



# THESE DE DOCTORAT

En Sciences Biologiques

Option : Ecologie et Biodiversité Animale des Ecosystèmes Continentaux

Présentée par

Melle CHOUGAR Safia

## THEME

**Bioécologie de la mineuse de la tomate  
*Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) dans la  
région de Tizi-Ouzou. Essais de lutte.**

Soutenue publiquement le / /2020 devant le jury composé de :

Présidente :	Mme MOHAMED-SAHNOUNE Aouaouche	MCA	UMMTO
Directeur de thèse :	Mme MEDJDOUB-BENSAAD Ferroudja	Professeur	UMMTO
Examinatrice :	Mme MEKLICHE Leila	Professeur	ENSA El Harrach
Examineur :	Mer CHAKALI Gahdeb	Professeur	ENSA El Harrach
Examinatrice :	Mme GOUCEM-KHELFANE Karima	MCA	UMMTO
Examinatrice :	Mlle MAHDI Khadidja	MCA	Univ.Bouira

## Remerciements

Cette présente étude qui est le résultat d'un dur labeur de terrain durant plusieurs années, n'aurait été possible sans le soutien indéfectible de ma Directrice de thèse Mme MEDJDOUB-BENSAAD Ferroudja, professeur à l'UMMTO. Une femme intègre, qui a su diriger, orienter, conseiller, ne lésinant sur aucun moyen, ni perspective, œuvrant pour nous mettre le pied à l'étrier. Sa sagesse, sa bravoure et son altruisme font d'elle une enseignante exemplaire, aimée de tous et surtout indispensable au sein de notre Faculté. Mes remerciements sont vains mots pour exprimer ma profonde gratitude et mon respect, qui lui sont dus.

Je remercie vivement Mme MOHAMED-SAHNOUNE Aouaouche, MCA à l'UMMTO, qui m'a fait l'honneur de présider le Jury, la thématique de cette étude ne lui est pas étrangère, vu l'honneur qu'elle m'a fait en étant précédemment membre de jury de mon mémoire de Magistère.

Mes Salutations et mes vifs remerciements vont à l'égard de Mme MEKLIICHE Leila, Professeur à l'ENSA d'El Harrach, d'avoir accepté d'évaluer ce document, et de nous honorer de sa présence lors de la soutenance.

Au Professeur CHAKALI Gahdeb, je rendrais hommage en lui vouant estime et gratitude. Comment oublier votre protocole expérimental me permettant de traquer *Tuta Absoluta* ? griffonné à la hâte sur un coin de table lors d'une rencontre scientifique, il m'a permis de mettre en place une stratégie d'étude ayant abouti à la naissance de ce document. Nos rencontres d'ici et d'ailleurs m'ont fait apprécier l'homme et l'enseignant, vous avoir comme examinateur dans ce jury n'est que justice rendue à l'investigateur de cette thématique.

En utilisant des termes officiels comme l'exigeraient les remerciements protocolaires d'un document scientifique, avec quels mots pourrait-on remercier une collègue, membre d'une même équipe de recherche, qui me fait honneur en étant membre de jury ? En te disant tout simplement merci Karima. Mme GOUCEM-KHELFANE Karima, MCA à l'UMMTO, votre sagesse est un exemple et une référence pour nous tous, qu'il me soit permis de vous remercier encore une fois pour l'intérêt que vous porterez à l'examen de cette étude.

Je remercie également Mlle MAHDI Khadija, MCA à l'Université de Bouira, l'une des pionnières ayant menée des études sur la dynamique de *Tuta Absoluta* dès son apparition dans l'Algérois. J'ai beaucoup appris de vous lors de nos rencontres dans certaines manifestations scientifiques, j'ai également apprécié vos points de vue sur l'insecte que vous connaissez parfaitement bien. Je réitère mes remerciements en étant très honoré de votre présence en tant qu'examinatrice dans le jury.

Comment oublier de remercier, Monsieur LOUNNACI Abdelkader, mon Enseignant et mon Doyen, je vous dois tout, absolument tout. Certains mots sont salvateurs et vous mettent le vent en poupe. Vous m'avez donné une force incommensurable, vous m'avez réveillé de ma torpeur et de ma léthargie. En somme vous m'avez libéré. Désormais, je trace ma route doucement et sûrement sur les pas de mes aînés. Je vous en suis gré.

L'aventure *Tuta absoluta* a tracé sur son sillage des rencontres qui marquent, de celles que l'on n'oublie pas. Pour cela je remercierai profondément les familles qui nous ont reçus sur le terrain. Merci les frères CHALLAL d'Azeffoun, pour votre abnégation, votre sourire, votre accueil. Pour vous le métier d'agriculteur est un mode de vie que vous ne changerez pour rien au monde. Approvisionner le marché de tomate malgré les attaques de *Tuta* est pour vous un devoir évident que vous accomplissez sans jamais baisser les bras. Votre force, ne jamais choisir la solution alternative, celle d'abandonner la culture de la tomate au profit d'autres production plus lucratives.

*Tuta* m'a permis de voyager, de connaître d'autres horizons et d'avoir une autre famille, celle de Tunisie. Je tiens à remercier vivement les Membres de l'association de Biotechnologie et valorisation des bio-ressources, tous enseignant à l'Institut de Biotechnologie de Beja en Tunisie. Vous m'avez accueilli, choyé et considéré comme membre à part entière de votre équipe. Merci, Professeur Lemdjed Merzouki, Dr Slimen Selmi, Dr Hichem Sebai, Dr Meherzia Mokni, Dr Yousra Menchari, Dr Mourad Jridi, Dr Sonia Hamlaoui, Dr Karim Hosni et tous les autres. Votre sœur d'Algérie ne vous oubliera point.

Je tiens également à remercier tous les étudiants qui m'ont accompagné sur le terrain et échantillonné dans des serres sous des températures et des taux d'humidité contraignants, je ne pourrais omettre de citer le nom de quelques-uns d'entre eux, BENISSAD Djamila, HAMMOUM Yamina véritable femme de terrain et BENLAHCENE Samir, à qui je dois les déplacements sur site.

Ce serait une offense que d'oublier de remercier Mlle KACHA Dihia, doctorante à l'Université de Ouargla, que n'a-t-elle pas fait pour moi ? Une aide précieuse aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire, une bouffée d'air pur, un modèle. Je te dis merci du fond de mon cœur, tu comptes beaucoup pour moi.

Je remercie également tous mes collègues et amis, ceux qui m'ont toujours soutenu et cru en moi, en l'occurrence, Mme Lakabi Lynda, Mme Lardjane Nadia, Mme Kitous-Benoufella Karima, Mer Amroun Mansour, Mme Mazouzi-Haddoudi Fatima, Mer Oudjiane Ahmed et Mer Metahri Mohamed-Saïd.

Mes sincères remerciements vont à l'égard de Mlle GUERMAH Dihia, Docteur au sein de notre faculté qui m'a été très utile pour l'identification des espèces inventoriées, sa maîtrise de l'outil informatique est un art en soi. Merci pour tout.

Je tiens également à remercier Monsieur TALBI Aziz, responsable du service post graduation, tes encouragements tonnent encore à mes oreilles.

Lila CHOUGAR ma cousine chérie, Dalila LOUNI mon alter ego, Samira BOUDRAA-MANSOURI mon âme sœur adorée, merci de faire partie de ma vie. Vous êtes mon équilibre. Chacune de vous a su combler, écouter, bander, et guérir. Merci pour tout ce que vous faites pour moi.

Safia CHOUGAR.

## Dédicaces

A Azizou azizen, Zohra Slimi

A Maman chérie, Fazia Slimi

A Nacéra Ababou,

Trois êtres chers partis trop tôt. Paix à vos belles âmes. Volez haut, libres dans les cieux.

A jamais vivantes dans mon cœur.

## Liste des figures

Numéros	Titres	Pages
<b>Figure 1</b>	Diffusion de la tomate dans le monde (SHANKARA <i>et al.</i> , 2005).	4
<b>Figure 2</b>	Premières images de tomate publiées (DAUNAY <i>et al.</i> , 2007) et (ANONYME, 2009).	4
<b>Figure 3</b>	Différentes parties d'un plant de tomate	7
<b>Figure 4</b>	Différences entre les deux types de croissance de la tomate (ATHERTON et HARRIS, 1986)	8
<b>Figure 5</b>	Différents stades phénologiques de la tomate (GALLAIS et BANNEROT, 1992).	10
<b>Figure 6</b>	Différents processus de maturation du fruit de tomate (LEBOEUF, 2004).	10
<b>Figure 7</b>	Différentes maladies de la tomate	20
<b>Figure 8</b>	Distribution de <i>Tuta absoluta</i> dans le monde (ANONYME, 2015)	27
<b>Figure 9</b>	Direction d'avancement de <i>T. absoluta</i> en Algérie (GUENAOUI, 2008)	28
<b>Figure 10</b>	Gelechiidae type (POVOLNY, 1994).	29
<b>Figure 11</b>	Œufs de <i>T. absoluta</i> grossissement 10 X 20 (Originale, 2015).	30
<b>Figure 12</b>	Différents stades larvaires de <i>T. absoluta</i> G X 8 (Originale, 2016).	30
<b>Figure 13</b>	Chrysalide de <i>T. absoluta</i> G X 8 (Originale, 2016).	31
<b>Figure 14</b>	Adulte de <i>T. absoluta</i> (ANONYME 1, 2008).	31
<b>Figure 15</b>	Cycle de développement de <i>T. absoluta</i> (Originale, 2015).	32
<b>Figure 16</b>	Ailes et antennes de <i>T. absoluta</i> (EPPO, 2014)	33
<b>Figure 17</b>	Tête larvaire de <i>T. absoluta</i> (EPPO, 2014)	33
<b>Figure 18</b>	Genitalia mâle de <i>T. absoluta</i> (BADAOUÏ et BERKANI, 2011)	34
<b>Figure 19</b>	Genitalia femelle de <i>T. absoluta</i> (BADAOUÏ et BERKANI, 2011)	35
<b>Figure 20</b>	Dégâts de <i>T. absoluta</i> sur les feuilles de tomate (ORIGINALE, 2015)	36
<b>Figure 21</b>	Dégâts de <i>T. absoluta</i> sur fruit de tomate (ORIGINALE, 2015)	36
<b>Figure 22</b>	Différents ennemis naturels de <i>T. absoluta</i> (RISSO <i>et al.</i> , 2011)	39
<b>Figure 23</b>	Différents types de pièges (ORIGINALE, 2015)	40
<b>Figure 24</b>	Teigne du Guatemala <i>Tecia solanivora</i> (ESPINEL-COREAL, 2011)	41
<b>Figure 25</b>	Teigne de la pomme de terre <i>Phthorimea operculella</i> (ESPINEL-COREAL, 2011)	41
<b>Figure 26</b>	Mouche mineuse de la tomate <i>Liriomyza bryoniae</i> (RAVIDAT, 2010)	42
<b>Figure 27</b>	localisation de la région d'étude en Algérie (Google Earth, 2020).	44

## Liste des figures

<b>Figure 28</b>	Situation géographique de la zone d'étude (ANONYME, 2018)	44
<b>Figure 29</b>	Précipitations moyenne mensuelles de la région de Tizi-Ouzou sur 10 ans (2006-2016) couvrant la période d'étude (O.N.M.Tizi-Ouzou, 2017).	46
<b>Figure 30</b>	Humidité relative (en %) de la région de Tizi-Ouzou sur 10 ans (2006-2016) couvrant la période d'étude (O.N.M.Tizi-Ouzou, 2017).	47
<b>Figure 31</b>	Nombre d'heures d'insolation dans la région de Tizi-Ouzou (2006-2016) (O.N.M. Tizi-Ouzou, 2017)	48
<b>Figure 32</b>	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussens de la région de Tizi-Ouzou sur 10 ans couvrant la période d'étude (2006 - 2016).	49
<b>Figure 33</b>	Climagramme pluviométrique d'Emberger de la région de Tizi-Ouzou sur 10 ans couvrant la période d'étude (2006-2016).	50
<b>Figure 34</b>	Variétés de tomates étudiées (ORIGINALE, 2015).	54
<b>Figure 35</b>	Piège visant à capturer les adultes de la mineuse de la tomate (ORIGINALE, 2015).	55
<b>Figure 36</b>	Méthodes de prélèvement des échantillons sur le terrain	55
<b>Figure 37</b>	Evolution temporelle du nombre d'adultes mâles capturés suivant les variations de températures et les taux d'humidité dans les 3 serres de la région d'Azeffoun.	57
<b>Figure 38</b>	Evolution temporelle du nombre d'adultes mâles capturés suivant les variations de températures et les taux d'humidité dans les 3 serres de la région de Sidi Naâmane.	59
<b>Figure 39</b>	Influence de la température sur le nombre d'adultes mâles capturés	62
<b>Figure 40</b>	Influence de l'humidité sur le nombre d'adultes mâles capturés	63
<b>Figure 41</b>	Evolution temporelle du nombre d'œufs pondus sur les folioles des différentes variétés de la région d'Azeffoun	64
<b>Figure 42</b>	Evolution temporelle du nombre d'œufs pondus sur les folioles des différentes variétés de la région de Sidi Naâmane.	66
<b>Figure 43</b>	Evolution temporelle du nombre d'œufs pondus sur les faces supérieures et inférieures des folioles des variétés de tomate de la région d'Azeffoun	68
<b>Figure 44</b>	Evolution temporelle du nombre d'œufs pondus sur les faces supérieures et inférieures des folioles des différentes variétés de tomate de la région de Sidi Naâmane.	71
<b>Figure 45</b>	Evolution temporelle du nombre des 4 stades larvaires et chrysalides de <i>T.absoluta</i> dans la région d'Azeffoun	73
<b>Figure 46</b>	Evolution temporelle du nombre des 4 stades larvaires et chrysalides de <i>T.absoluta</i> dans la région de Sidi Naâmane.	77
<b>Figure 47</b>	Evolution temporelle de la distribution des œufs selon l'étage foliaire des plants de tomate dans la région d'Azeffoun	80
<b>Figure 48</b>	Evolution temporelle de la distribution des œufs selon l'étage foliaire des plants de tomate dans la région de Sidi Naâmane.	82
<b>Figure 49</b>	Evolution temporelle du nombre de mines sur les folioles des plants de tomate des différentes variétés dans la région d'Azeffoun	83
<b>Figure 50</b>	Evolution temporelle du nombre de mines sur les folioles des plants de tomate dans la région de Sidi Naâmane.	85

