Nouvelle flore d'Algérie et des zones désertiques méridionales*. Ed. C.N.R.S., T. II, Paris, 1170 p.
145. RAHMOUNE B., 2017- Effet des PGPRs sur le développement de la plante et la tenue des métabolites primaires et secondaires chez *Datura sp.* These Doctorat, ENSA, El-Harrach, 300p.
146. RAJENDRAN G., SHANTHI A. and SENTHAMIZH K., 2003- effect of potensized nematode induced cell extract against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* in tomato and reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis* in turmeric. *Ind.J.Nematol.*, 33: 67-69.
147. REISDORF-CREN M., 2012 - *La plante et son environnement biotique*, in: *Biologie végétale : croissance et développement*. Ed. Dunod, Paris, 187 – 216.
148. ROUSSEAU C., 1968 – Histoire, habitat et distribution de 220 plantes introduites au Québec. *Nat. Can.*, 95: 49 – 169.
149. ROYER M., 2013- *Etude des relations entre croissance, concentrations en métabolites primaires et secondaires et disponibilité en ressources chez la tomate avec ou sans bioagresseurs*. Thèse Doctorat, Univ. Lorraine, 158 p.
150. ROYO J., LEON J., VANCANNEYT G., ALBAR J.P., ROSAHL S. and ORTEGO F., 1999- Antisense-mediated depletion of a potato lipoxygenase reduces wound induction of proteinase inhibitors and increases weight gain of insect pests. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 96: 1146 – 1151.
151. RUOCCO M.L., MASSIMO G., OSCAR A., BERNARD B. and JURGEN K., 2010 - Food quality safety. *Biological control. Cnr*, .2. 104 p.
152. RYAN, M.F. and BYRNE, O., 1988. Plant-insect coevolution and inhibition of acetylcho-linesterase. *J. Chem. Ecol.*, 14: 1965 - 1975.
153. SALAZAR–ANTON W. y GUZMAN- HERNANDEZ T.J., 2013 - Nematodos fitoparásitos asociados al tomate en la zona occidental de nicaragua. *Agronomía Mesoamericana*, 24 (1): 27 – 36.
154. SALUNKHE D.K and KADAM. S.S., 1998-*Handbook of vegetable science and technology, Production, composition and processing*. Department of cellular biology and technology, Univ.Auckland, 203 p.
-

-
155. SANJITA. D., KUMAR P. and BASU. S., 2012-Phytoconstituents and therapeutic potentials of *Datura stramonium* Linn. *Journal of Drug Delivery & Therapeutics*, 2 (3): 4 – 7.
156. SASANELLI N. and DIVITO M., 1991- The effect of tagetes spp extract on the hatching of an Italian population of *Globodera rostochiensis*. *Nematol, Med.*, 19: 135 – 137.
157. SATO, S., TABATA, S., HIRAKAWA, H., ASAMIZU, E., SHIRASAWA, K., ISOBE, S., KANEKO, T., NAKAMURA, Y., SHIBATA, D. and AOKI, K., 2012 - "The tomato genome sequence provides insights into fleshy fruit evolution". *Nature.*, 485: 635 – 641.
158. SCHEEL, D., 1998. "Resistance response physiology and signal transduction". *Current Opinion in Plant Biology*, 1 (4): 305 – 310.
159. SCHMELZER G.H. et GURIB-FAKIM A., 2008 - *Plantes médicinales 1, Ressources végétales de l'Afrique tropicale* 11 (1). Ed. Prota, Wageningen, 868 p.
160. SCHULTZ. J.C., 2002 - How plants fight dirty. *Nature*, 416: 267.
161. SEVERSON R.F., CHORTYK O.T., STEPHENSON M.G., AKEY D.H., NEAL J.W.J, JR, PITTARELLI G.W., JACKSON D.M. and SISSON V.A., 1994 - *Characterization of natural pesticide from Nicotiana gossei*. Hedin, P.A. Eds. Bioregulators for Crop Protection and Pest Control. ACS Symposium Series 557. American Chemical Society, 107 – 121.
162. SHANKARA N., JEUDE GOFFAU J.V.L., HILMI M. et DAM B.V., 2005- *La culture de la tomate production, transformation et commercialisation*. Ed. Prota, Wageningen, 105 p.
163. SHARONI Y. and LEVI Y., 2006- *Cancer prevention by dietary tomato lycopene and its molecular mechanisms in* A. V. RAO. Ed. Tomatoes, lycopene and human health, Barcelona: Caledonian Science Press, 111 – 125 p.
164. SHONLE I. and BERGELSON. J., 2000- Evolutionary ecology of the tropane alkaloids of *Datura stramonium* L. (Solanaceae). *Evolution*, 54: 778 – 788.
165. SMEWIN B.J. and COOK R.T.A., 1988-Tomato powdery mildew .*Plant. Pathol.*, 37, 4: 594 -598.
166. SNOUSSI S. A., 2010- *Etude de base sur la tomate en Algérie*. Rapport de mission Programme régional de gestion intégrée des ravageurs pour le Proche-Orient.Rome, 52 p.
167. SPICHIGER R.E., VINCENT. V., FIGEAT S.M et JEANMONOD D., 2004- *Botanique systématique des plantes à fleurs : une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales*. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, Paris, 413 p.
-

168. STEENKAMP P. A., HARDING N.M., VAN HEERDEN F.R. and VAN WYK B.E., 2004 - Fatal *Datura* poisoning: identification of atropine and scopolamine by high performance liquid chromatography/photodiode array/mass spectrometry. *Forensic Science International*, 145 – 313.
169. STOUT M.J., WORKMAN J. and DUFFEY S.S., 1994- Differential induction of tomato foliar proteins by arthropod herbivores. *J. Chem. Ecol.*, 20: 2575 – 2594.
170. SUSAN E., WEAVER A.N.D., SUZANNE I. and WARWICK., 1984-The biology of Canadian weeds. *Datura stramonium*. *Cand. J. Plant. Sci*, 64: 979 – 991.
171. TCHUENGUEM et FOHOUE F.N., 2005- *Activité de butinage et de pollinisation d'Apis mellifera adansonii Latreille (Hymenoptera: Apidae, Apinae) sur les fleurs de trois plantes à Ngaoundéré (Cameroun): Callistemon rigidus (Myrtaceae), Syzygium guneese var. macrocarpum (Myrtaceae) et Voacanga africana (Apocynaceae)*. Thèse Doctorat d'état, Univ. Yaoundé I, 103 p.
172. TCHUENGUEM FOHOUE FN., DJONWANGWE D., MESSI J. et BRUCKNER D., 2007- Exploitation des fleurs de *Entada africana*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Psidium guajava* et *Trichillia emetica* par *Apis mellifera adansonii* à Dang (Ngaoundéré, Cameroun). *Cameroon Journal of Experimental Biology*, 3 (2): 50.
173. THIBOUT E. and AUGER J., 1996- Behavioural events and host constituents involved in oviposition in the leek moth *Acrolepiopsis assectella*. *Entomol. Exp. Appl.* 80: 101 – 104.
174. THI DAO V., 2008- *Effet de l'environnement sur la croissance et l'accumulation de métabolites secondaires chez Datura innoxia Mill, cultivé en conditions hors sol ; impact des facteurs biotiques et abiotiques*, Thèse Doctorat sci. agro., inst.nati. Polytechn. Lorraine, 238 p.
175. THOMPSON J.N and PELLMYR O., 1991- Evolution of oviposition behavior and host preference in Lipidoptera. *Ann. Rev Entomol.*, 36: 65 – 89
176. TRONA F., CASADO D., CORACINI M., BENGTTSSON M., LORIATTI C. and WITZGALL P., 2010- Flight tunnel response of codling moth *Cydia pomonella* to blends of codlemone ; codlemone antagonists and pear ester. *Physiol. Entomol.*, 35 (3): 249 – 254.
177. USHA. K., SINGH. B., PRASSETHA. P., DEEP. N., AGARWAL. D.K., AGRAWAL R and NAGRAJA. A., 2009-Antifungal activity of *Datura stramonium*, *Calotropis gigantea* and *Azadiracta indica* against *Fusarium mangiferae* and floral malformation in mango. *European Journal of Plant Pathology*, 124 (4): 637 – 657.
178. VALVERDE P.L., FORNONI J. and NÚÑEZ-FARFÁN J., 2001-Defensive role of leaf trichomes in resistance to herbivorous insects in *Datura stramonium*. *Journal of Evolutionary Biology*, 14: 424 – 432.