## Liste des figures

<b>Figure 51</b>	Taux d'infestation des folioles sur les trois niveaux des plants	86
<b>Figure 52</b>	Dispositif expérimental des pièges employés	96
<b>Figure 53</b>	Représentation de la manière de tri (Originale, 2015).	97
<b>Figure 54</b>	Fréquences centésimale des classes d'invertébrés capturées dans la serre sur variété Cartier par les trois méthodes d'échantillonnage	103
<b>Figure 55</b>	Fréquences centésimales des ordres d'arthropodes capturés dans la serre d'étude par l'emploi des différentes techniques d'échantillonnages.	105
<b>Figure 56</b>	Fréquences centésimales des ordres d'arthropodes capturés dans la serre d'étude par l'emploi des différentes techniques d'échantillonnages.	107
<b>Figure 57</b>	Fréquences centésimales des espèces d'invertébrés capturés dans la serre d'étude par l'emploi des différentes techniques d'échantillonnages suivant leur régime trophique.	109
<b>Figure 58</b>	Protocole expérimental entrepris pour l'étude de toxicité des huiles essentielles	120
<b>Figure 59</b>	Différentes plantes utilisées pour les huiles essentielles.	131
<b>Figure 60</b>	Test par inhalation effectué sur les larves de <i>T.absoluta</i> à différentes doses (Originale, 2015).	132
<b>Figure 61</b>	Taux moyen de mortalité des larves du troisième et quatrième stade traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle d' <i>E.globulus</i> .	133
<b>Figure 62</b>	Taux moyen de mortalité des larves du troisième et quatrième stade traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle d' <i>E.radiata</i> .	134
<b>Figure 63</b>	Taux moyen de mortalité des larves du troisième et quatrième stade traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle d' <i>E.citrodora</i> .	134
<b>Figure 64</b>	Taux moyen de mortalité des larves du troisième et quatrième stade traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de pamplemousse	135
<b>Figure 65</b>	Taux moyen de mortalité des larves du troisième et quatrième stade traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de citron	135
<b>Figure 66</b>	Taux moyen de mortalité des larves du troisième et quatrième stade traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de menthe poivrée	136
<b>Figure 67</b>	Taux moyen de mortalité des larves du troisième et quatrième stade traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle du basilic	136
<b>Figure 68</b>	Taux moyen de mortalité des larves du troisième et quatrième stade traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle du thym	137
<b>Figure 69</b>	Droites de régression Log doses/ mortalités (probit) chez les larves de <i>T.absoluta</i> soumises à l'action des huiles essentielles par inhalation après 24h.	140
<b>Figure 70</b>	Droites de régression Log doses/ mortalités (probit) chez les larves de <i>T.absoluta</i> soumises à l'action des huiles essentielles par inhalation après 24h.	141

## Liste des tableaux

Numéros	Titres	Pages
Tableau 01	Températures requises pour les différentes phases de développement d'un pied de tomate (SHANKARA et al., 2005).	11
Tableau 02	Exigences en lumière et en humidité les plus favorables à la tomate durant son cycle de développement (JACOB, 1978).	12
Tableau 03	Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate crue (FAVIER et al., 2003).	15
Tableau 04	Teneurs en caroténoïdes ( $\mu\text{g}$ pour 100 g de tomate crue) (FAVIER et al., 2003)	16
Tableau 05	Principaux producteurs de la tomate dans le monde (FAO, 2013)	17
Tableau 06	Bilan de la campagne agricole 2013-2016 pour la wilaya de Tizi-Ouzou (DSA, 2017)	18
Tableau 07	Corrélation entre les différent stade de développement de l'insecte et de la température (BARRIENTOS et al., 1998).	35
Tableau 08	Températures moyennes mensuelles, minimales et maximale de la région de Tizi-Ouzou (2006-2016) couvrant la période d'étude (ONM TO)	46
Tableau 09	Tableau général représentatif des espèces capturées par les différentes techniques d'échantillonnage au niveau de la serre de tomate Variété Dawson	100
Tableau 10	Valeurs de la qualité d'échantillonnage des espèces capturées par l'emploi des différents pièges dans la serre d'étude.	103
Tableau 11	Richesse totale des espèces capturées par les différentes méthodes d'échantillonnages au niveau de la serre d'étude.	104
Tableau 12	Valeurs de diversité de Shannon H' des espèces d'invertébrés capturés à l'aide des différentes méthodes d'échantillonnages au niveau de la serre d'étude.	111
Tableau 13	Valeurs de l'équitabilité des espèces d'invertébrés capturés à l'aide des différentes méthodes d'échantillonnages au niveau de la serre d'étude.	111
Tableau 14	Principaux composants de l'huile essentielle extraite d' <i>Ocimum basilicum</i> (en %) identifiée par CG/SM (ORIGINALE, 2016).	122
Tableau 15	Principaux composants de l'huile essentielle extraite de <i>Mentha X piperita</i> (en%) identifiée par CG/SM (ORIGINALE, 2016).	124
Tableau 16	Principaux composants de l'huile essentielle extraite de <i>Thymus vulgaris</i> (en%) identifiée par CG/SM (ORIGINALE, 2016).	125
Tableau 17	Principaux composants de l'huile essentielle extraite de <i>Citrus paradisi</i> (en%) identifiée par CG/SM (ORIGINALE, 2016).	127
Tableau 18	Principaux composants de l'huile essentielle extraite de <i>Citrus limon</i> (en%) identifiée par CG/SM (ORIGINALE, 2016).	128
Tableau 19	Principaux composants de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> en (en%) identifiées par CG/SM (ORIGINALE, 2016).	130
Tableau 20	Principaux composants de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus radiata</i> en (en%) identifiées par CG/SM (ORIGINALE, 2016).	130
Tableau 21	Principaux composants de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus citridora</i> en (en%) identifiées par CG/SM (ORIGINALE, 2016).	131
Tableau 22	Résultats du classement du test de Newman et Keuls concernant le facteur dose.	138
Tableau 23	Résultats du classement du test de Newman et Keuls concernant le facteur huile	138
Tableau 24	Classement des huiles essentielles selon leur ordre d'efficacité sur les larves de <i>T.absoluta</i> .	142

## Sommaire

---

Liste des figures

Liste des tableaux

**Introduction générale ..... 1**

### **Chapitre I : Synthèse bibliographique sur la tomate *Lycopersicon esculentum***

**1. Origine et historique de la tomate ..... 4**

**2. Classification de la tomate ..... 5**

**3. Description botanique de la plante ..... 6**

3.1. Racine ..... 6

3.2. Tige ..... 6

3.3. Feuilles ..... 6

3.4. Fleurs ..... 6

3.5. Fruit ..... 6

3.6. Graines ..... 7

**4. Classification génétique ..... 8**

**5. Cycle biologique de la tomate ..... 9**

5.1. Phase de germination ..... 9

5.2. Phase de croissance ..... 9

5.3. Phase de floraison ..... 9

5.4. Phase de pollinisation ..... 9

5.5. Phase de fructification et de maturation ..... 10

**6. Exigences édapho-climatiques de la tomate ..... 10**

6.1. Exigences en température ..... 10

6.2. Exigences en humidité ..... 11

6.3. Exigences en luminosité ..... 11

6.4. Sol ..... 12

6.4.1. Structure et texture ..... 12

6.4.2. Température du sol ..... 12

6.4.3. pH ..... 12

6.4.4. Salinité ..... 13

6.4.5. Eau ..... 13

## Sommaire

---

6.4.6. Fertilisation.....	13
<b>7. Cultures de tomate .....</b>	<b>14</b>
7.1. Culture en plein champ .....	14
7.2. Culture sous serre .....	14
<b>8. Intérêt de la culture de la tomate .....</b>	<b>14</b>
8.1. Alimentation humaine .....	14
8.2. Propriétés médicinales de tomate .....	15
<b>9. Importance économique de la tomate .....</b>	<b>16</b>
9.1. Dans le monde .....	17
9.2. En Algérie .....	18
9.3. Dans la wilaya de Tizi-Ouzou .....	18
<b>10. Maladies et ravageurs de la tomate .....</b>	<b>19</b>
10.1. Principales maladies de la tomate .....	19
10.1.1. Maladies fongiques .....	19
10.1.2. Maladies bactériennes .....	21
10.1.3. Maladies virales .....	22
10.1.4. Désordres physiologiques .....	23
10.2. Les principaux ravageurs de la culture de la tomate .....	24
10.2.1. Nématodes .....	24
10.2.2. Escargots et limaces .....	24
10.2.3. Insectes .....	25
10.2.3.1. Thrips .....	25
10.2.3.2. Pucerons .....	25
10.2.3.3. Mouche blanche .....	25
10.2.3.4. Noctuelles .....	26
10.2.3.5. Mineuse .....	26

## **Chapitre II : Synthèse bibliographique sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta***

<b>1. Introduction .....</b>	<b>27</b>
<b>2. Origine et évolution de la distribution de la mineuse de la tomate .....</b>	<b>27</b>
2.1. Dans le monde .....	27
2.2. En Algérie .....	28

## Sommaire

---

<b>3. Classification de la mineuse de la tomate</b> .....	<b>28</b>
3.1. Position systématique.....	29
<b>4. Cycle biologique de la mineuse de la tomate</b> .....	<b>29</b>
4.1. Œuf.....	30
4.2. Larves.....	30
4.3. Chrysalide.....	31
4.4. Adulte.....	31
<b>5. Caractères d'identification de <i>Tuta absoluta</i></b> .....	<b>32</b>
5.1. Ailes de <i>T. absoluta</i> .....	32
5.2. Tête larvaire de <i>T. absoluta</i> .....	32
5.3. Appareil génital.....	33
5.3.1. Genitalia mâle.....	33
5.3.2. Genitalia femelle.....	34
<b>6. Reproduction de <i>T. absoluta</i></b> .....	<b>34</b>
<b>7. Les plantes hôtes</b> .....	<b>36</b>
<b>9. Dégâts</b> .....	<b>36</b>
<b>9. Dissémination</b> .....	<b>37</b>
<b>10. Hivernation</b> .....	<b>37</b>
<b>11. Lutte utilisées contre la mineuse de la tomate</b> .....	<b>37</b>
11.1. Mesures prophylactiques.....	37
11.2. Traitements phytosanitaires.....	38
11.3. Lutte biologique.....	38
11.4. Lutte biotechnique.....	40
11.5. Lutte variétale.....	40
<b>12. Ressemblances des insectes</b> .....	<b>40</b>
12.1. Teigne guatémaltèque de la pomme de terre.....	40
12.2. Teigne de la pomme de terre ( <i>Phthorimea operculella</i> ).....	41
12.3. Mouche mineuse de la tomate ( <i>Liriomyza brioniae</i> ).....	41

## Chapitre III : Présentation de la région d'étude

<b>1. Situation géographique de la région d'étude</b> .....	<b>43</b>
---	-----------

## Sommaire

---

1.1. Situation géographique de la région d’Azeffoun .....	43
1.2. Situation géographique de la région de Sidi Naâmane.....	43
<b>2. Présentation des sites d’étude.....</b>	<b>43</b>
2.1. Présentation du site d’étude à Azeffoun.....	43
2.2. Présentation du site d’étude à Sidi Naâmane .....	44
<b>3. Facteurs écologiques .....</b>	<b>45</b>
3.1. Facteurs abiotiques .....	45
3.1.1. Facteurs climatiques .....	45
<b>4. Synthèse climatique.....</b>	<b>48</b>
4.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson .....	48
4.2. Quotient pluviothermique d’Emberger .....	49
<b>5. Traitements phytosanitaires.....</b>	<b>51</b>
<b>6. Contexte climatique de la région d’étude .....</b>	<b>51</b>
6.1. Température .....	51
6.2. Humidité relative de l’air .....	51

## Chapitre IV : Bioécologie de la mineuse de la tomate

<b>1. Introduction .....</b>	<b>52</b>
<b>2. Matériels et méthodes .....</b>	<b>52</b>
2.1. Matériel végétal.....	52
2.1.1. Variété Dawson .....	53
2.1.2. Variété Cartier .....	53
2.1.3. Variété Tavira.....	53
2.1.4. Variété Tomallow.....	53
2.2 Piège à phéromone sexuelle .....	53
2.2. Suivi de l’oviposition .....	55
2.3. Hygrothermomètre .....	56
2.4. Analyses statistiques .....	56
<b>3. Résultats .....</b>	<b>56</b>
3.1. Evolution temporelle du nombre d’adultes de <i>T. absoluta</i> capturés suivant les variations des températures et des taux d’humidité au niveau des serres étudiées de la région d’Azeffoun ..	56
3.2. Evolution temporelle du nombre d’adultes de <i>T. absoluta</i> capturés suivant les variations de températures et des taux d’humidité au niveau des serres étudiées de la région de Sidi Naamane .....	59

## Sommaire

---

3.3. Influence de la température sur le nombre d'adultes mâles capturés dans les serres étudiées .....	61
3.4. Influence de l'humidité sur le nombre d'adultes mâles capturés dans les serres étudiées	61
3.5. Evolution temporelle du nombre d'œufs pondus sur les folioles des variétés de tomate dans les serres d'Azeffoun .....	64
3.6. Evolution temporelle du nombre d'œufs pondus sur les folioles des variétés de tomate dans la région de Sidi Naâmane.....	65
3.7. Evolution temporelle du nombre d'œufs pondus sur les faces inférieures et supérieures des folioles des variétés de tomate de la région d'Azeffoun .....	67
3.8. Evolution temporelle du nombre d'œufs sur les faces inférieures supérieures et inférieures des plants de tomate des variétés de la région de Sidi Naâmane .....	70
3.9. Evolution temporelle du nombre des 4 stades larvaires et chrysalides de <i>T. absoluta</i> dans la région d'Azeffoun .....	72
3.10. Evolution temporelle du nombre des 4 stades larvaires et chrysalides de <i>T. absoluta</i> dans la région de Sidi Naâmane .....	76
3.11. Evolution temporelle de la distribution des œufs selon l'étage foliaire des plants de tomate des différentes variétés dans la région d'Azeffoun .....	80
3.12. Evolution temporelle de la distribution des œufs selon l'étage foliaire des plants de tomate dans la région de Sidi Naâmane .....	81
3.13. Evolution temporelle du nombre des mines sur les folioles des plantes de tomate de la région d'Azeffoun .....	83
3.14. Evolution temporelle du nombre des mines sur les folioles des plantes de tomate de la région de Sidi Naâmane .....	84
3.15. Taux d'infestation des folioles sur les différents niveaux des plants de tomate .....	86
<b>4. Discussion.....</b>	<b>87</b>