179. VAN DAM N.M and HARE. J.D., 1998a - Biological activity of *Datura wrightii* glandular trichome exudate against *Manduca sexta* larvae. *Journal of Chemical Ecology*, 24: 1529 – 1549.
180. VAN DAM N. M and HARE J. D., 1998b-Differences in distribution and performance of two sap-sucking herbivores on glandular and non-glandular *Datura wrightii*. *Ecological Entomology*, 23: 22 – 32.
181. VAN ETTEN, H. D., MANSFIELD, J. W., BAILEY, J. A. and FARMER, E. E., 1994. "Two classes of plant antibiotics: phytoalexins versus "phytoanticipins"". *The Plant Cell*, 6 (9): 1191 – 1192.
182. VERDRAGER J., 1978 - *Ces médicaments qui nous viennent des plantes, Le Datura*. Ed. Maloine, Paris,: 96 - 97.
183. VERPOORTE R., 2000- Pharmacognosy in the new *Millennium*: Lead finding and Biotheology. *J. Pharm. Pharamcol.*, 52: 253 – 262.
184. VERPOORTE R., VAN DER HEIJDEN R. and SCHRIPSEMA J., 1993-"Plant cell biotechnology for the production of alkaloids: present status and prospects". *Journal of Natural Products*. 56 (2): 186 - 207.
185. VERPOORTE R., VAN D.E.R., HEIJDEN R., TEN HOOPEN H.J.G., and MEMELIKN J., 1999- Metabolic engineering of plant secondary metabolite pathways for the production of fine chemicals. *Biotechnol.lett*, 21: 467 – 479.
186. WACHIRA M.P., OKOTH S., KIMENJU J. and MIBEY R.K., 2009- influence of land use and soil management practices on the occurrence of nematode destroying fungi in Taita taveta, Kenya. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10: 213 – 223.
187. WALTERS S.A., WEHNER T.C. and BARKER K.R., 1992- EFFECTS OF ROOT DECAY on the relationship between *Meloidogyne spp* gall index and egg mass number in cucumber and horned cucumber. *J.Nematol.*,24: 707-711
188. WEISSHAAR B. and JENKINS GI., 1998- Phenylpropanoid biosynthesis and its regulation. *Curr. Opin Plant. Biol.* 1 (3): 251 – 257.
189. WHITE.P.E., TANG J., SONG D., COLEMAN J.E., WENDER.R.H., BABATUNDE O., SLONINSKY A., KAPU.R., SHAH M. and WEBB T., 2007 - Transdermal scopolamine: An alternative to ondansetron and droperidol for the prevention of postoperative and post discharge. *Emetic Symptoms. International Anesthesia.*, 104 (1): 92 - 96.
190. WILCOX, J. K., CATIGNANI, G. L. and LAZARUS, S., 2003- Tomatoes and cardiovascular health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43: 451 – 463.
191. WILKENS R.T., SHEA G.O., HALBREICH S. and STAMP N.E., 1996-Resource availability and the trichome defenses of tomato plants. *Oecologia*, 106: 181 – 191.

192. WILLIAMSON B., TUDZYNSKI B., TUDZYNSKI P. and T VAN KAN JAL., 2007-*Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*, 8: 561–580.
193. WILSON J.K., TSENG A.S., POTTER K.A., DAVIDOWITZ G. and HILDEBRAND J.G., 2018 - The effects of the alkaloid scopolamine on the performance and behavior of two caterpillar species, *Arthropod-Plant Interactions*, 12: 21 – 29.
194. WINK M., 1999- Biochemistry of plant secondary metabolism. *Annual Plant Reviews*, (2): 1 - 374.
195. YENCHO, G.C., J.A.A. RENWICK, J.C. STEFFENS, W.M. TINGEY, 1994. Leaf surface extracts of *Solanum berthaultii* Hawkes deter Colorado potato beetle feeding. *J. Chem. Ecol*, 20: 991-995.
196. YOUSAF Z., MASOOD S., SHINWARI Z., KHAN M.A. and RABANI A., 2008- Evaluation of taxonomic status of medicinal species of the genus *Hyoscyamus*, *Withania*, *Atropa* and *Datura* based on polyacrylamide gel electrophoresis. *Pak. J. Bot.*, 40: 2289 - 2297.
197. ZASADA I.A., KLASSEN W., MEYER S.L.F., CODALLO M., ABDULBAKI A.A., 2006- Velvet bean (*Munca pruriens*) extracts; impact on *Meloidogyne incognita* survival and on *Lycopersicon esculentum* and *Lacusta sativa* germination and growth. *Pest Mangement Sci.* 62:1122-1127.

Autres références

198. DIDIER P., 2001- Petite histoire naturelle des drogues psychotropes. Les plantes hallucinogènes, [http:// www.Datura/les alcaloïdes des solanacées.htm](http://www.Datura/les_alcaloïdes_des_solanacées.htm)
199. FAOSTAT., 2015- Food and Agriculture Organization of the United Nation, FAO,<http://faostat.fao.org>
200. ROLAND B., 2002 - Pollution chimique et radioactive : les plantes au secours de l'homme. In : <http://www.perso.club-internet.fr/phyto200/pollution.html>

Annexes

Tableau 1 : Anova du poids des racines de tomate

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupes	7,98481	2	3,99241	4,99	0,0137
Intra-groupes	23,2074	29	0,800254		
Total (Corr.)	31,1922	31			

**Tableau 2 : tests des étendues multiples par traitements pour les poids des racines
Méthode :95% LSD**

traitements	Effectif	Moyenne	Groupe homogène
T2	11	0,772727	X
T1	12	1,15	X
T0	9	2,02222	X

Tableau 3 : ANOVA de l'indice de galle des nématodes par traitement

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupes	9,57663	2	4,78831	13,26	0,0001
Intra-groupes	9,38889	26	0,361111		
Total (Corr.)	18,9655	28			

Tableau 4 : Tests des étendues multiples pour indice de galle par traitement

Méthode: 95,0 % LSD

TRAITEMENT	Effectif	Moyenne	Groupe homogène
T2	10	0,6	X
T1	10	0,7	X
T0	9	1,88889	X

Tableau 5 : effet de l'extrait de DS sur les larves L4 de *T.absoluta* (Dose1)

jours	<i>T.absoluta</i>	Témoins						Dose 1							
		R1	R2	R3	R4	MM	MO%	R1	R2	R3	R4	MM	MO%	MC%	Probits
24H	L ₄	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.75	15	15	3.96
48h	L ₄	0	1	0	1	0.5	10	2	1	3	2	2	40	33.33	4.56
72h	L ₄	1	1	0	1	0.75	15	5	4	5	3	4.25	85	81.25	5.88

Tableau 6 : effet de l'extrait de DS sur les larves L4 de *T.absoluta* (Dose2)

jours	<i>T.absoluta</i>	Témoins						Dose 2							
		R1	R2	R3	R4	MM	MO%	R1	R2	R3	R4	MM	MO%	MC%	Probits
24H	L ₄	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	1.25	25	25	4.33
48h	L ₄	0	1	0	1	0.5	10	3	2	1	3	2.25	45	63.33	5.33
72h	L ₄	1	1	0	1	0.75	15	4	2	3	3	3	60	50	5

Tableau 7: effet de l'extrait de DS sur les larves L4 de *T.absoluta* (Dose 3)

jours	<i>T.absoluta</i>	Témoins						Dose 3							
		R1	R2	R3	R4	MM	MO%	R1	R2	R3	R4	MM	MO%	MC%	Probits
24H	L ₄	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	1.25	50	30	4.48
48h	L ₄	0	1	0	1	0.5	10	3	2	1	3	2.25	45	63.33	5.33
72h	L ₄	1	1	0	1	0.75	15	4	5	5	5	4.75	95	93.75	6.48

Tableau 8 : Analyse de la variance (ANOVA) disposition des œufs de *T.absoluta* sur les deux folioles de la tomate

Jours	Témoins	D1	D2	D3
24h	0	15	25	30
48h	10	25	45	50
72h	15	85	60	95
Moy±ET	8.33± 7.64	41,66 ±37,58	43,33± 17,55	58,33±33,29

Tableau 8 : Analyse de la variance (ANOVA) disposition des œufs de *T.absoluta* sur les deux folioles de la tomate

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupes	322,667	1	322,667	3,68	0,1275
Intra-groupes	350,667	4	87,6667		
Total (Corr.)	673,333	5			

Tableau 9 : Disposition des œufs de *Tuta absoluta* sur les folioles de la tomate et DS

Tomate	Nombre d'œufs par foliole		Total
	Face inférieur	Face supérieur	
Plant 1	51	31	82
Plant 2	58	54	112
Plant 3	53	33	86
<i>Datura stramonium</i>	Nombre d'œufs par foliole		Total
	Face inférieur	Face supérieur	
Plant 1	0	0	0
Plant 2	2	0	2
Plant 3	1	0	1

Tableau10 : ANOVA de la disposition des œufs de *Tuta absoluta* sur les tomates et DS

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupes	4372,67	2	2186,33	38,22	0,0004
Intra-groupes	355,333	6	59,2222		
Total (Corr.)	4728,0	8			

Tableau 11 : Tests des étendues multiples pour œufs *Tuta absoluta* sur les tomates et DS

FACES	Effectif	Moyenne	Groupe homogène
FIDS	3	1,66667	X
FST	3	39,3333	X
FIT	3	54,0	X

Tableau 12 : Les mauvaises herbes recensées dans la parcelle d'étude

Famille	Nom commun	Nom scientifique
<i>Oxalidaceae</i>	Oxalis des Bermudes	<i>Oxalis pes-caprae</i> , Linne. 1753
<i>Fabaceae</i>	Trèfle rampant	<i>Trifolium repens</i> , Linne. 1753
	Luzerne	<i>Medicago hispida</i> , Linne. 1753
<i>Poaceae</i>	Chiendent pied-de-poule	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., 1805
		<i>Avena sterilis</i> Linne., 1762
		<i>Avena sativa</i> L., 1753
<i>Malvaceae</i>		<i>Malva parviflora</i> Linne.
<i>Chenopodiaceae</i>	Amarante hybride	<i>Amaranthus hybridus</i> Linne., 1753
<i>Convolvulaceae</i>	Liseron des champs	<i>Convolvulus arvensis</i> , Linné., 1753

Tableau12 : Analyse de l'ANOVA pour le nombre moyen de fruit (PMF) par traitement pour l'essai de nématodes

<i>Source</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>
Inter-groupes	762,49	2	381,245	4,79	0,0100
Intra-groupes	8905,45	112	79,513		
Total (Corr.)	9667,94	114			

Tableau 14 : Tests des étendues multiples pour PMF par traitement à 95,0 %

<i>traitement</i>	<i>Effectif</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Groupe homogène</i>
T0	34	41,0853	x
T1	65	45,084	x
T2	16	49,1369	x

Proposition d'un modèle de culture biologique Tomate/Datura et effet des biopesticides (métabolites secondaires) sur les bioagresseurs

Résumé

Les cultures maraîchères en plein champ ou sous-abri sont la cible d'un cortège de bioagresseurs du sol mais aussi d'insectes phytophages, Pour faire face aux problèmes posés par ces déprédateurs, il est nécessaire de mettre en œuvre des méthodes de lutte efficaces, capables de réduire la population des ravageurs à un seuil économique tolérable. La présente étude a pour objectif de proposer des solutions alternatives basées sur l'utilisation des extraits et poudre de *Datura stramonium* comme biopesticide contre les bioagresseurs. L'efficacité de l'extrait de *D. stramonium* est testée sur les larves L₄ de *Tuta absoluta*, attestée par un taux de mortalité remarquable dépassant les 90 % en 72h. L'effet de *D. stramonium* en poudre comme amendement du sol a donné de très bons résultats en améliorant la croissance des plants traités, tout en étant un bon nématicide contre *Meloidogyne incognita* en réduisant ainsi l'indice de galle sur les sols amendés avec un faible taux (0,6) par rapport au témoin. L'association de *D. stramonium* comme culture intercalaire avec la tomate *Solanum lycopersicum* est testées également. Cette technique de co-culture a permis d'améliorer la production en fruits, et de diminuer le taux des attaques dues aux insectes et aux maladies induites par des agents pathogènes injectés par des arthropodes jusqu'à 87,0 %. Le nombre de fruits par plant est de l'ordre de 12. Cette technique permet l'amélioration de la qualité du sol et aussi de diminuer l'utilisation des produits chimiques (pesticides), et de déterminer les meilleures méthodes de protection des cultures et de lutte contre les mauvaises herbes et les-déprédateurs.

Mots clés : *Datura stramonium*, *Solanum lycopersicum*, *Tuta absoluta*, *Meloidogyne incognita*, Culture intercalaire.

Proposal for a Tomato / Datura organic farming model and the effect of biopesticides (secondary metabolites) on bioagranths

Résumé

Market gardening in the field or greenhouse is the target of a procession of soil pests but also phytophagous insects, To face the problems posed by these pests, it is necessary to implement effective control methods capable of reducing the pest population to a tolerable economic level. The present study aims to propose alternative solutions based on the use of extracts and powder of *Datura stramonium* as biopesticide against pests. The efficacy of *D. stramonium* extract is tested on L₄ larvae of *Tuta absoluta*, attested by a remarkable mortality rate exceeding 90% in 72 hours. The effect of *D. stramonium* powder as a soil amendment has been very successful in improving the growth of the treated plants, while being a good nematocidal against *Meloidogyne incognita* thus reducing the gall index on soils amended with low rate (0.6) compared to the control. The combination of *D. stramonium* as intercrop with tomato *Solanum lycopersicum* is also tested. This co-culture technique improved fruit production and reduced the rate of insect and pathogen-induced arthropod-borne disease attacks to 87.0%. The number of fruits per plant is in the order of 12. This technique allows the improvement of soil quality and also decreases the use of chemicals (pesticides), and to determine the best methods of crop protection and weed and pest control.