## **Chapitre V : Inventaire des invertébrés vivant sur la culture de tomate sous serre**

<b>1. Introduction .....</b>	<b>94</b>
<b>2. Matériel et méthodes .....</b>	<b>94</b>
2.1. Échantillonnage des populations d'invertébrés .....	94
2.1.1. Pièges colorés .....	95
2.1.2. Pots-pièges ou pots Barber .....	95
2.1.3. Filet fauchoir .....	95
2.2. Méthodes de travail au laboratoire .....	96
2.2.1. Echantillonnage et récolte des données sur les invertébrés .....	96

## Sommaire

---

2.2.2. Tri .....	97
2.2.3. Comptage .....	97
2.2.4. Identification .....	97
2.3. Exploitation des résultats de l'inventaire par les indices écologiques .....	98
2.3.1. Exploitation des résultats obtenus par la qualité d'échantillonnage .....	98
2.3.2. Exploitation des résultats par des indices écologiques de composition .....	98
2.3.3. Richesse spécifique totale (S) .....	98
2.3.4. Fréquence centésimales (abondance relative) .....	98
2.3.5. Indices écologiques de structures appliquées la faune échantillonnée .....	99
<b>3. Résultats .....</b>	<b>100</b>
3.1. Inventaire qualitatif et quantitatif des invertébrés vivants dans la parcelle de tomate sous serre variété Dawson dans la région d'Azefoun .....	100
3.2. Exploitation des résultats par la qualité d'échantillonnage par l'utilisation des différentes méthodes au niveau des différentes parcelles d'études .....	103
3.3. Exploitation des résultats par les indices écologiques de composition .....	104
3.3.1. Richesse totale des espèces d'arthropodes capturées suivant les trois méthodes d'échantillonnage au niveau de la serre d'étude .....	104
3.3.2. Fréquences centésimales ou abondances relatives AR (%) appliquées aux ordres d'arthropodes recensés au niveau de la serre d'étude par l'emploi des trois méthodes d'échantillonnages .....	104
3.3.3. Fréquences centésimales ou abondances relatives AR (%) appliquées aux familles d'arthropodes recensées au niveau de la serre d'étude par l'emploi des trois méthodes d'échantillonnages .....	106
3.3.4. Fréquence centésimale des espèces d'arthropodes obtenus dans la serre de tomate suivant leur régime trophique .....	108
3.4. Régimes alimentaires des espèces capturées .....	109
3.4.1. Espèces à régime alimentaire phytophage .....	109
3.4.2. Espèce à régime alimentaire insectivore .....	110
3.5. Exploitation des résultats par indices écologiques de structure pour les espèces échantillonnées .....	111
<b>4. Discussion .....</b>	<b>112</b>
<b>Chapitre VI : Toxicité des huiles essentielles sur les larves de <i>Tuta absoluta</i></b>	
<b>1. Introduction .....</b>	<b>119</b>
<b>2. Matériel et méthodes .....</b>	<b>119</b>

## Sommaire

---

2.1. Matériel biologique .....	121
2.1.1. Insecte ravageur.....	121
2.1.2. Huiles essentielles .....	121
2.2. Méthode d'application des bio-essais .....	132
2.3. Analyse statistique.....	132
2.4. Estimation de la DL50 par la méthode de droite de régression.....	132
<b>3. Résultats .....</b>	<b>133</b>
3.1. Toxicité de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> .....	133
3.2. Toxicité de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus radiata</i> .....	134
3.3. Toxicité de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus citriodora</i> .....	134
3.4. Toxicité de l'huile essentielle du pamplemousse .....	135
3.5. Toxicité de l'huile essentielle du citron .....	135
3.6. Toxicité de l'huile essentielle de la menthe poivrée .....	136
3.7. Toxicité de l'huile essentielle du basilic .....	136
3.8. Toxicité de l'huile essentielle du thym .....	137
3.9. Estimation de la DL50 des huiles essentielles testées sur les larves de <i>T. absoluta</i> .....	139
<b>4. Discussion .....</b>	<b>142</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>149</b>

### Références bibliographiques

### Annexes

---

# **Introduction générale**

---

## Introduction générale

---

La culture sous abris ou serriculture représente 1.4 % des terres consacrées annuellement aux cultures maraichères et offre 6.8% de la production nationale en produits maraichers. Les solanacées représentent dans l'ensemble 70% de la sole mise en culture en Algérie, avec une prédominance de la tomate, soit 40% du potentiel en serre (ZELLA et SMADHI, 2009).

La tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) est une espèce largement cultivée et représente l'un des légumes les plus importants dans l'alimentation humaine et qui se consomme frais ou transformé. Selon VAN ECK et al. (2006) il existe plus de 4000 variétés de tomates.

La tomate appartient à la famille des solanacées et est originaire des Andes d'Amérique du sud. Elle fut domestiquée au Mexique, puis elle s'est propagée dans divers pays du monde (NAIKA et al., 2005).

En Algérie, la tomate est le second produit maraicher après la pomme de terre, de par la place qu'elle occupe dans les habitudes alimentaires (BACI, 1995). Elle répond relativement bien aux attentes nutritionnelles de l'organisme, car le fruit est relativement pauvre en calories, mais riche en eau et en élément minéraux. Elle contient aussi une grande quantité d'éléments antioxydants, comme le lycopène et la vitamine C, qui jouent un rôle important dans la lutte contre les maladies dégénératives (RANC, 2010).

La production mondiale de la tomate s'élève d'une année à une autre entre la période allant de 1961 à 2007, elle a été multipliée par plus de 4 passant de 27,6 à plus de 126 millions de tonnes. Cela représente une surface cultivée de plus 4.6 millions d'hectares (DERKAOU, 2011).

En Algérie la culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole. Elle est passée de 16760 hectares en 2001 avec une production de 3735340 qx à 20789 hectares en 2009, avec une production de 6410343 qx. Près de 33000 hectares sont consacrés annuellement à la culture de tomate (maraichère et industrielle) donnant une production moyenne de 11 millions de quintaux (SENOUSSI, 2010).

Malgré cette augmentation de production et superficie, la culture de tomate trouve des difficultés à se développer à cause de différentes maladies et ravageurs qui l'affectent continuellement. Selon DAJOZ (1979), les insectes forment l'une des classes les plus importantes du règne animal par leur diversité et leur abondance, ils peuvent être nuisibles

mais aussi utiles tel que les parasites et les prédateurs qui jouent un rôle dans la régulation des populations de ravageurs.

Les principaux ravageurs qui se développent sur la tomate sont les nématodes les insectes et autre arthropodes. Parmi les insectes les plus redoutables qui causent des dégâts considérables sur la tomate on trouve la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (LANGE et BROSSON, 1981).

La mineuse de la tomate est un micro-lépidoptère de la famille des Gelechiidae classé à l'annexe A1 de l'OEPP et il est devenu l'un des principaux ravageurs de la tomate dans beaucoup de pays Sud-Américains depuis les années 1960 (GUIDES et PICANCO, 2012). En 2007 plusieurs foyers le long de la côte méditerranéenne ont été identifiés. En Algérie sa première apparition fut à Mostaganem au mois de mars 2008, ensuite elle s'est propagée dans le reste du pays (GUENAOUI, 2008).

BLANCARD et *al.* (2009) rappellent que *Tuta absoluta* est un ravageur doté d'un grand potentiel de dissémination lié principalement à ses caractéristiques biologiques, sa capacité d'acclimatation et aussi aux échanges commerciaux.

La gestion de *T. absoluta* est fondée essentiellement sur des mesures prophylactiques par sa détection précoce par des pièges à phéromone sexuelles et l'utilisation d'insecticides (COLLAVINO et GIMENEZ, 2008). Toutefois selon SIQUEIRA et *al.* (2000) elle présente une grande résistance à certains insecticides. En effet, MEGAN et OLSEN (2004) rappellent qu'en raison de leurs efficacités et leurs applications faciles et pratiques, l'utilisation des produits chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée contre les ravageurs. Il est à noter que les pesticides sont utilisés de façon abusive et impropre dans la plupart des pays africains (ISMAN, 2006).

MEGAN et OLSEN (2004) rajoutent que ces produits provoquent la contamination de la biosphère et de la chaîne alimentaire, ils produisent également l'éradication de la faune auxiliaire et l'apparition de microorganismes résistants. FARR et *al.* (2004) associent ces pesticides à des problèmes de santé et de l'environnement. GOMGNIMBOU et *al.* (2009) signalent que l'abus des pesticides permettrait le développement de souches résistantes chez le ravageur.

## Introduction générale

---

Des méthodes alternatives seraient donc nécessaires à la substitution des pesticides de synthèse. BREITENMOSEER et BAUR (2013) rappellent que les populations d'ennemis naturels constituent une faune auxiliaire qui jouerait un rôle important dans la régulation des ravageurs.

Par ailleurs, l'utilisation des bio-insecticides d'origine végétale, dont les huiles essentielles peuvent constituer une solution écologique et durable (KOUL et *al.*, 2008 ; TRIPATHI et *al.*, 2009).

Depuis son invasion en Algérie en 2008, très peu d'études ont été menées sur la lutte bio-insecticides contre la mineuse de la tomate. Pour ce fait, ce présent document s'articule sur trois principales parties. Après un rappel bibliographique sur la plante hôte, la tomate *Lycopersicon esculentum* et l'insecte ravageur *T. absoluta*, nous nous sommes proposés de réaliser une étude sur la bioécologie de la mineuse de la tomate. L'étude de la dynamique des populations s'est effectuée dans une région du littoral de la Kabylie (Azeffoun) et sub-littoral (Sidi Naâmane) sur plusieurs variétés de tomate cultivées sous serre.

En deuxième lieu et toujours sous serre, nous réaliserons un inventaire de l'entomofaune associée à la culture de tomate, dans le but de décompter les espèces cohabitantes avec le ravageur. Le troisième volet quant à lui est traité au laboratoire, il consiste en un essai de plusieurs huiles essentielles par inhalation sur les larves du troisième et quatrième stade de *T. absoluta*, une proposition alternative afin de réduire l'utilisation des pesticides.

Des discussions étayeront chacune des parties, une conclusion générale clôturera ce document.

---

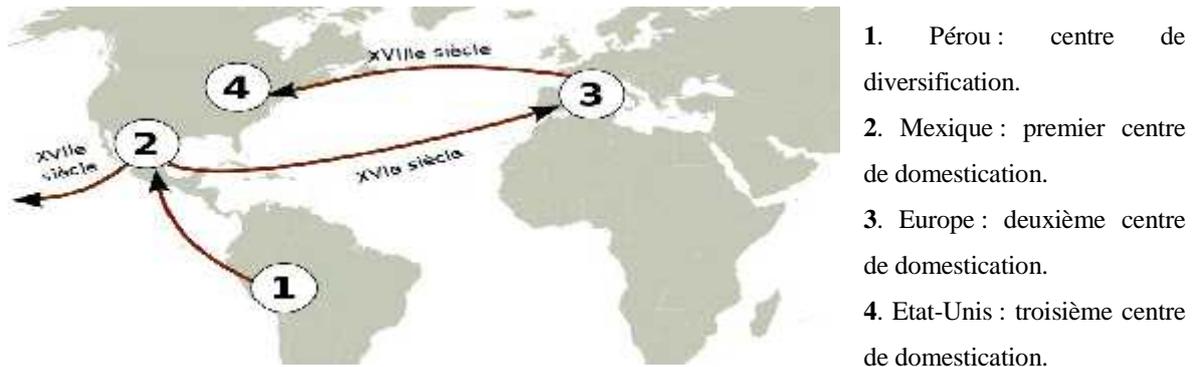
# Chapitre I

## Synthèse bibliographique sur la tomate *Lycopersicon* *esculentum*

---

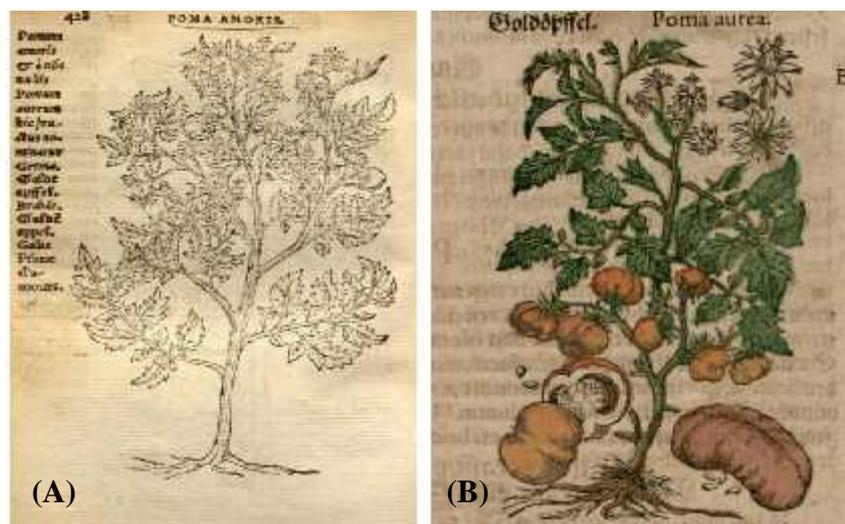
## 1. Origine et histoire de la tomate

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) est originaire des Andes d'Amérique du Sud, dans une zone allant de la Colombie au nord du Chili et de la côte Pacifique, aux contreforts des Andes (Equateur, Pérou). Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe au XVI<sup>ème</sup> siècle par les Espagnols avant même la pomme de terre et le tabac (Fig. 01) (NAIKA et al., 2005).



**Figure 01** : Diffusion de la tomate dans le monde (SHANKARA et al., 2005).

A l'origine la tomate était cultivée par les Aztèques ; son nom provient de « tomatl » qui, dans la langue nahuatl parlée dans la région de Mexico, correspond à *Physalis philadelphia* ; la tomate proprement dit, *Lycopersicon esculentum* était appelée « jitomatl » (Fig.02) (BLANCARD et al., 2009).



**Figure 02** : Premières images de tomate publiées.

- (A) Image publiée par Dodoens en 1553 (DAUNAY et al., 2007).  
 (B) Planche de tomate dessinée par Mattioli en 1590 (ANONYME, 2009).

Selon TRONICKOVA (1986), la tomate s'est étendue en Afrique du Nord au XVIIIème siècle.

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros) qui l'ont introduite, étant donné les conditions qui lui sont propices. Sa consommation a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral Algérois (LATIGUI, 1984).

## 2. Classification de la tomate

La tomate est une plante herbacée annuelle à port buissonnant appartenant à la famille des Solanacées. Elle est classée selon des critères différents liés à l'aspect botanique, la composition génétique et le type de croissance (GALLAIS et BANNEROT, 1992).

Les botanistes modifièrent à plusieurs reprises les noms de genre et d'espèces attribués à la tomate. Elle a été classée par Linné en 1753, comme *Solanum lycopersicon*, c'est finalement *Lycopersicon esculentum* attribué par Philippe Mill en 1754, qui a été retenue (MUNRO et SMALL, 1997).

SPICHIGER et al. (2004) ; DUPONT et GUIGNARD (2012) rappellent la systématique de la tomate comme suit :

Règne : Plantae

Sous règne : *Trachenobionta*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Magnoliopsida*

Sous classe : *Asteridae*

Ordre : *Solanales*

Famille : *Solanaceae*

Genre : *Lycopersicum*

Espèce : *Lycopersicon esculentum* L. 1753

### 3. Description botanique de la plante

La plante peut avoir une taille variée selon les variétés et les modes de culture. DUMORTIER et *al.* (2010), l'estime de 40cm à plus de 5m.

#### 3.1. Racine

La racine de la tomate pivotante pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventives (NAIKA et *al.*, 2005) (Fig. 03 a).

#### 3.2. Tige

La tige présente un port de croissance entre érigé et prostré, elle pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m, elle est pleine, fortement poilue et glandulaire (Fig.03b) (KOLEV, 1976).

#### 3.3. Feuilles

Les feuilles sont composées et velues froissées, elles répandent une odeur caractéristique, due à la solanine (Fig.03c). Les folioles sont oblongues, couvertes de poils glandulaires (SHANKARA et *al.*, 2005).

#### 3.4. Fleurs

Les fleurs sont de couleur jaunâtre, regroupées en cyme (ANONYME, 1999). Elles sont bisexuées ou hermaphrodites puisque les organes mâles (androcée = étamines) et femelles (gynécée = pistil) sont tous les deux dans la même fleur, elles sont régulières mesurant entre 1.5 et 2 cm de diamètre (Fig. 03d). La structure de la fleur assure une autogamie stricte, mais la fécondation croisée peut avoir lieu grâce aux insectes pollinisateurs (POLESE, 2007).

REY et COSTES (1965) rappellent la formule florale de la fleur de la tomate comme suit :

**5 sépales + 5 pétales+ 5 étamines + 2 carpelles**

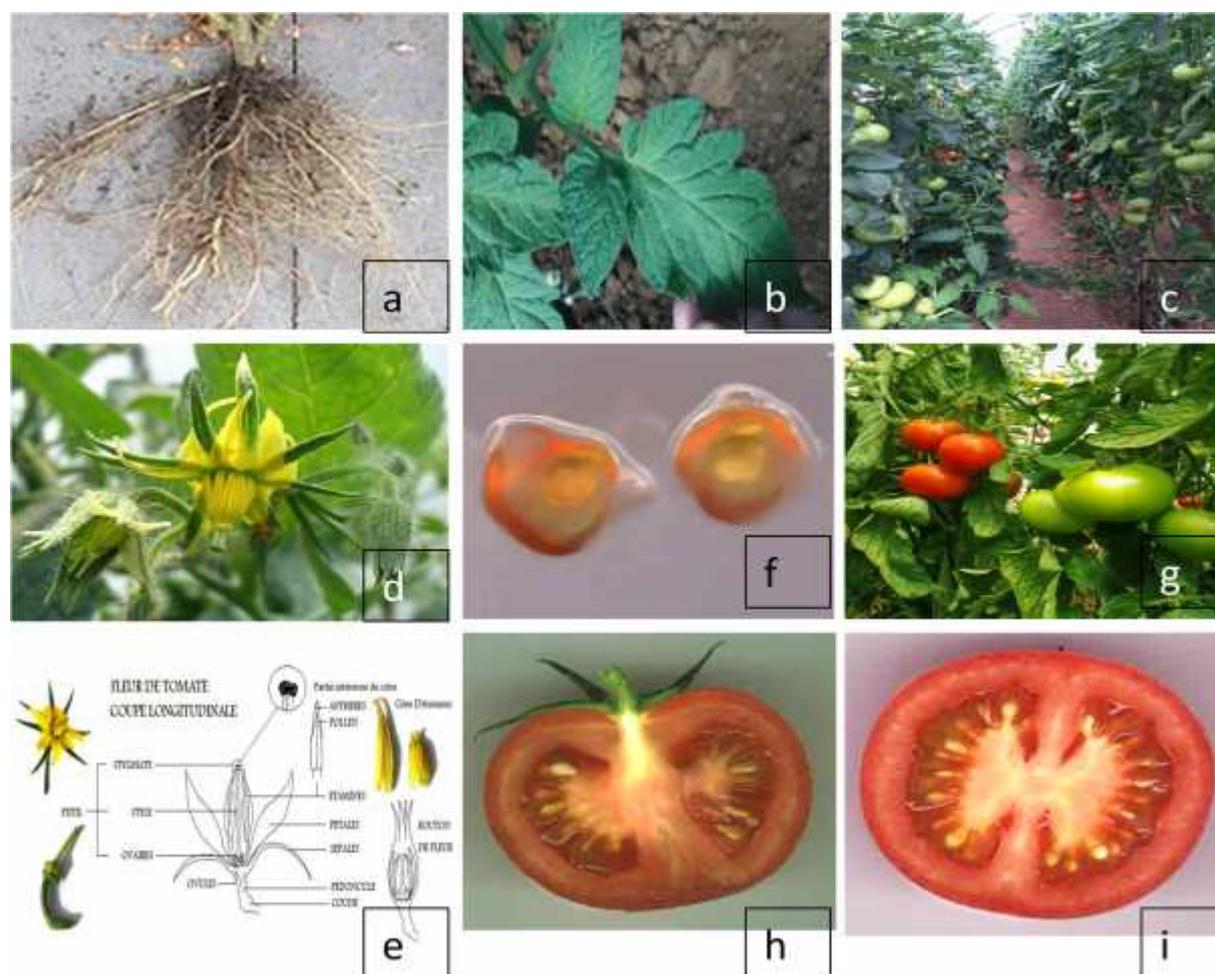
#### 3.5. Fruit

Le fruit est une baie globuleuse à aplatie, de 2 à15 cm de diamètre, lisse ou sillonnée, verte et poilue en étant jeune, puis glabre et brillante, le plus souvent rouge mais parfois rose, orange ou jaune à maturité, contenant de nombreuses graines (GRUBBEN et DENTON, 2004) (Fig.

03e). CHAUX et FOURY (1994) rajoutent que la diversité de coloration est due à la présence de deux principaux pigments ; le pigment carotène (jaune) et le pigment lycopène (rouge). Les loges peuvent renfermer un nombre de graines très variable, en moyenne de 50 à 100 et déterminent la grosseur du fruit qui va de 50 à 105 g.

### 3.6. Graines

Les graines sont nombreuses, en forme de rein ou de poire. Elles sont poilues, beiges, 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large (Fig. 03f). L'embryon est enroulé dans l'albumen. 1000 graines pèsent approximativement 2,5 à 3,5 g (SHANKARA et *al.*, 2005).



**Figure 03 :** Différentes parties d'un plant de tomate (ORIGINALE, 2015)

- a : racine  
 b : tige  
 c : feuilles  
 d : fleurs  
 e : différentes parties de la fleur  
 f : graines de la tomate (G x10) (SHANKARA et *al.*, 2005).  
 g : fruits  
 h : coupe longitudinale du fruit mûr de la tomate  
 i : coupe transversale du fruit mûr de la tomate

#### 4. Classification génétique

La tomate cultivée *L.esculentum* est une espèce diploïde avec  $2n=24$  chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants monogéniques dont certains sont très importants pour la sélection. C'est une plante autogame mais il peut y avoir une proportion de fécondation croisée par laquelle la plante peut se comporter comme plante allogame (GALLAIS et BANNEROT, 1992).

Selon le mode de fécondation, POLESE (2007) distingue deux types de variétés de tomate

- **Variétés fixées** : Il existe plus de cinq cents variétés fixées (conservent les qualités parentales). Leurs fruits sont plus au moins réguliers, sont sensibles aux maladies, mais donnent en général des fruits de bonne qualité gustative.
- **Variétés hybrides** : Elles sont plus nombreuses et relativement récentes, puisqu'elles n'existent que depuis 1960.

BLANCARD (2007) rappelle qu'il existe deux types de croissance chez la tomate (Fig. 04) :

- **Croissance indéterminée** : la plante produit 7 à 10 feuilles et une inflorescence, puis 3 feuilles et une seconde inflorescence et ceci indéfiniment.
- **Croissance déterminée** : la plante arrête son développement après 2 à 5 inflorescences, les pousses latérales arrêtent leur développement après 1 à 3 inflorescences.



**Figure 04** : Différences entre les deux types de croissance de la tomate  
(ATHERTON et HARRIS, 1986)

## 5. Cycle biologique de la tomate

HUAT (2008) rappelle que le cycle biologique de la tomate comprend 5 phases essentielles (Fig. 05).

### 5.1. Phase de germination

Les graines germent en 6 à 8 jours après le semis à la température optimale du sol (20 à 25°C). Au-dessus du sol apparaissent la tigelle et deux feuilles cotylédonaires simples et opposées. Dans le sol, la racine possède un manchon de poils absorbants bien visible (HUAT, 2008).

### 5.2. Phase de croissance

Pendant la phase de croissance, la plante émet plus de racines et développe la partie aérienne par l'émission des paires de feuilles. La racine s'allonge et prend l'aspect d'un filament blanchâtre sur lequel apparaissent des racines secondaires. Les deux premières vraies feuilles apparaissent vers le jour. Elles ne sont bien développées que vers le 20<sup>ème</sup> jour. Au bout du premier mois environ, il y a 3 à 4 paires de feuilles (RAKOTOSON et RAZAFINDRABE, 2009).

### 5.3. Phase de floraison

La première inflorescence, apparaît deux mois et demi environ après le semis. Les autres inflorescences vont apparaître au-dessus de la première. La floraison s'échelonne de bas en haut (CHAUX et FOURY, 2003).

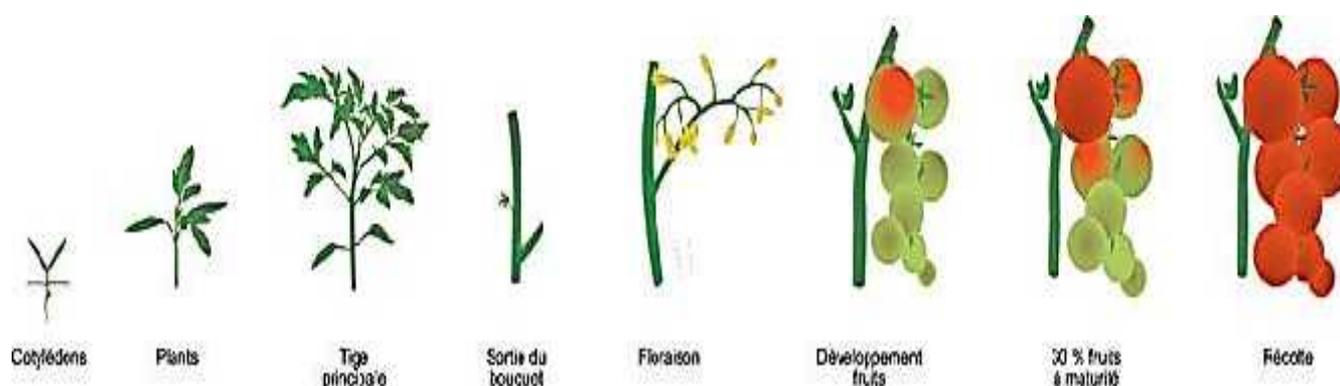
### 5.4. Phase de pollinisation

La pollinisation fait appel à des agents extérieurs comme le vent ou certains insectes, tels que les bourdons qui vibrent les anthères et libèrent le pollen (CHAUX et FOURY, 1994).

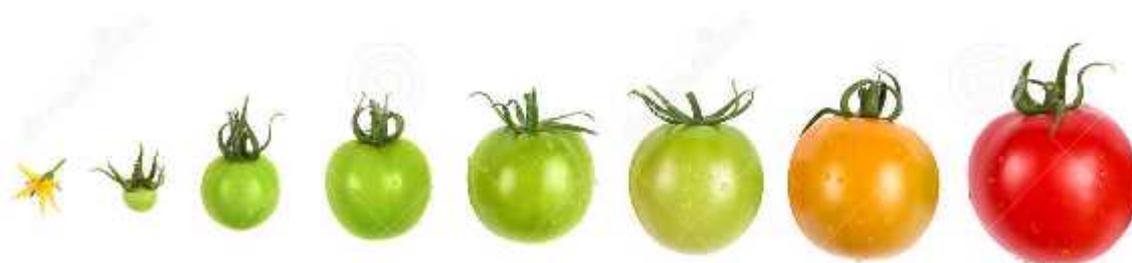
La libération et la fixation du pollen reste sous dépendance des facteurs climatiques. Si la température nocturne est inférieure à 13°C, la plupart des grains de pollen seraient vides et une faible humidité dessèche les stigmates et de cela, résulte la difficulté du dépôt du pollen (BLANCARD et *al.*, 2009).

### 5.5. Phase de fructification et de maturation

La fructification débute durant la phase de floraison. Elle commence par la nouaison des fruits de l'inflorescence de base et se poursuit par les inflorescences supérieures au fur et à mesure de l'apparition des inflorescences et de la fécondation des fleurs. Les fruits se développent, grossissent et après avoir atteint leur taille définitive, ils commencent par perdre leur coloration verte au profit du jaune puis au rouge de plus en plus accentué (BLANCARD *et al.*, 2009).



**Figure 05 :** Différents stades phénologiques de la tomate (GALLAIS et BANNEROT, 1992).



**Figure 06 :** Différents stades de maturation du fruit de tomate (LEBOEUF, 2004).

## 6. Exigences édapho-climatiques de la tomate

### 6.1. Exigences en température

La tomate est exigeante en ce qui concerne les températures, dont l'optimum se situe entre 13 et 20°C pendant la nuit et entre 20 et 27°C pendant la journée (NYABYENDA, 2006).

Selon CABURET et HEKIMIAN LETHEVE (2003), la tomate a une croissance maximale vers 25°C. Les périodes sèches et fraîches sont plus favorables à la production que la saison pluvieuse et chaude. Au-dessus de 30°C, le lycopène, pigment responsable de la couleur

rouge du fruit ne se forme plus. C'est le pigment carotène qui se forme, donnant ainsi une coloration jaune-orange au fruit. Dans le tableau suivant sont indiquées les températures requises pour le développement d'un pied de tomate.