Key words: *Datura stramonium*, *Solanum lycopersicum*, *Tuta absoluta*, *Meloidogyne incognita*, intercroppi

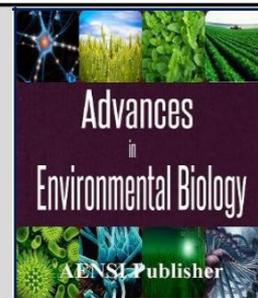
إقتراح نموذج الزراعة العضوية طماطم و الدتورا وبتتير المبيدات الحيوية (الايضات الثانوي) على الطفيليات

ملخص

الزراعة في البيوت البلاستيكية أو في الحقول معرضة لأمراض متنوعة منها الحشرات أكلات الاعشاب و لمواجهة هذه المشاكل التي تطرحها هذه الاخيرة فمن الضروري تنفيذ أساليب مراقبة فعالة قادرة على خفض عدد الافات إلى مستوى إقتصادي مقبول

تهدف هذه الدراسة إلى اقتراح حلول بديلة مبنية على استخدام مستخلصات مستخرجة من نبات الداتورة كمبيد بيولوجي ضد هذه الأخيرة, كما يتم إختبار فعالية المستخلص للنبات الدتورا على عدد الوفيات لليرقات (*Tuta absoluta* L₄) , و الذي اعطى نتائج جد مرضية تجاوزت 90% كما ان استعمال مسحوق نبات الدتورا كسماد للتربة اعطى نتائج مرضية من حيث نوعية وعضوية التربة و ساهم بطريقة فعالة في تحسين نمو الطماطم. يستخدم ايضا كمبيد جيد لنماتودة تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* عن طريق خفض في مؤشر الاصابة.

و فقد ساعدت تقنيات الزراعة المشتركة بين الطماطم و الدتورا على تحسين إنتاج الفاكهة وخفض معدل الاصابة بالأمراض المنقولة التي تسببها الحشرات بنسبة 87% و تسمح هذه التقنية بتحسين جودت التربة وتقليل من استخدام المواد الكيماوية (المبيدات) و كذا تحديد أفضل الطرق لحماية المحاصيل و مكافحة الأعشاب الدارة و الطفيليات.



Study of a co-culture tomato / *Datura* model (*Solanum lycopersicum* L. - *Datura stramonium* L.) in plain field

¹Samira Morsli, ¹Samira Setbel, ²Ramila Guendez-karmia, ³Miloud Hammache and ³Salaheddine Doumandji

¹University of Mouloud Mammeri, Agronomic department, Agronomic and science faculty, Tizi Ouzou, Algeria.

²Preparatory School in the science of nature and of life, El Harrach, Algiers, Algeria.

³The National High School of agronomy, Department of Agriculture and Forestry Zoology, ENSA (ENSA/1603), El Harrach, Algiers, Algeria.

Address For Correspondence:

Samira Morsli, University of Mouloud Mammeri, Agronomic department, Agronomic and science faculty, 1500, Tizi Ouzou, Algeria

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Received 18 December 2016; Accepted 12 February 2017; Available online 26 February 2017

ABSTRACT

The Co-cultivation associates small plants (usually solanaceous) and large-sized plants. There is every reason to believe that co-culture can double production per unit area and work, although no systematic research has confirmed this. Our study is based on this hypothesis; during 2012, an experimental protocol has been set up, on the whole one variety of tomato "TIZIRI" is implanted in association with *Datura stramonium* L as intercropping. The objective of this trial is to study the evolution of cultivars but also in a biological way without using chemicals products, and the identification of diseases due to insect attacks on the crop. And also to evaluate the production of tomatoes. Some agronomic parameters, in this case the number and size of the fruits, cumulative production, were studied. concerning the production, this technique of co-culture has made it possible to improve the total yield of the tomato, and to reduce the rate of insect and other disease-induced insect attacks. Up to 87.01%, the number of fruits per plant is of the order of 12 fruits per plant, our test provided other information concerning the alleopathic effect, in these plots tomatoes *Datura* contained less weeds as well as testing the most suitable tomato and *Datura* cultivars for intercropping and determining best Crop protection, weed control and predator control.

KEYWORDS: Co-culture, Tomato, *Datura stramonium* L, intercropping, Alleopathic.

INTRODUCTION

The tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is a species of the great Solanaceae family [10, 55, 12]. It is considered as the first vegetable after the potato and second world food resource after cereals. It is adapted to a wide variety of growing conditions and intended for consumption in fresh or industrial processing. It is widely produced in the field and in gardens [49].

Annual global tomato production has increased steadily from over 110 million tons in 2000, from 129 million tons in 2005 to 152 million tons in 2010. In 2013, around 163 million tons of tomatoes were produced in the world [17].

In Algeria, tomatoes occupy a prominent place in the agricultural economy. According to [17], tomato production in Algeria is estimated at 975 075 tons in 2013. The latter remain low and quite distant from those recorded in other Mediterranean countries (Tunisia, Morocco, Spain, France and Italy) producers of tomato.

Actually, one third of the world's agricultural production is annihilated from one year to another due to various bacterial, fungal and insect pest diseases. Each year, the latter consume on average of 10% of the plant

production in natural systems and are responsible for more than 15% of crop losses in the world [52]. As well, in order to survive in such environments, plants have had to develop various strategies during evolution to reduce the damage caused by their natural enemies and in particular by phytophagous insects [13].

Moreover, in the *Solanaceae*, the production of secondary metabolites plays a predominant role in the defense processes of the plants [23]. These are called upon to respond actively to the attacks of phytophagous [13]. Actually, several techniques are exploited in agriculture to encourage these natural mechanisms of defense in plants. Among these methods, the biological and intercropping culture which is widely used by farmers producing organic foods with high nutritional value. As well as the interplant plants act as cover crops of the soil by limiting the erosive effect caused by the rains, and improving the structure and the soil aeration. As a result, they also reduce the risk of compaction, runoff and soil erosion. The improvement of all these aspects induces a better penetration of the water. Moreover, this technique is gaining interest especially as it contributes to the organic cultivation while preserving the biodiversity in the edge of plots and in the neighboring biotopes [54, 32].

In our study we have used *Datura stramonium* in co-culture with tomato, as this species has many applications in many fields such as ornamentation, environment (water and soil pollution control) and especially in the fight Biological control of pests such as mites and whiteflies [5]. The study will allow us to evaluate the influence of a co-culture (*Datura*- tomato) on the parameters of production and on the different diseases of the tomato.

MATERIALS AND METHODS

a. Biological material:

The co-culture of the tomato (*Solanum lycopersicum* L.) of the Tiziri variety is associated with *Datura stramonium* L., it is carried out in intercropping, and the experiment is carried out on a plot of 140 m², at the level of the High National School of Agronomy (ENSA). It is located at 20 km east of Algiers (Algeria) at 48 m altitude, in the sub-humid bioclimatic stage (rainfall: 630 mm) characterized by a mild Mediterranean climate and on a type clayey, sandy, silty soil that is permeable.