**Tableau 01** : Températures requises pour les différentes phases de développement d'un pied de tomate (SHANKARA et *al.*, 2005).

Phases de développement	Température (°C)		
	Minimale	Intervalle optimal	Maximale
Germination des graines	11	16-29	34
Croissance des semis	18	21-24	32
Mise à fruits	18	20-24	30
Développement de la couleur rouge	10	20-24	30

## 6.2. Exigences en humidité

Une humidité relative de 75 % est jugée optimale. Elle permet d'avoir des fruits de bons calibres, avec moins de gerçures et sans défaut de coloration (Tab. 02) (DOORENBOS et KASSAM, 1987).

Le stress causé par une carence en eau et les longues périodes arides fait tomber les bourgeons et les fleurs et provoque le fendillement des fruits. Par contre, lorsque les averses sont très intenses et l'humidité est très élevée, la croissance des moisissures et la pourriture des fruits seront plus importants. Les temps nuageux ralentissent le mûrissage des tomates (BAMOUH, 1999).

## 6.3. Exigences en luminosité

La lumière intervient sur la croissance et la fructification de la tomate par sa durée, son intensité et sa qualité. 1200 heures d'insolation sont nécessaires pendant les 6 mois de végétation. Un éclairage de 14 heures par jour est nécessaire pour une bonne nouaison. Toutefois la photopériode ne doit pas dépasser 18 heures par jour.

**Tableau 02 :** Exigences en lumière et en humidité les plus favorables à la tomate durant son cycle de développement (JACOB, 1978).

Stade de développement	Lumière (lux)	Humidité de l'air (%)
<b>Germination (avant levée)</b>	Nulle	<b>76</b>
<b>Elevage des jeunes plants</b>	10000 à 12000	<b>75 à 80</b>
<b>Développement végétatif</b>	10000 à 12000	<b>70 à 80</b>
<b>Floraison</b>	Importante du moment de la germination du pollen	<b>60 à 65</b>
<b>Développement des fruits</b>	16 heures d'éclairement	<b>60 à 70</b>

## 6.4. Sol

### 6.4.1. Structure et texture

En général, la tomate n'a pas d'exigences particulières en matière de sol. Cependant, elle s'adapte bien dans les sols profonds, meubles, bien aérés et bien drainés. Une texture sablonneuse ou sablo-limoneuse est préférable (NYABYENDA, 2006).

### 6.4.2. Température du sol

La température du sol est le premier facteur dont dépendent le pourcentage de levée et la vitesse de germination. Cette dernière augmente avec la température, jusqu'à une valeur optimale de 25°C et entre 15 et 20°C, il y aura un meilleur pourcentage de levée.

Toutefois, selon BAMOUH (1999), les basses températures (inférieures à 10°C) provoquent un ralentissement de la croissance et du développement des plantes. Selon le même auteur, les températures élevées favorisent la croissance de la plante, au détriment de l'inflorescence qui peut avorter.

### 6.4.3. pH

La tomate est une culture indifférente au pH du sol. Le rendement varie peu avec la variation du pH. Cependant, sur des sols à pH basique (pH>7), certains micro-éléments restent peu disponibles à la plante (Fe, Mn, Zn, Cu). La carence la plus fréquente est celle du fer, elle apparaît en général à un stade avancé de la culture. Dans ce cas, une correction ferrique par un apport d'engrais foliaire ou en fertigation est nécessaire (LANNOY, 2001).

#### 6.4.4. Salinité

La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis à vis de la salinité. Lorsque la salinité est estimée soit à 2,5 g/l de sels totaux, le rendement baisse de 10%. Cependant, la baisse du rendement peut atteindre 25 % à une salinité de l'ordre de 4 g/l (DERKAOUI, 2011)

#### 6.4.5. Eau

NAIKA et *al.* (2005) attestent que les besoins en eau de la tomate se situent entre 4000 et 5000 m<sup>3</sup>/Ha. Cependant, 3 phases physiologiques correspondant à des besoins différents en eau sont à distinguer :

- ✓ **De la plantation à la 1<sup>ère</sup> floraison** : phase de croissance lente, les besoins en eau sont peu élevés.
- ✓ **De la floraison à la maturation** : phase de croissance rapide, les besoins en eau sont élevés.
- ✓ **En fin de récolte** : Lors de la phase de vieillissement les besoins en eau sont réduits.

MUNRO et SMALL (1998) rappellent que le stress causé par la carence en eau ou les longues périodes arides fait tomber bourgeons et fleurs et provoque le fendillement du fruit.

#### 6.4.6. Fertilisation

SHANKARA et *al.* (2005) estiment que les exportations moyennes pour un rendement de 8 à 10 kg/m<sup>2</sup> sont :

- azote 200 unités/ha
- phosphore 100 unités/ha
- potasse 300 unités/ha
- calcium 90 unités /ha
- magnésie 30 unités /ha

En outre, VALLADARES (2007) propose de rationner les engrais car leurs abus peuvent stimuler le développement des larves d'insectes. Le même auteur rajoute que, des apports de compost sont nécessaires à raison d'environ 30T/ha pour assurer ces besoins.

## **7. Cultures de tomate**

### **7.1. Culture en plein champ**

La culture en plein champ est le système de culture le plus répandu. Si l'irrigation est disponible, les plantations peuvent être faites en saison sèche. La mécanisation est souvent réduite à la préparation du sol (CIRAD et GRET, 2002).

### **7.2. Culture sous serre**

La culture sous serre est le système de culture qui vise à produire les tomates le long de l'année. Il permet de développer des productions hydroponiques, supprimant ainsi certaines contraintes liées au sol (CIRAD et GRET, 2002). La culture sous abri fournit aujourd'hui une part essentielle du marché de frais pour les légumes-fruits tels que la tomate (JEANNEQUIN et *al.*, 2005).

## **8. Intérêt de la culture de la tomate**

### **8.1. Alimentation humaine**

La tomate est un aliment diététique, très riche en eau (93 à 95%), en éléments minéraux et en oligo-élément (Tab.03). Parmi les minéraux de la tomate, le potassium domine largement, suivi par le chlore, le phosphore et le magnésium. Parmi les oligo-éléments, on peut noter des teneurs non négligeables en fer et en zinc, ainsi que des traces de cobalt, de nickel, de fluor, de bore et de sélénium. Les vitamines du groupe B sont assez abondantes et toutes représentées, y compris la vitamine B8 et l'acide folique (B9). Par contre ce fruit ne renferme que de faibles quantités de glucides (3%), de protéine (moins de 1%) et seulement des traces de lipides. De ce fait, elle est pauvre en calories (15Kcal pour 100g, soit 63 k Joules) (FAVIER et *al.*, 2003).

**Tableau 03** : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate crue (FAVIER et *al.*, 2003).

<b>Eau</b>		<b>93.8g</b>
<b>Éléments énergétiques</b>	Protides	0.8g
	Glucides	3.5g
	Lipides	0.3g
<b>Vitamines</b>	Provitamines A	0.6mg
	Vitamine B1	0.06mg
	Vitamine B2	0.05mg
	Vitamine B6	0.08mg
	Vitamine C	18mg
	Vitamine PP	0.6mg
<b>Minéraux</b>	Fer	0.4mg
	Calcium	9mg
	Magnésium	11mg
	Phosphore	24mg
	Potassium	226mg
	Sodium	5mg
<b>Fibres</b>		<b>1.2g</b>

## 8.2. Propriétés médicinales de la tomate

Dans les dernières décennies, la consommation de tomate a été associée à la prévention de plusieurs maladies comme le cancer ou les maladies cardiovasculaires, l'artériosclérose et la cécité (SHARONI et LEVI, 2006). Cet effet protecteur a été principalement attribué à ses précieux composants bioactifs avec propriétés antioxydants, comme les carotènes, l'acide ascorbique, tocophérol et les composés phénoliques (PERIAGO et *al.*, 2009).

Le lycopène, le plus puissant antioxydant caroténoïdien a montré d'autres effets bénéfiques sur la santé tels que l'induction de la communication entre les cellules, la modélisation des hormones du système immunitaire et d'autres voies métaboliques (BALASUNDRAM et *al.*, 2006). HEBER et LU (2002) attribuent au lycopène des effets hypocholestérolémiants et anti-inflammatoires. FRUSCIANTE et *al.* (2007) rajoutent qu'elle est pauvre en lipides donc dépourvue de cholestérol.

Par ailleurs, LIU et *al.* (2000) annoncent que selon des études épidémiologiques, le lycopène pourrait lutter contre l'apparition de certaines maladies dégénératives, ainsi que le cancer de la prostate.

HALL et *al.* (2008) rapportent que la consommation quotidienne d'au moins 400g de tomate pourrait réduire jusqu'à 31% de risques de cancer. BASU et IMRHAN (2006) conseillent sa consommation afin de prévaloir les bienfaits qui lui sont attribués.

Les teneurs en caroténoïdes en  $\mu\text{g}$  pour 100 g de tomate crue sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau 04 :** Teneurs en caroténoïdes ( $\mu\text{g}$  pour 100 g de tomate crue) (FAVIER et *al.*, 2003)

Composants	( $\mu\text{g}/100$ g de MF)
$\beta$ -carotène	449
-carotène	101
Lycopène	2573
Lutéine/zéaxanthine	123
Phytoène	1860
Phytofluène	820

## 9. Importance économique de la tomate

Deuxième légume maraicher exploité dans le monde entier, la production de tomate est répartie dans toutes les zones climatiques. DESMAS (2005) rajoute qu'elle peut être cultivée dans les zones les plus froides grâce aux cultures sous abris

## 9.1. Dans le monde

CHIRON (2012) estime qu'avec près de 130 millions de tonne et 170 pays concernés, la culture de tomate continue à se montrer des plus prospères. Les principaux pays producteurs de tomates sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 05** : Principaux producteurs de la tomate dans le monde (FAO, 2013)

	Pays	Surface cultivée (milliers d'hectares)	Rendement (tonnes par hectare)	Production (milliers de tonnes)	%
1	 Chine	980	51,58	50 552	30,7
2	 Inde	880	20,71	18 227	11,1
3	 États-Unis	150	83,84	12 598	7,7
4	 Turquie	311	38,01	11 820	7,2
5	 Égypte	213	40,07	8 534	5,2
6	 Iran	164	37,74	6 174	3,8
7	 Italie	95	51,76	4 932	3
8	 Brésil	63	66,80	4 188	2,5
9	 Espagne	45	81,32	3 684	2,2
10	 Mexique	87	37,66	3 283	2
11	 Russie	120	22,07	2 644	1,6
12	 Ouzbékistan	63	35,49	2 247	1,4
13	 Ukraine	85	24,16	2 051	1,2
14	 Portugal	18	96,78	1 742	1,1
15	 Nigeria	27	57,54	1 565	1
<b>Total monde</b>		<b>4 762</b>	<b>34,54</b>	<b>164 493</b>	<b>100 %</b>

La production mondiale est en constante hausse, elle est passée de 64 millions de tonnes en 1988 à 164493 millions de tonnes en 2013. La Chine est le principal producteur avec plus 30,7% de la production mondiale (50 552 millions de tonnes). Elle est suivie de l'Inde avec 11,1% (18 227 millions de tonnes) et les Etats Unis d'Amérique avec 7,7% et (12 598 millions de tonnes) (ANONYME, 2013).

## 9.2. En Algérie

En Algérie, la culture de tomate occupe une place prépondérante dans l'économie nationale. Sur une superficie globale de primeurs évaluée à plus de 292 000 ha, la tomate représente 51% de la production totale en produits maraîchers. En terme de consommation, l'Algérie est classée à la 16<sup>ième</sup> place au niveau mondiale avec 300,116 tonnes/an et un volume de 9,6 kg par habitant / an. Concernant la production globale de la tomate industrielle, elle a atteint 15,4 millions de quintaux en 2018, avec une hausse de 27% par rapport à la campagne précédente, tandis que la superficie plantée a augmenté à 23.702 hectares, en hausse de 17% par rapport à la campagne 2017 (MARD, 2018).

## 9.3. Dans la wilaya de Tizi-Ouzou

Dans la wilaya de Tizi-Ouzou, le tableau 06 montre que durant la période 2013-2016 la production de tomate est en nette progression avec une légère augmentation de la superficie durant l'année 2014-2015.

**Tableau 06** : Bilan de la campagne agricole 2013-2016 pour la wilaya de Tizi-Ouzou  
(DSA, 2017)

Années	Superficie (Ha)	Production (Qx)
2013-2014	15900	34976
2014-2015	17048	36466
2015-2016	15566	36950

## 10. Maladies et ravageurs de la tomate

Selon HUAT (2008), la prévention des maladies et des ravageurs est extrêmement importante pour la culture de la tomate. Les principaux facteurs limitant la production de la tomate en plein champ sont l'alimentation hydrique, minérale, les maladies et les ravageurs.

### 10.1. Principales maladies de la tomate

La culture de tomate peut être affectée par plusieurs maladies : maladie cryptogamiques, bactériennes, virales et physiologiques (Fig. 07).

#### 10.1.1. Maladies fongiques

##### 10.1.1.1. Mildiou

Le mildiou est causé par *Phytophthora infestans*. 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. Les fruits atteints sont bruns marbrés, irrégulièrement bosselés en surface (Fig. 07a) (BLANCARD et al., 2009).

##### 10.1.1.2. Alternariose

L'alternariose est une maladie causée par *Alternaria solani*, elle apparaît surtout en conditions de climat chaud et sec, mais elle est très accentuée en culture irriguée. Elle est favorisée par la sénescence des plants et des températures, variant entre 20 et 25°C. La rosée pendant la nuit conditionne l'infection et l'alternance des périodes humides et ensoleillées favorise la formation des conidies et la sporulation (Fig. 07b) (BOUHROUD, 2011).

##### 10.1.1.3. Moisissure grise ou Botrytis

La moisissure grise est causée par *Botrytis cinerea*, la pourriture grise est une maladie répandue dans les cultures de tomate sous abris. Les symptômes observables sur fleurs, fruits, tiges, et feuilles se traduisent généralement par un pourrissement des tissus infectés, suivi par l'apparition d'un feutrage gris due à une production importante de spores. *Botrytis cinerea* peut entraîner des pertes de rendements importantes, en affaiblissant les plantes et en les détruisant (Fig. 07 c et d) (WILLIAMSON et al., 2007 ; ANONYME 2, 2013).

#### 10.1.1.4. Oïdium

L'oïdium est causé par *Oïdium neolycopersici* qui provoque des taches sur feuilles assez caractéristique des oïdiums. Celle-ci sont poudreuses et blanches et 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 être affectés (Fig. 07e) (BLANCARD et al., 2009).

#### 10.1.1.5. Anthracnose

L'anthracnose est causée par *Colletotrichum cocodes*. Les symptômes se manifestent sur les fruits mûrs ou arrivant à maturation sous forme de petite tâches rondes creusées dans la peau. Lorsque ces tâches s'étendent, leur centre prend une couleur sombre ou développe des anneaux concentriques mouchetés produisant des spores (Fig. 07f) (RUOCCO et al., 2011).

#### 10.1.1.6. Fusariose

La fusariose est provoquée par *Fusarium oxysporum*. Ce dernier ne s'attaque qu'à certains cultivars. Les plantes infectées 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 (Fig. 07g) (MESSIAEN et al., 1991).

### 10.1.2. Maladies bactériennes

#### 10.1.2.1. Chancre bactérien

Le chancre bactérien est causé par le *Clavibacter michiganensis*. C'est une maladie importante et répandue, causant des pertes économiques graves dans les cultures de tomates dans le monde, qu'elles soient sous serre ou en plein champ (Fig. 07h et i) (GARTEMANN et al., 2003).

#### 10.1.2.2. Moucheture bactérienne

La bactérie responsable de la moucheture bactérienne est *Pseudomonas syringae*. Il ya apparition des taches noires de contours irréguliers, entourées d'un halo jaune. Les taches peuvent se joindre et former une plage nécrotique brune-sombre, ainsi les folioles se

dessèchent et tombent et sur le fruit sont observés des taches brunes nécrotiques (Fig . 07j) (ALLAL, 2009).

### **10.1.2.3.Galle bactérienne**

La bactérie responsable de la galle est *Xanthomonas campestris* (BOOSE-PLATRIERE, 2008). Il y a apparition de taches brunâtres relativement régulières entourées d'un halo jaune sur les feuilles et de petits chancres pustuleux, qui prennent un aspect liégeux sur le fruit (Fig. 07k) (ALLAL, 2009).

### **10.1.2.4.Moelle noire**

Lorsque la plante est atteinte de la moelle noire, la tige est molle colorée en brun (SNOUSSI, 2010), une coupe longitudinale de la tige montre une moelle noire remplie de vacuoles, les vaisseaux demeurent intacts, contrairement à ce qui se passe dans le cas d'une maladie vasculaire (Fig. 07l) (ALLAL, 2009).

## **10.1.3. Maladies virales**

### **10.1.3.1.CMV**

Le CMV (Cucumber Mosaic Virus) est un virus transmis par les pucerons, il est présent dans le monde entier. Il peut être à l'origine de trois principaux types de symptômes : des marbrures, mosaïque sur les jeunes folioles, déformation des folioles qui prennent l'aspect d'une feuille de fougère ou celui d'un lacet de chaussure, car très filiforme. L'altération nécrotique commence sur les folioles, s'étend à la tige et à l'apex de la plante (BLANCARD et *al.*, 2009).

### **10.1.3.2.ToCV (Tomato Chlorosis Virus)**

Le ToCV est transmis par plusieurs espèces d'aleurodes selon le mode de semi persistant, on peut observer des marbrures chlorotiques irrégulières, un jaunissement et une nécrose de limbe. Des déformations foliaires sont également visibles, notamment un enroulement du limbe. Les plantes affectées précocement sont peu vigoureuses, la production en fruit peut être fortement réduite (BLANCARD et *al.*, 2009).

### 10.1.3.3.ToMV (Tomato Mosaic Virus)

Le ToMV cause de graves maladies dans la culture de la tomate. Les symptômes comprennent des feuilles tachetées vert-jaunes, 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 (NAIKA et *al.*, 2005).

### 10.1.3.4.TSWV (Tomato Spotted Wilt Virus)

Lors de l'attaque par le TSWV, il est à observer des mouchetures en mosaïques avec une décoloration des feuilles. Sur les tiges et pétioles, il y'a apparition des tâches nécrotiques, par contre sur les fleurs on observe un nanisme, une déformation et une décoloration. La maladie peut entraîner un rabougrissement du plant (ANONYME 2, 2013)

### 10.1.3.5.TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus)

TYLCV est aussi appelé maladie des feuilles jaunes en cuillère de la tomate, il est transmis par la mouche blanche *Bemisia tabaci*. NAIKA et *al.* (2005) décrivent les symptômes caractéristiques qui apparaissent quinze jours à trois semaines après inoculation du virus. La croissance des plants atteints 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. Toute une récolte peut être détruite si les plants sont contaminés en pépinière.

## 10.1.4. Désordres physiologiques

### 10.1.4.1.Blotchy ripening

Lors du Blotchy ripening, des zones vertes à jaunes plus ou moins étendues, apparaissent sur les fruits à maturité (Fig. 07 m), de consistance ferme et qui sont impropres à la commercialisation. Autrement dit, la maturation partielle des fruits en taches (blotchy ripening) survient plutôt dans la zone pédonculaire. Une coupe transversale dans les fruits permet de confirmer leur maturation partielle, le brunissement de certains vaisseaux du péricarpe dans les zones encore vertes (brunissement interne) est observé (ANONYME 2, 2016).

### 10.1.4.2.Eclatement, fentes de croissance, fendillements

Au cours du grossissement du fruit, des gerçures sont observées au niveau du collet qui peuvent évoluer si les conditions deviennent favorables, en éclatement circulaire ou radial (ANONYME, 1999).

#### **10.1.4.3. Tomate creuse**

La tomate est dite creuse lorsque le fruit prend une forme triangulaire ou cordiforme. Une coupe transversale révèle la présence de loges vides, présentant peu de graines, la chair est moins épaisse. La bouffissure risque d'apparaître surtout à des températures supérieures à 35°C ou inférieures à 13°C, liée à une mauvaise pollinisation et peut être causée aussi, par un apport nutritionnel inadéquat, des fluctuations extrêmes dans l'humidité du sol ainsi que des facteurs génétiques (Fig. 07 n) (ANONYME 2, 2015).

#### **10.1.4.4. Nécrose apicale**

La nécrose apicale (ou Blossom end Rot) est associée à 99% à des fluctuations dans l'apport d'eau à la plante, sinon à une carence calcique et une charge fructifère importante. Une zone aqueuse, de petite taille, ou d'un brun pâle apparaît à l'extrémité apicale du fruit lorsque ce dernier est encore vert ou qu'il est entrain de mûrir. La lésion grossit rapidement devient ocre et prend une texture parcheminée. Des champignons secondaires peuvent coloniser les tissus abîmés (Fig. 07 o) (ANONYME 2, 2015).

#### **10.1.4.5. Coulure**

Pendant la coulure, les fleurs des plants de tomates se fanent et virent au brun, où la tige florale et le calice jaunissent et la fleur tombe. Les petits fruits peuvent également tomber du plant. La coulure ou chute des fleurs peut être causée par divers types de stress, comme des températures supérieures à 32°C ou inférieures à 10°C, une humidité relative élevée, des vents violents, une carence nutritionnelle, la maladie ou des dommages attribuables aux insectes (ANONYME 2, 2013).

#### **10.1.4.6. Insolation**

L'insolation peut affecter les feuilles, les tiges et les fruits. Un fruit qui est soudainement exposé au soleil, à la suite d'une défoliation du plant, surtout par temps chaud et humide peut présenter des signes d'insolation. Les tissus atteints sont affaissés et sont d'un brun pâle à blanc. Les fruits peuvent être envahis par des organismes secondaires qui risquent de les faire

pourrir. En début de saison, les jeunes pousses et les tiges peuvent aussi être endommagées (Fig. 07 p) (ANONYME 2, 2015).



**Figure 07** : Différentes maladies de la tomate (BLANCARD et *al.*, 2009)

a : Mildiou	f : Anthracnose	k: Galle bactérienne	p: Insolation
b : Alternariose	g : Fusariose	l: moelle noire	
c : Botrytis sur fruit	h : Chancre bactérien sur feuille	m: Blotchy ripening	
d : Botrytis sur tige	i : Chancre bactérien sur fruit	n: Tomato creuse	
e : Oïdium	j: Moucheture bactérienne	o: necrose apicale	

## 10.2. Les principaux ravageurs de la culture de la tomate

### 10.2.1. Nématodes

Les nématodes des racines noueuses présentent un problème important. Ils provoquent des galles sur les racines des plantes, on peut citer *Meloïdogyne icognita*, *Meloïdogyne arenaria*

et *Meloïdogyne javanica*. Les plantes atteintes restent petites de taille et sont sensibles aux maladies fongiques et bactériennes transmises par le sol (NAIKA et *al.*, 2005).

### **10.2.2 Escargots et limaces**

Les limaces et les escargots causent d'importants dégâts dans les jardins et les pépinières, notamment sur les plantules et sur diverses plantes herbacées. Se nourrissant de nuit, ils s'attaquent aux plantules, aux jeunes pousses, au feuillage et aux fleurs (ALFORD, 2013).

### **10.2.3. Insectes**

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 grand nombre, mais les virus qu'ils peuvent transmettre provoquent des dommages bien plus importants (NAIKA et *al.*, 2005).

#### **10.2.3.1. Thrips**

L'attaque par des thrips induit des observations de plages de cellules mortes comme des tâches claires formées de petits points blancs nacrés brunissant peu à peu. Sur les jeunes pousses, la salive toxique induit un raccourcissement des entre-nœuds. Les thrips se nourrissent de grains de pollen, détruisent les étamines et entraînent les couleurs de fleurs (SNOUSSI, 2010). Ils sont également vecteurs de la maladie bronzée de la tomate (TSWV) (NAIKA et *al.*, 2005).

#### **10.2.3.2. Pucerons**

Les pucerons provoquent l'enroulement des feuilles, crispation des jeunes folioles avec arrêt de croissance et production de miellat se couvrant de fumagine (SNOUSSI, 2010).

#### **10.2.3.3. Mouche blanche**

D'après SUTY (2010), la mouche blanche fait de gros dégâts dans les cultures de tomate sous serres. Ces insectes agissent par prélèvement de sève et par émission de miellat. Ils peuvent provoquer la fumagine qui est une maladie cryptogamique caractérisée par l'apparition d'une couche noirâtre sur les feuilles, pouvant réduire considérablement la photosynthèse et aboutir à l'asphyxie des plantes.

**10.2.3.4. Noctuelles**

Les noctuelles provoquent la perforation des folioles, trous et cavités sur fruits provoquant la maturation prématurée. L'espèce la plus fréquente est *Heliothes armigera* (SNOUSSI, 2010).

**10.2.3.5. Mineuse**

La mineuse attaque les feuilles et les fruits de la tomate, ainsi que d'autres Solanacée. La lutte contre ce nouveau ravageur passe, outre les mesures de prophylaxie, par des pièges à phéromones et l'emploi d'auxiliaires parasitoïdes, des œufs et des larves. La mineuse de la tomate provoque des galeries sinueuses entre les épidermes. En cas de forte attaque, il y'a un dessèchement total du feuillage (SNOUSSI, 2010). La mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* fera objet de l'étude bibliographique au deuxième chapitre.

---

# **Chapitre II**

**Synthèse bibliographique sur  
la mineuse de la tomate *Tuta  
absoluta***

---

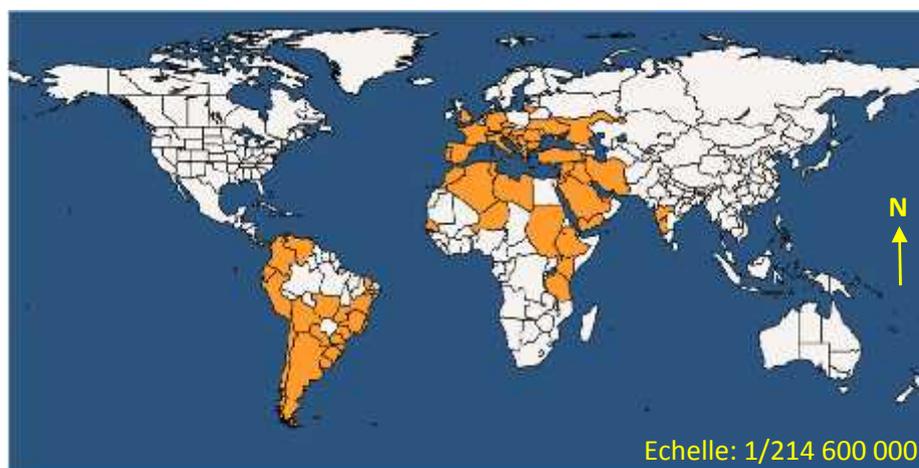
## 1. Introduction

La mineuse de la tomate, *Tuta absoluta*, est un insecte ravageur récemment introduit dans les pays méditerranéens y compris l'Algérie. Ce papillon a un potentiel de reproduction élevé. Son hôte principal est la tomate (*Lycopersicon esculentum*). Les plants de tomates peuvent être contaminés de l'état de semence à celui de plante mature. Ce microlépidoptère s'attaque principalement aux feuilles et aux fruits de sa plante hôte. Ce ravageur est particulièrement dangereux dans les champs ou dans les serres sévèrement infestées, il peut générer jusqu'à 100% de pertes de rendement de tomates cultivées (URBANEJA et al., 2007).

## 2. Origine et évolution de la distribution de la mineuse de la tomate

### 2.1. Dans le monde

FRAVAL (2009) affirme que la mineuse de la tomate est originaire de l'Amérique du Sud. Cette espèce est déclarée pour la première fois au Japon en 1962. Deux ans après en Argentine, puis ce papillon s'est propagé vers d'autres pays de l'Amérique latine (Bolivie, Brésil, Chili, Colombie, Equateur, Uruguay et Venezuela). RAMEL (2010) rappelle que l'insecte est signalé en Europe en 2006, dans la province de Castellan (Espagne). En 2007, plusieurs foyers sont repérés le long de la côte méditerranéenne dans la province de Valence et aux Baléares. En 2008, des dégâts dus à ce ravageur sont signalés au Sud de la France (Corse, région d'Ajaccio, de Bastia, Var et Bouches-du-Rhône) et en Italie, au Maroc (dans trois régions distantes), en Algérie et en Tunisie. En 2009, il est trouvé en Grande-Bretagne, Pays-Bas, Albanie, Suisse, Portugal, Malte et au Nord de la France, puis en 2010 dans la Province d'Izmir en Turquie (RAMEL, 2010) et au Soudan (MOHAMED, 2012) (fig.8). Il est signalé en Inde en 2014 (SANKARGANESH, 2017) et en 2018 à Haïti (VERHEGGEN et FONTUS, 2019).