B. Experimental methods:

Planting of the two species (tomatoes and *Datura*) is carried out in April 2012, in 72 (6 cm x 12 cm) alveoli. After three weeks of cultivation, the plants are transplanted into the experimental plot, they are divided into three experimental units (UE), the interval between two UE, is 0.50 m each experimental unit is divided into micro-plots of 6m² (3m X 2m) and spaced 2m each one from another. Each micro-plot corresponds to a treatment and contains five (05) lines spaced 0.60 m each one from another. The spacing between two plants is about 0.6m for both species. The fertilization is applied as soluble fertilizers during irrigation. The macro elements (N, P, K) are brought in equilibrium (15-15-15) with varying amounts depending on the stage of development of the crop. Maintenance of the crop was limited to the size of the auxiliary buds of the tomato, the removal of leaves from the base of the plants and the old leaves of both species, and manual weeding. No pesticides were used on the plots throughout the trial period. The measurements were carried out from the date of transplanting of the plants (Early May) to the end of the life cycle of the tomato (Early October), with regard to irrigation, the latter is carried out by the drop-by- drop.

The experimental setup is carried out in total randomization with four treatments: T₀: control (tomato only), T₁: plant / plant (tomato / *Datura*), T₂: line / line (tomato / *Datura*) and T₃: Treatments is repeated three times. Each elementary plot is made up of a total of 25 plants. The measurements are made only on tomato plants to understand the influence of intercropping on the development of the latter. The parameters studied are:

Estimated fruit losses:

After fruit harvesting, the effectiveness of the treatments is judged by counting the total number of healthy fruit (TNHF) and the number of damaged fruits (NDF) by the insects.

Inventory of different diseases on leaves:

The different diseased plants are taken into account to know the different diseases and to classify them according to their origin (insect), two plants are sampled by row. 09 leaves per plant are carefully observed (3 from the base, 3 in the middle and 3 at the apex). A total of 18 sheets per row and 54 sheets per micro-plot are 162 sheets for each treatment.

$$\% \text{ Infestation} = (\text{Number of infested leaves} / \text{Total number of leaves}) \times 100$$

Agronomic parameters:

Three production parameters were used to evaluate the response of the crop to the infill: (FW) the average fruit weight per treatment in (g) and (NFP) the average number of fruits per plant and finally the average size of the fruit per treatment (ASF).

Statistical analysis:

Data analysis is performed using the "Statgraphics" software (version 15.1.0.2). The variables studied are first subjected to an analysis of variance (ANOVA) to a classification criterion. If the ANOVA test is significant, the study is supplemented by the Student LSD test (Least Significant Difference). At the 5% threshold when there is a significant difference, the graphs are made by using software stratigraphics version 15.2.05

RESULTS AND DISCUSSIONS

It is recognized today that in the solanaceae there is production of secondary metabolites having a main role in the processes of defense of the plant [23]. There have been brought during evolution to respond actively to the attack of phytophagous plants [13]. The protocol puts in place initially allowed to identify and quantify the diseases of the tomato cultivated in intercropping in the presence of *D. stramonium* in plain field.

Estimated fruit losses:

The loss of tomato fruits remains low for all applied treatments (tomatoes and *Datura*), and varied between 5.88 and 3.88% compared to the control (Tomato only) which records a accumulation of loss of 29.86%. This fluctuation is certainly due to the presence of intercropping (*Datura stramonium*), which contributes effectively to the reduction of insect attacks and physiological diseases by reducing losses from 80.31 to 87, 01% for treatments T₃ and T₂ (Tab.1).

Table 1: Percentage of fruit loss per treatment

Treatments	PN	TNHF	TNHF	NDF	L	RLC
T ₀	25	221	155	66	29,86	-
T ₁	25	286	274	12	4,19	85,97
T ₂	25	283	272	11	3,88	87,01
T ₃	25	323	304	19	5,88	80,31

PN: Plants' numbers TNF: Total number of fruit, TNHF: Total number of healthy fruit, NDF: Number of damage fruit, L: Loss (%) RLC: reduction of Loss Control (%)

Fruit loss factors are mainly caused by insects showing higher proportions in the control plots (18.1%) compared to plots with *Datura*, these infestation rates remain low in the range of 1.4 to 3.4 % (Tab.2). These results are due to the presence of *Datura stramonium* at the treatment level. It is known that this species has trichomes that secrete toxic bimolecular that act on herbivorous insects [53, 64, 36, 14, 62, 37, 23]. A study by [59] on the role of these foliar trichomes in the defense mechanism against herbivores shows that the density of trichomes is an integral component of plant resistance to herbivores in most populations of *Datura Stramonium*.

Table 2: Impact of rejected harvest factors expressed as a percentage

Treatments	total rejection on fruit	blossom - end rot (%)	blight (%)	Insects (%)
T ₀	29,86	4,5	7,2	18,1
T ₁	4,19	0,7	0,2	2,3
T ₂	3,88	2,4	0,0	1,4
T ₃	5,88	2,3	0,1	3,4

So, this weak rate of the herbivores attack on the culture supports the hypothesis that the foliar trichomes are the source of the limitation of the insects attack in the intercropping plots, thereby limiting the progress of cryptogamic diseases generally conveyed by these latter[43, 44, 60, 61,15].

The *D. stramonium*, like many other medicinal plants, shows a good tolerance and considerable insecticide and nematicidal activities [45, 11, 29, 21]. The *Datura* works like an insect repellent which protects plants from these potential pests [50] as well as *Zanthoxylum alatum* and *Cannabis sativa* that cause the reduction of gall nematode infestation *Meloidogyne incognita*.

Concerning the apical rot (physiological disease) observed in the tomato, the most common assumption is that this rot is due to the lack of calcium partially, generally accentuated by water stress [9], outdoor culture and in summer period. In certain cases, other factors contribute in the rot induction such as the long sunlight periods and high temperatures [8].

However, the quantity of tomato downgraded by downy mildew is insignificant in the three treatments T₁, T₂ and T₃. The first symptoms are reported by mid-June on the control plots, thereafter, downy mildew is stopped by the unfavorable dry conditions to its spread.

Several studies have also reported the effect and efficiency of the *Datura stramonium* against different bacteria and fungi, to the example *Myrothecium roridum*, *Alternaritenuis* and *Xanthomonas campestris malvacearum* which attack cotton plants and also against *fusarium oxysporum*, *fusarium mangiferae*, *rizoctonia solani* [58]. Other authors note its efficiency against downy mildew *phytophthora infestans* by limiting its spread in the tomato fields [56]. Moreover, many authors have shown that the attack of phytophagous insects induces biochemical or physiological changes in the plants, the fact that has negative consequences on the feeding and growth of these herbivores and positive consequences on the plant fitness.

Infestation rate by insect category on the tomato leaves:

The inventoried insects reveal largely the existence of certain pests such us green aphids (*Aphidae sp.*, *Aphis sp.*) and dipteran (*Liriomyza sativa*) and Lepidoptera as well (*Tuta absoluta*). The results of the tomato infestation rate are recorded in Tab. 3.