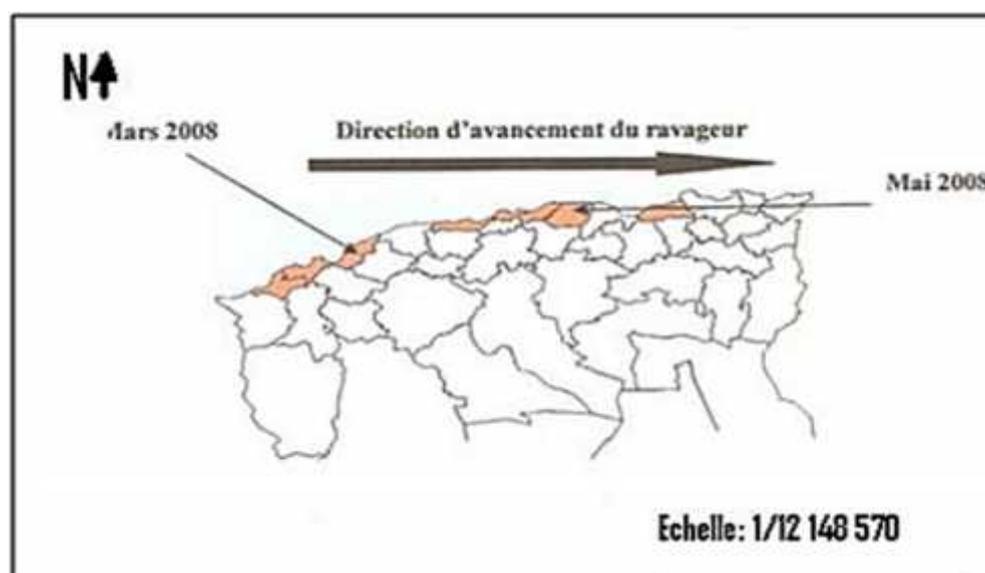


**Figure 08** : Distribution de *Tuta absoluta* dans le monde (ANONYME, 2015)

## 2.2. En Algérie

En Algérie, la mineuse de la tomate est signalée au printemps 2008, les premiers foyers sont observés dans les serres de tomate de la commune de Mazagran tout près de Mostaganem et rapidement étendus, aux communes mitoyennes (Fig.09) (GUENAOUI, 2008).

En 2009, seize wilayas productrices de la tomate sont touchées par ce ravageur (Mostaganem, Chlef, El Taref, Oran, Ain Defla, Boumerdès, Alger, Bouira, Tizi-Ouzou, Bejaia, Jijel, Skikda, Mila, Tlemcen, M'Sila et Biskra). Ce ravageur est présent dans toutes les wilayates productrices de tomate (SNOUSSI, 2010).



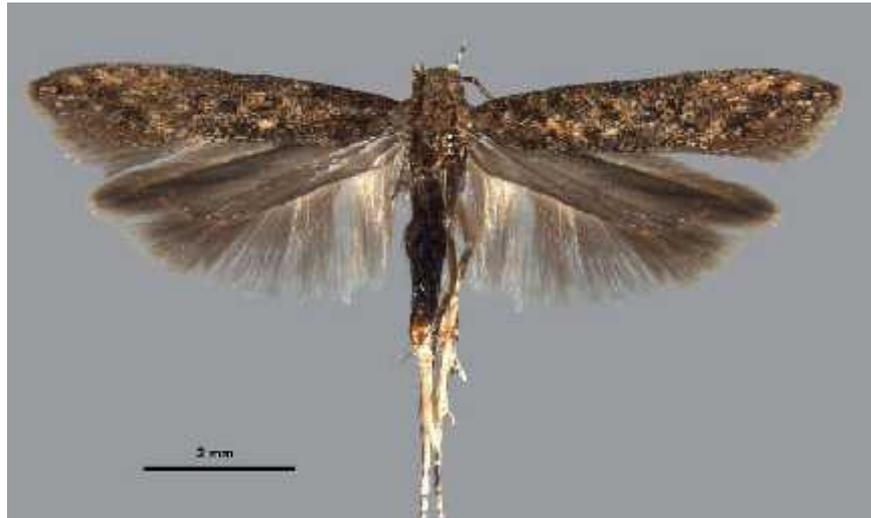
**Figure 09 :** Direction d'avancement de *T. absoluta* en Algérie (GUENAOUI, 2008)

## 3. Classification de la mineuse de la tomate

La mineuse de la tomate *T. absoluta* est un représentant de la famille des Gelechiidae, c'est un microlépidoptère néotropical qui se nourrit aux dépens des Solanacées (DOUMANDJI et al., 2010 ; RAVIDAT, 2010).

Cette nouvelle invasive a pour synonymes : *Phtomiraea absoluta* (Meyrick, 1917) ; *Gnorimoschema absoluta* (Clarke, 1962) ; *Scrobipalpula absoluta* (Povolny, 1975). Le nom scientifique *Tuta absoluta* fut donné par Povolny en 1994 (KILIÇ, 2010).

D'après POVOLNY (1994), *T. absoluta* est un Gelechiidae. Cette famille est caractérisée par une petite taille, comprise entre 5 et 20 mm. Les ailes postérieures sont étroites et frangées (Fig. 10).



**Figure 10 :** Gelechiidae type (POVOLNY, 1994).

### 3.1. Position systématique

POLOVNY (1994) rappelle la classification de la mineuse de la tomate comme suit :

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Ordre	Lepidoptera
Sous-ordre	Microlepidoptera
Super-famille	Gelechioidea
Famille	Gelechiidae
Sous-famille	Gelechiinae
Genre	<i>Tuta</i>
Espèce	<i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917)

### 4. Cycle biologique de la mineuse de la tomate

Le cycle biologique de la mineuse de la tomate commence par la ponte des œufs par les femelles et fini par l'émergence des imagos (Fig.15)

#### 4.1. Œuf

Les œufs sont de petite taille 0,36mm de long et 0,22mm de large, de forme cylindrique et de couleur crème à jaunâtre (Fig. 11) (GUENAOUI et GHELAMALLAH, 2008).



**Figure 11** : Œufs de *T. absoluta* grossissement 10 X 20 (ORIGINALE, 2015).

#### 4.2. Larves

MOLLA et al. (2008) rappellent que l'insecte se caractérise par quatre stades larvaires bien différenciés en tailles et couleurs. ARNO et GABARRA (2011) rajoutent que les jeunes larves sont de couleur crème avec une tête de couleur foncée (Fig.12). Lorsqu'elles se développent, les larves deviennent vertes. LEBDI-GRISSA et al. (2010) rapportent que les larves de dernier stade sont caractérisées par une couleur rose. Leur longueur peut atteindre 07mm.



**Figure 12** : Différents stades larvaires de *T. absoluta* GX8 (ORIGINALE, 2015).

### 4.3. Chrysalide

La chrysalide, de couleur brune, mesure de 4 à 5 mm de long (Fig. 13). Les chrysalides mâles sont plus légères ( $3,04 \pm 0,49$  mg) et plus petites (longueur  $4,27 \pm 0,24$  mm et la largeur  $1,23 \pm 0,08$  mm) que chez les chrysalides femelles ( $4,67 \pm 0,23$  mg ;  $4,67 \pm 0,23$  mm de long et  $1,37 \pm 0,07$  mm de large) (FERNANDEZ et MONTAGNE, 1990). ARNO et GABARRA (2011) attestent que le stade de pupe dure de 08 à 20 jours selon les températures.



**Figure 13 :** Chrysalide de *T. absoluta* GX8 (ORIGINALE, 2015).

### 4.4. Adulte

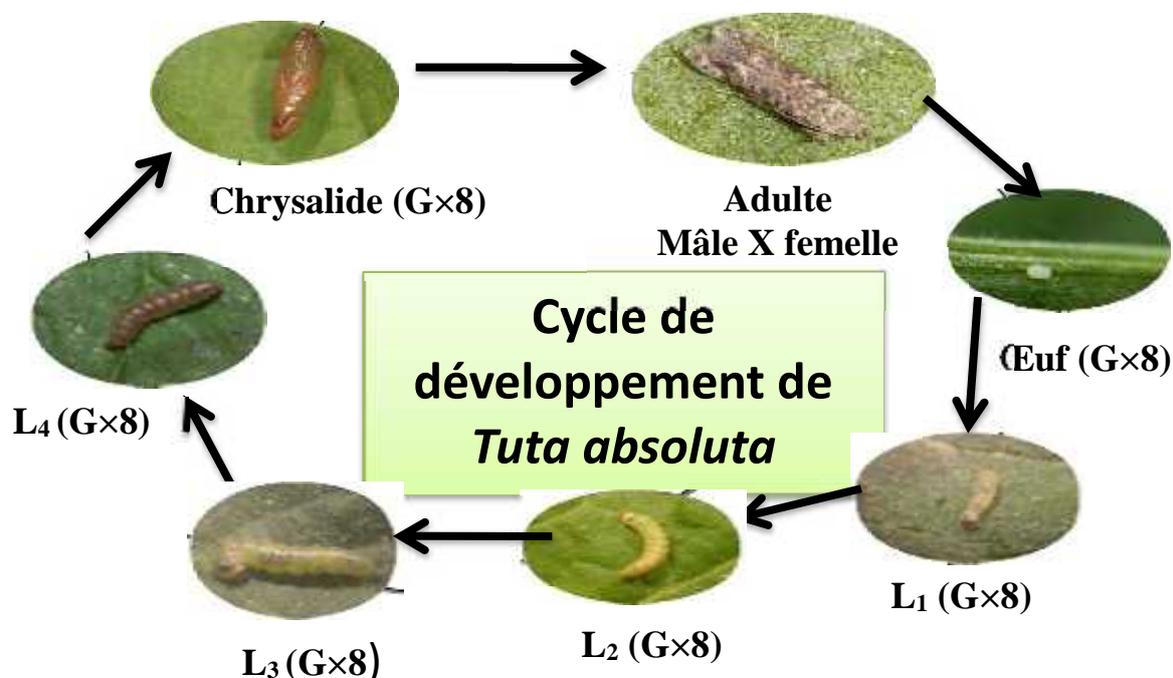
L'adulte est un microlépidoptère de 6 à 7 mm de long et de 8 à 10 mm d'envergure. De couleur gris argenté avec des taches brunes à noires sur les ailes. Les antennes sont filiformes faisant le 5/6 des ailes (Fig. 23).



**Figure 14 :** Adulte de *T. absoluta* (ANONYME 1, 2008).

L'identification est certaine par l'observation, après dissection et préparation microscopique du génitalia (ANONYME 1, 2008).

ESTAY et BRUNA (2002) estiment la longévité de la femelle de 10 à 15 jours celle du mâle de 6 à 10 jours.



**Figure 15** : Cycle de développement de *T. absoluta* (ORIGINALE, 2015)

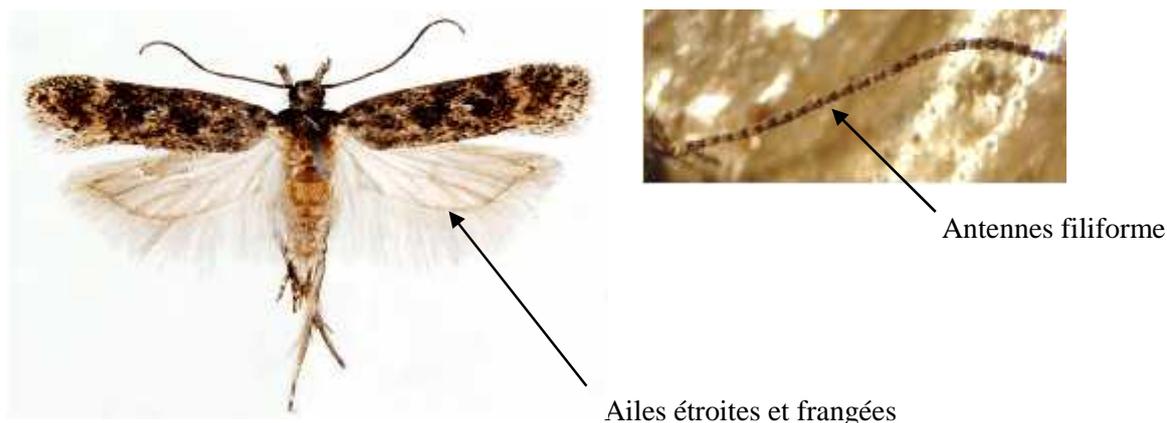
## 5. Caractères d'identification de *Tuta absoluta*

Pour reconnaître *T. absoluta*, plusieurs éléments de détermination existent et qui sont :

### 5.1. Ailes de *T. absoluta* (Fig. 16)

Les adultes de *T. absoluta* possèdent des ailes postérieures trapézoïdales à apex pointu, alors que les nervations alaires sont identiques à la famille des Gelechiidae (BADAoui, 2004). La partie ventrale de l'adulte de la mineuse est de couleur grise argentée avec des taches noires sur les ailes antérieures (TRAN, 1977).

L'adulte de *T. absoluta* possède des antennes filiformes (comme des perles d'antennes) de couleur grise avec des taches noires (RAMEL, 2010).



**Figure 16 :** Ailes et Antennes de *T. absoluta* (EPPO, 2014).

### 5.2. Tête larvaire de *T. absoluta* (Fig. 17)

Les larves de *T. absoluta* se caractérisent par une tête foncée (EPPO, 2014).



**Figure 17 :** Tête larvaire de *Tuta absoluta* Gx10 (EPPO, 2014).

### 5.3. Appareil génital

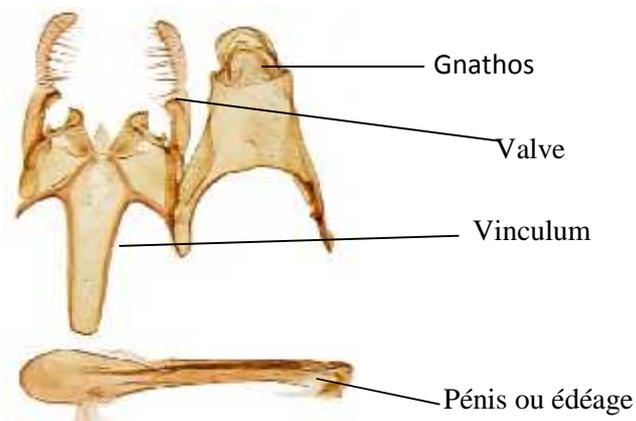
*T. absoluta*, dont l'étude du genitalia est confirmée par les travaux de BADAOUÏ et BERKANI (2011), est un insecte avec de grandes potentialités de reproduction, lorsque la nourriture est disponible.