Table 3: Infestation rate of different insect categories on the leaves

Treatments	Analysed leaves number	Infestation on the leaf (%)	Green aphid (%)	<i>Tuta absoluta</i> (%)	<i>Liriomyza sativae</i> (%)	Moths (%)
T ₀	162	14,82	3,7	5,32	3,7	2,1
T ₁	162	1,4	1,2	0	0,2	0
T ₂	162	2,3	2,2	0	0,1	0
T ₃	162	2,2	2,1	0	0,1	0

The most recurring and most damaging insect attacks on tomatoes are related to suckers and Lepidoptera. Among the suckers, the aphids are present with a rate of 3.7%, the percentage of attack remains at this moment, their precedence causes deformations or even wrapped leaves on themselves, which hinders flowering. Lepidoptera are mainly moths such as *Helicoverpa armigera* which consumes fruit, causing low losses of tomatoes (2.1%) on the control. As for the Diptera *Lirionysa sativae*, their damage to the field is estimated at 3.7%. On the other hand, the tomato leaf miner reports its precedence on leaves of the tomato alone, the *Tuta absoluta* at an infestation rate of the order of 5.32%; it remains a high rate compared to the other treatments from where *Tuta* Was not observed. It is known that *Datura* is a plant that produces secondary compounds usually these are alkaloids, the latter are produced in all parts of the plant at different rates, *D. stramonium* shows a very toxic and anti-appetizing effect Against beetles [1].

Analyzes of the secondary metabolites scopolamine and hyoscyamine carried out on *Datura stramonium* on the same plots show that the average hyoscyamine (HS) content is higher than that of scopolamine (SC) with $0.723 \pm 0.11 \text{ mg g}^{-1}$ and $0.277 \pm 0.04 \text{ mg.g}^{-1}$ MS [41], this rate of production of these alkaloids depends on several environmental factors, stage of plant, development and edaphic conditions, and environmental humidity [26, 7, 18], in particular phytophagous insects which are selection agents on these alkaloids [51]. Most alkaloids are important for the survival of the plants that produce them, since they contribute to their protection against herbivores and / or phytopathogenic microorganisms [22, 63]. During an attack or infection, for many plants, the secondary metabolism accelerates; the biosynthesis of new compounds (phytoalexins) takes place and the concentration of the already existing compounds increases [63]. Jasmonic acid is known as a cell signal that triggers the induction of secondary metabolites involved in defense against attack [16].

Many authors believe that there is a real co evolution between the production of secondary metabolites and insect attacks [6, 40, 54], this co evolution results in reduction in scopolamine and stabilization of hyoscyamine [54]. [20] Highlighted this phenomenon by showing that the consumption of potato leaves *Solanum tuberosum* by the larvae of the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* induces a rapid accumulation of protease inhibitors in the leaf of the plant. These allow to retard the growth of the phytophagous plants which ingests it [28, 48], which made it possible to improve the resistance of the plant against the pest [24, 47].

According to [13], the response of the plant to attacks can also be specific to the consumer species; the type of damage inflicted or even of the larval stage, attacking the plant. Substances present in the saliva of herbivores and brought into contact with plant cells during the feeding of the phytophagous explain the specificity of the response of plants to insects [38, 3].

Production Parameters:

The harvest takes place over two months (beginning of August until the beginning of October). The analyzes of the variances of the studied parameters show highly significant effects for all the traits studied, this explains the positive effect of the co-culture (tomato and *Datura*) on each other. Tab. 5 shows that the production varies according to the treatments applied, except for the control which produces less than the other treatments according to the LSD test at the 5% threshold.

Table 5: Production characteristics for each treatment

Treatments	NFP	PF (g)	FAC (mm)
T ₀	$09 \pm 04,51^0$	411 ± 328^c	67 ± 10^{ab}

T ₁	11 ± 04,18 ^{ab}	596 ± 216 ^{ab}	59±9,94 ^b
T ₂	11 ± 04,48 ^{ab}	558± 188 ^a	68±10,46 ^a
T ₃	12. ± 04,40 ^a	688± 118 ^a	64±9 ^{ab}

The letters next to the numbers represent the homogeneous groups. The values having different letters are statistically different at 5%. NFP: Average number of fruit per plant, PF: Fruit average weight, FAC: Fruit average caliber.

The analysis of the variance of the production data reveals 02 homogeneous groups, concerning the average number of fruit per plant (NFP) and showing three homogeneous straddling groups, concerning the weight of fruit (PF) shows the precedence of two Homogeneous groups a and b. These last two characters express fairly well the production and the quality of the fruit for each treatment. Treatments T₁ and T₂ produce (596 g / plant and 558 g / plant respectively) for T₃ treatment, it is of the order of 688 g / plant that occupies the first row, this parameter is markedly lower for the T₀ control with 411 g / plant. In general, the analysis of the evolution of production has made it possible to demonstrate the effectiveness of the different treatments.

Concerning the average number of fruits per plant, it is significant and falls into the yield components. The average number of fruits per plant varies according to the treatments. It is the lowest for T₀ (09 fruits), it evolves similarly and intermediate for T₁ and T₂ (11 fruits per plant) and higher for T₃ (12 fruits). Despite the low levels of damage, herbivorous insects decreases plant production, the analysis of variance shows a significant difference. For the average fruit size (CMF), the Tiziri variety has a large size with a value that exceeds 60% between 57 and 67 mm. There is a large difference in the size of the fruit.

In general, the analysis of the evolution of production has made it possible to demonstrate the effectiveness of the different treatments. Thus, the highest yield is observed in the treated units (tomato and Datura) and lowest in the control plots (in the absence of Datura). Average fruit production per plant varies from one treatment to the next but remains higher compared to controls with clearly superior and well-bearing fruit sizes with no traces of disease on the latter. The rate of fruit loss remains much reduced for treatments (tomato and Datura). This difference is due to the improvement of the techniques of cultivation in the plots (regular irrigation and Fertilizer input). Indeed, the intercropping of tomatoes and Datura yields interesting results; they contain fewer weeds than the cultivation of tomatoes alone (the allelopathic effect). Thus intercropping suppresses weeds by competition or allelopathy [33, 27, 4]. In addition, several studies have shown that the ability to control weeds by a crop is very different (or variable) from one variety to another. This difference is partially explained by the ability of these crops to secrete chemicals that affect weed growth, namely allelopathy [46, 4]. This practice can be particularly useful in organic farming, where herbicides are not an option [35]. We see that intercropping provides us with more flexibility. With more than one species at a time, in order to limit the risk of propagation of phytosanitary problems, several choices are possible in intercropping [33, 27], Datura can be particularly advantageous in combination with other crops (it is annual, with very high growth [58]; It is likely to have positive effects on soil quality improvement [33, 27]. Indeed, a study by Levitt and Lovett, 1984 on different soil types to show the allelochemical activity of *D. stramonium*, Shows the positive effect of this plant on the increase of the resistance of the soil, it can affect the germination of the seeds and so delay it, or the development of the plants is inhibited [31, 4] The alkaloids present in Datura such as Tropanes including scopolamine and hyoscyamine were present in soil extract, both are at equal concentrations [34].

Conclusion:

Tomato plants are green and healthy much longer; they are a little affected by disease. The fruits harvested are of excellent quality, round brilliant, good firmness and very well colored; it nonetheless has variability in the caliber: mostly (57 and 67mm) which make tomato fruit more attractive to the consumer. The intercropping technique allows the improvement of the quality of soil "biological quality of soil" [19] but also by reduction of the numerous populations of the pathogen with a good yield and an improvement of the quality of the fruit without use of chemical product.

However, if chemical defense is costly, secondary metabolites should be closely regulated and strongly correlated with defense against insects [39, 54]. During an attack or infection, for many plants, the secondary metabolism accelerates; the biosynthesis of new compounds (phytoalexins) takes place and the concentration of the already existing compounds increases [30]. At low doses, tropical alkaloids may have important pharmaceutical applications: muscle relaxants, analgesics, tranquilizers and psychotropic drugs [24, 30]. For this purpose, intercropping offers the possibility of harvesting the Datura to be used for the production of secondary metabolites in pharmacology. This justifies the great potential to exploit alkaloids in Algeria provided that an adequate research approach is implemented, including an inventory, characterization and valorization of potentially interesting species [42].

Thanks:

The authors would like to thank Dr. Morsli Abdelkader, and Prof. Kelifi Lakhdar, teachers at the National High School of Agronomy (ENSA) El Harrach, Algiers for their collaboration.

REFERENCES

- [1] Abbasipour, H., M. Mahmoudvand, F. Rastegar, M.H. Hosseinpour, 2011. Bioactivities of jimsonweed extract, *Datura stramonium* L. (Solanaceae), against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae), Turk J Agric For., 35: 623-629.
- [2] Agrawal., A.A., 1998. Induced response to herbivory increased plant performance. Science, 279: 1201-1202.
- [3] Alborn., H.T., T.C.J. Turlings, T.H. Jones, G. Stenhagen, J.H. Loughrin and J.H. Tumlinson, 1997. An elicitor of plant volatiles from beet armyworm oral secretions. Science, 276: 945-949.
- [4] Belaidi, A., 2014. Évaluation du potentiel biocide des extraits foliaires aqueux de (*Datura stramonium* L. et *Nerium oleander* L.). Thèse master, Université, kasdi Merbah , Ouargla, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie., p: 78.
- [5] Beliard, E., C. Met and E. Morel-Krause, 2002. Protection alternative des cultures ornementales sous serre bilan de deux années de suivi de la lutte contre les ravageurs et les maladies dans cinq villes de la région centre. Phytoma-La Défense Des Végétaux, pp: 42-44.
- [6] Berenbaum, M.R., 1983. Coumarins and caterpillars: a case for coevolution. Evolution, 37: 163-179.
- [7] Berkov, S., T. Doncheva, S. Philipov, K. Alexandrov, 2005. Ontogenetic variation of thetropane alkaloids in *Datura stramonium*. Biochemical Systematics and Ecology, 33: 1017-1029.
- [8] Bovey, R., M. Baggiolini, A. Bolay, E. Bolay, R. Corbas, G. Mathys, A. Meylan, R. Murbach, F. Pelet, A. Savary, G. Trivelli, 1972. La défénace des plantes cultivées. Edition Payot Lausanne. Paris, pp: 863.
- [9] Carrier, A., 2010. La pourriture apicale de la tomate, Agriculture, Pêcheries et Alimentation Québec, p: 38.
- [10]Chaux, C., et C. Foury, 1994. Production légumière. Tome 3. Ed Tech et Doc Lavoisier, p: 563.
- [11]Chitwood, D.J., 2002. Phytochemical based strategies for nematode control. Ann, Rev. Phytopathol., 40: 221-249.
- [12]Dupont, F., J.L. Guignard, 2012. Botanique les familles de plante. Edition Elsevier Masson. France, p: 300.
- [13]Dugravet, S., 2004. Les composés secondaires soufres des *allium* : rôle dans les systèmes de défense du poireau et actions sur la biologie des insectes. Thèse de doctorat, université de tours. p: 198.
- [14]Eigenbrode, S.D., J.T. Trumble, K.K. White, 1996. Trichome exudates and resistance to beet armyworm (Lepidoptera, Noctuidae) in *Lycopersicon hirsutum* f. *typicum* accessions Environ. Entomol., 25: 90-95.
- [15]Elle, E., M. Nicole, N.M. Van Dam and D. Hare, 1999. Cost of glandular trichomes, a “resistance” character in *Datura wrightii* Regel (solanaceae). Evolution, 53: 22-35.
- [16]Enyedi, A.J., N. Yalpani, P. Silverman, I. Raskin, 1992. Signal molecules in systemic plant resistance to pathogens and pests. Cell, N° 70: 879-886.
- [17]Faostat., 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nation, FAO, <http://faostat.fao.org>.
- [18]Felidj, M., Z. Hoummani, 2006. Domestication de *Datura stramonium* sous stress hydrique pour optimisation de la production en alcaloïdes d'intérêt thérapeutique. International Symposium on Perfume, Aromatique and Medicinal Plants: from production to valorization.
- [19]Girardin., P., 2010. L'agriculture biologique, un champ de recherche pour l'agronomie, courrier de la cellule environnement, n°12 : 25-31.
- [20]Green, T.R. and C.A. Ryan, 1972. Wound-induced proteinase inhibitor in plant leaves: A possible defense mechanism against insects. Science, 175: 776-777.
- [21]Ch. M. Sh. Hanif., M. Ul-hasan., M. Sagheer, Sh. Saleem, S. Akhtar and M. Ijaz, 2016. Insecticidal and repellent activities of essential oils of three medicinal plants towards insect pests of stored wheat. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 22(No 3), 470-476.
- [22]Harborne, J., 1993. Introduction to Ecological Biochemistry. Academic Press, London.
- [23]Hare, J.D., 2005. Biological activity of acyl glucose ester from *Datura wrightii* glandular trichomes against three native insect herbivores. Journal of chemical ecology, 31(7): 1475-1491.
- [24]Hilder, V.A., A.M.R. Gatehouse, S.E. Sheerman, R.F. Barker and D. Boulter, 1987. A novel mechanism of insect resistance engineered into tobacco. Nature, 300: 160-163.
- [25]Hopkins, W.G., 2003. Physiologie végétale. Ed. De Boeck Université, Bruxelles, p: 514.
- [26]Houmani, Z., L. Cosson, F. Corbineau and D. Com, 1994. Etude de la teneur en hyoscyamine et en scopolamine d'une population sauvage de *Datura stramonium* L en Algérie. Acta. Bot. Gallica, 141(1): 61-66.
- [27]Jobin, P., Y. Douville, 1997. Engrais verts et cultures intercalaires. Centre de développement d'agrobiologie, Sainte-Élizabeth-de-Warwick, Québec, p: 20.
- [28]Johnson, R., J. An, G. Narvaez and C.A. Ryan, 1989. Expression of proteinase inhibitors I and II in transgenic tobacco plants: Effects on natural defense against *Manduca sexta* larvae. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 86: 9871-9875.
- [29]Kayani., M.Z., T. Mukhtar, M.A. Hussain, 2012. Evaluation of nematicidal effects of Cannabis sativa L

- and *Zanthoxylum alatum* Roxb. Against root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita*, Crop Protection, 39: 52-56.
- [30]Khelifi, L., B. Harfi, R. Amdoun, A. Morsli, D. Zaoui, M. Khelifi-Slaoui, 2010. Effets de l'élicitation et de la perméabilisation sur la biomasse et le rendement en hyoscyamine des chevelus racinaires de *Datura* sp. Revue des Régions Arides – Numéro spécial – 24. Actes du 3ème Meeting International "Aridoculture et Cultures Oasisennes : Gestion et Valorisation des Ressources et Applications Biotechnologiques dans les Agrosystèmes Arides et Sahariens" Jerba (Tunisie), 999: 1006.
- [31]Kruse, M., M. Strandberg and B. Strandberg, 2000. Ecological Effects of Allelopathic Plants: a Review. NERI Technical Report No. 315. National Environmental Research Institute, Silkeborg, Denmark. p: 66.
- [32]Laliberté, G., 2014. Implantation du ray-grass en culture intercalaire dans le maïs grain et ensilage. Organisme de bassins versants de la zone du Chêne. Sainte-Croix, QC, Canada.
- [33]Leblanc, M.L., D.C. Cloutier, G.D. Leroux, 1993. Le désherbage du maïs grain combiné à l'utilisation d'herbicides en bande et de cultures intercalaires. Journée d'information scientifique: de la parcelle au champ. 17 Nov. Drummondville, C.P.V.Q. pp: 65-76.
- [34]Levitt, J., J.V. Lovett, 1984. Activity of allelochemicals of *Datura stramonium* L. (Thorn-apple) in contrasting soil types, Plant and soil, 79: 181-189.
- [35]Liebman, M., E. Dyck, 1993. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. Ecological App, 3: 92-122.
- [36]Liedi, E., D.M. Lawson, K.K. White, J.A. Shapiro, D.E Cohen, W. Carson, 1995. Acylsugars of wild tomato *Lycopersicon pennellii* alters settling and reduces oviposition of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). Journal of Economic Entomology, 88: 742-748.
- [37]Liu, T.X., P.A. Stansly, O.T. Chortyk, 1996. Insecticidal activity of natural and synthetic sugar esters against *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) J. Econ. Entomol., 89: 1233-123.
- [38]Mattiacci, L., M. Dicke and M.A. Posthumus, 1995. Beta-glucosidase: an elicitor of herbivore-induced plant odors that attracts host-searching parasitic wasps. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 92: 2036-2040.
- [39]Mc key, D., 1979. The distribution of secondary compound within plants. pp: 56-133.
- [40]Miller, J.S. and P. Feeney, 1983. The effect of benzylisoquinoline alkaloids on the larvae of polyphagous Lepidoptera. Oecologia, 58: 332-339.
- [41]Morsli, A., M. Derridj, N. Khelifi-Slaoui, R. Bakiri, L. Amdoun, L. Khelifi, 2011. Diversité morphologique et teneur en hyoscyamine/scopolamine de douze provenances algériennes de *Datura stramonium* L., Revue d'écologie, 66: 291-302.
- [42]Morsli, A., 2013. Caractérisation de la diversité génétique de quelques espèces de *Datura* L. en Algérie., thèse de doctorat, Université Mouloud Maameri de Tizi Ouzou, p: 83.
- [43]Nunez-Farfan, J., R. Dirzo, 1994. Evolutionary Ecology of *Datura stramonium* L. In Central Mexico: Natural Selection for Resistance to Herbivorous Insects, Evolution, p: 48.
- [44]Nunez-Farfan, J., R.A. Cabrales-Vargas and R. Dirzo, 1996. Mating system consequences on resistance to herbivory and life history traits in *Datura stramonium*. Am. J. Bot., 83: 1041-1049.
- [45]Oduor-Owino, P., 1993. Effects of aldicarb, *Datura stramonium*, *Datura metel* and *Tagetes minuta* on the pathogenicity of root-knot nematodes in Kenya, Crop Protection, 12: 315-317.
- [46]Olofsdotter, M., L.B. Jensen and B. Curtois, 2002. Improving crop competitive ability using allelopathy an example from rice. Plant Breeding, 121: 1-9.
- [47]Orozco-catdenas, D., B. McGurl, CA. Ryan, 1993. Expression d'un antisens prosystemin gene in plants de tomates réduit la résistance vers *Manduca sexta* larves .Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 90: 8273-8276.
- [48]Royo, J., J. Leon, G. Vancanneyt, J.P. Albar, S. Rosahl and F. Ortego, 1999. Antisense-mediated depletion of a potato lipoxygenase reduces wound induction of proteinase inhibitors and increases weight gain of insect pests. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 96: 1146-1151.
- [49]Salunkhe, D.K. and S.S. Kadam, 1998. *Handbook of vegetable science and technology, Production, composition and processing*. Department of cellular biology and technology, University of Auckland, New Zealand, p: 203.
- [50]Sanjita, D., P. kumar, S. Basu, 2012. Phytoconstituents and therapeutic potentials of *Datura stramonium* Linn. Journal of Drug Delivery & Therapeutics, 2(3): 4-7.
- [51]Schultz, J.C., 2002. How plants fight dirty. Nature, 416: 267.
- [52]Severson, R.F., O.T. Chortyk, M.G. Stephenson, D.H. Akey, J.W.J, Jr Neal, G.W. Pittarelli, D.M. Jackson, V.A. Sisson, 1994. Characterization of natural pesticide from *Nicotiana gossei*Hedin, P.A.eds. Bioregulators for Crop Protection and Pest Control. ACS Symposium Series 557. American Chemical Society Washington, pp: 107-121.

- [53] Shankara, N., J.V.L. Jeude Goffau, M. Hilmi, B.V. Dam, 2005. La culture de la tomate production, transformation et commercialisation. Ed. Prota, p: 105.
- [54] Shonle, I. and J. Bergelson, 2000. Evolutionary ecology of the tropane alkaloids of *Datura stramonium* L. (Solanaceae). *Evolution*, 54: 778-788.
- [55] Spichiger, R.E., V. Vincent, S.M. Figeat, D. Jeanmonod, 2004. Botanique systématique des plantes à fleurs : une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions t'èçoempérées et tropicales. 3eme édition. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, Français, pp: 413.
- [56] Smewin, B.J., R.T.A. Cook, 1988. Tomato powdery mildew .*Plant. Pathol*, 37(4): 594-598.
- [57] Susan, E., Weaver and I. Suzanne, Warwick, 1984. The biology of Canadian weeds. *Datura stramonium*. *Cand.J.Plant.Sci.*, 64: 979-991.
- [58] Usha, K., B. Singh, P. Prassetha, N. Deep, D.K. Agarwal, R. Agrawal, A. Nagraja, 2009. Antifungal activity of *Datura stamonium*, *Calotropis gigantean* and *Azadiracta indica* against *Fusarium mangiferae* and floral malformation in mango. *European Journal of Plant Pathology*, 124(4): 637-657.
- [59] Valverde, P.L., J. Fornoni, J. Núñez-Farfán, 2001. Defensive role of leaf trichomes in resistance to herbivorous insects in *Datura stramonium*. *Journal of Evolutionary Biology*, 14: 424-432.
- [60] Van Dam, N.M. and J.D. Hare, 1998a. Biological activity of *Datura wrightii* glandular trichome exudate against *Manduca sexta* larvae. *Journal of Chemical Ecology*, 24: 1529-1549.
- [61] Van Dam, N.M. and J.D. Hare, 1998b. Differences in distribution and performance of two sap-sucking herbivores on glandular and non-glandular *Datura wrightii*. *Ecological Entomology*, 23: 22-32.
- [62] Wilkens, R.T., G.O. Shea, S. Halbreich, N.E. Stamp, 1996. Resource availability and the trichome defenses of tomato plants. *Oecologia*, 106: 181-191.
- [63] Wink, M., 1999. Biochemistry of plant secondary metabolism. *Annual Plant Reviews*, 2. Sheffield Academic Press, Sheffield.
- [64] Yenko, G.C., J.A.A. Renwick, J.C. Steffens, W.M. Tingey, 1994. Leaf surface extracts of *Solanum berthaultii* Hawkes deter Colorado potato beetle feeding. *J. Chem. Ecol.*, 20: 991-995