#### 5.3.1. Genitalia mâle (Fig.18)

D'après BADAOUÏ et BERKANI (2011), l'appareil reproducteur des mâles est constitué de plusieurs pièces. Ce qui les différencie des autres lépidoptères dont la morphologie est similaire

telle que la teigne de la pomme de terre qui porte particulièrement sur les valves, le gnathos, le vinculum et le pénis.

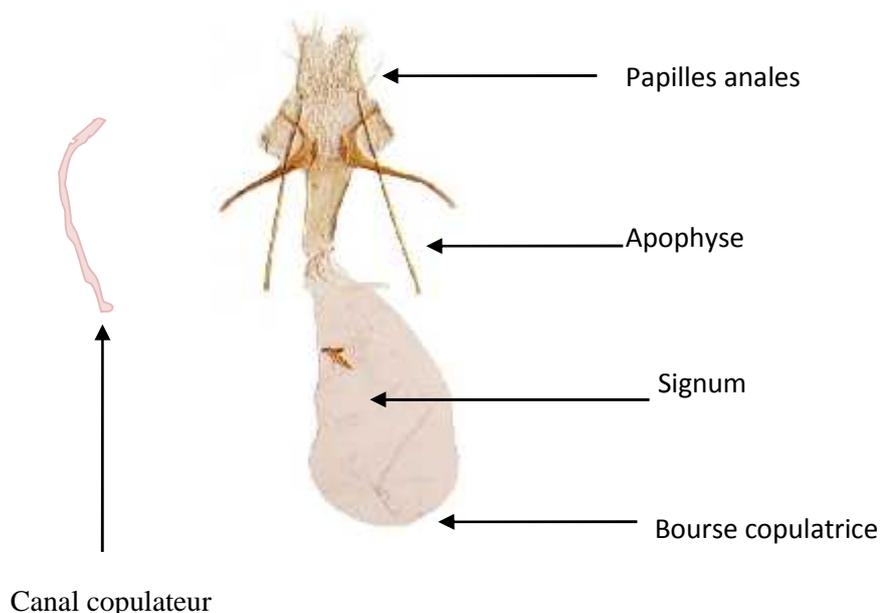
Le genitalia mâle de la mineuse de la tomate est composé de deux valves aplaties, légèrement courbées avec une entaille dans leurs parties internes. Les parties centrales présentent une forte expansion en forme de dent. Entre les deux valves on observe le gnathos. Pour la mineuse de la tomate, il est de forme arrondie à l'extrémité, très poilu à l'intérieur et il se place exactement à la même hauteur que les valves. La partie basale du genitalia mâle est composée du vinculum qui est plus long que large. Le pénis est le seul organe détachable du genitalia ; au repos il traverse le vinculum, la transtila et arrive jusqu'au gnathos. L'édéage de la mineuse de la tomate est épais et est muni d'un organe crochu à son extrémité.



**Figure 18 :** Genitalia mâle de *Tuta absoluta* (BADAOUÏ et BERKANI, 2011).

### 5.3.2. Genitalia femelle (Fig. 19)

Le canal copulateur de la mineuse de la tomate est indépendant de la bourse copulatrice qui a la forme d'un entonnoir conique dans ses deux tiers (BADAOUÏ et BERKANI, 2011).



**Figure 19** : Génitalia femelle de *T. absoluta* (BADAOUI et BERKANI, 2011)

## 6. Reproduction de *T. absoluta*

Chaque femelle peut émettre entre 40 et 200 œufs au cours de sa vie. Son cycle de développement se présente en quatre stades larvaires et un état nymphal qui se fait généralement dans le sol. Le cycle biologique est achevé en 29 à 38 jours. Selon les conditions environnementales (SILVA, 2008). Le développement prend 76,3 jours à 14°C, 39,8 jours à 19,7°C et 23,8 jours à 27,1°C (BARRIENTOS et *al.*, 1998) (Tab.7).

*T. absoluta* est une espèce polyvoltine qui peut développer de 10 à 12 générations par an (SILVA, 2008 ; MAHDI et *al.*, 2011). Les corrélations entre les différents stades de développement de l'insecte et de la température sont citées dans le tableau ci-dessous

**Tableau 07** : Corrélation entre les différents stades de développement de l'insecte et de la température (BARRIENTOS et *al.*, 1998).

Stades	Durées de développement à 14°C/ jour	Durées de développement à 20°C/ jour	Durées de développement à 27°C/ jour
Œufs	14,1	7,2	5,13
Larves	38,1	19,8	12,2
Chrysalides	24,2	12,1	6,5
<b>Total Œuf-Adultes</b>	<b>76,4</b>	<b>39,7</b>	<b>23,8</b>

## 7. Les plantes hôtes

PEREYRA et SANCHEZ (2006) rappellent que la principale plante-hôte de *T. absoluta* est la tomate *L. esculentum*. Par ailleurs, ce ravageur peut aussi attaquer la pomme de terre *Solanum tuberosum* (NOTZ, 1992), l'aubergine *Solanum melongena* (GALARZA, 1984) et sur plusieurs adventices de la même famille comme la morelle noire *Solan nigrum* et la stramoine *Datura stramonium* (MALLAE et al., 1972).

## 8. Dégâts

RAMEL et OUDARD (2008) annoncent que sur la tomate, après un premier stade baladeur, la larve peut pénétrer dans tous les organes, quel que soit le stade de développement de la plante (Fig. 20 et 21) :

- Sur feuille, l'attaque se caractérise par la présence de plages décolorées nettement visibles.

Les larves dévorent seulement le parenchyme en laissant l'épiderme de la feuille. Par la suite, les folioles attaquées se nécrosent entièrement.

- Sur tige ou pédoncule, la nutrition et l'activité de la larve perturbent le développement des plantes.

- Sur fruits, les tomates présentent des nécroses sur le calice et des trous de sortie à la surface.

Les fruits sont susceptibles d'être attaqués dès leur formation jusqu'à la maturité. Une larve peut provoquer des dégâts sur plusieurs fruits d'un même bouquet.



**Figure 20** : Dégâts de *T. absoluta* sur feuilles de la tomate (ORIGINALE, 2015)



**Figure 21** : Dégâts de *T. absoluta* sur fruits de tomate (ORIGINALE, 2015)

## 9. Dissémination

Selon VAN DEVENTER (2013), *T. absoluta* est originaire de l'Amérique du Sud est probablement arrivée pour la première fois avec des fruits en Espagne et au Maroc. Selon HMIMINA (2009), l'insecte semble aussi être arrivé en 2009 aux Pays-Bas. FERA (2009) atteste sa présence la première fois en Grande-Bretagne dans une exploitation agricole d'Essex.

## 10. Hivernation

La mineuse de la tomate hiverne sous forme d'œuf, de larve ou de chrysalide, et son développement redémarre dès que les conditions sont plus favorables. Sa température minimale d'activation est de 9°C, mais elle supporte aussi des températures plus basses. Les expériences actuelles montrent qu'elle ne peut quasiment pas survivre à un hiver passé dans des tunnels plastiques non chauffés. Elles survivent par contre bien sur les plantes, les restes de plantes ou les fruits dans les serres gardées hors gel et parfois dans celles qui sont tempérées, par exemple dans les unités de production de plants maraîchers (FRAVEL, 2008).

## 11. Lutte utilisées contre la mineuse de la tomate

La protection devra intégrer tous les moyens permettant un contrôle de cet insecte et une protection de la culture qui respectera aussi bien l'agriculteur, le consommateur et l'environnement par l'emploi raisonné et complémentaire des mesures culturales, prophylactiques, biologiques et phytopharmaceutiques (ANONYME, 2009 in CHENOUF, 2011). CORBAZ (1990), rajoute que la gestion intégrée du ravageur consiste dans l'emploi combiné et raisonné de toutes les méthodes pouvant induire une action régulatrice de la mineuse de la tomate, elle permettrait de maintenir la population au seuil de nuisibilité.

### 11.1. Mesures prophylactiques

FREY *et al.* (2014) proposent des mesures prophylactiques préventives suivantes :

- Brûler des plants suspects et organes atteints ;
- Rotation avec des cultures non hôtes (laitues) ;
- Intervention pendant l'inter-culture (solarisation) ;
- Travail du sol ;

- Désherbage de l'intérieur et les alentours des serres, les parcelles de plein champ pour supprimer les plantes refuges ;
- Plantation des plants sains ;
- Sous serre, désinfection du sol entre deux plantations pour supprimer les pupes
- Protection des ouvertures des serres avec des filets insect-proof qui empêchent l'entrée des Insectes (maille minimale : 9\*6 fils/cm<sup>2</sup>). L'aménagement d'un système de double portes pour que les serres soient bien isolées est important.

### 11.2. Traitements phytosanitaires

Pour lutter contre ce ravageur, les cultivateurs de la tomate disposent de plusieurs solutions, dont, en dernier recours, des insecticides visant les chenilles cheminant hors de leurs mines. LACORDERE et FEUVRIER (2010) attestent que la lutte contre ce ravageur est difficile en raison du comportement alimentaire des chenilles qui les protège des applications phytosanitaires et des cas de résistance à certains insecticides. FRAVAL (2009) confirme que les populations de *T. absoluta* sont déjà résistantes à la plupart des insecticides à large spectre, un héritage de leur vie sud-américaine.

Les matières actives utilisables pour lutter contre ce ravageur sont : Abamectine, Cyromazine et Pipéronylbutoxyde 120 g/l+ Pyrethrines 24 g/l (ANONYME<sup>1</sup>, 2011).

### 11.3. Lutte biologique

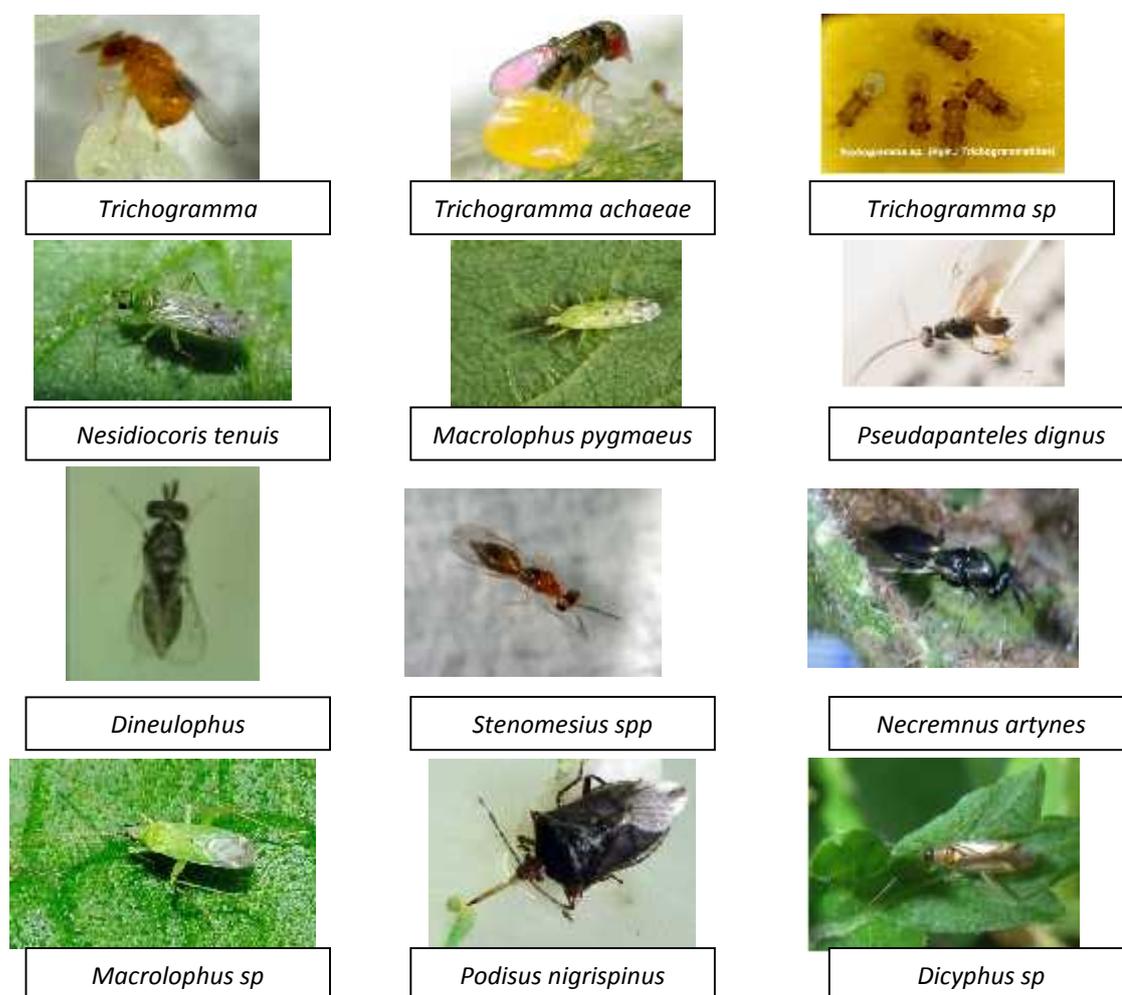
MARCHIORI et *al.* (2004) proposent d'introduire dans le milieu où se développe *T. absoluta* ses ennemis naturels (Fig.22). MEIDEROS et *al.* (2008) rajoutent que cette méthode de lutte biologique et non polluante permettrait de réguler les attaques du ravageur sans engendrer des effets néfastes pour la santé humaine ni l'environnement. Les auxiliaires autochtones présentent un grand intérêt dans la lutte contre *T. absoluta*. Citons les 3 punaises prédatrices que l'on peut favoriser en laissant aux abords des parcelles cultivées l'Inule visqueuse par exemple : *Macrolophus sp.* (Si la température est comprise entre 15 et 28°C), *Nesidiocoris sp.* et *Dicyphus sp.*

D'après les essais réalisés en Egypte sur les populations de *T. absoluta*, l'efficacité des trichogrammes est prouvée par les travaux d'EL ARNOUTY et *al.* (2014).

Au Maroc, des lâchers de la punaise miride *Nesidiocoris tenuis* sont utilisés dans le programme de contrôle de *T. absoluta* (ELIANI et al., 2011). En Tunisie ETTAIBI et al. (2016) attestent la diminution de la densité des œufs de *T. absoluta* en présence de *N. tenuis*. Plus récemment, SYLLA (2018) atteste que *N. tenuis* (Hemiptera : Miridae) est considéré comme agent de lutte et de contrôle des populations de *T. absoluta*

Par ailleurs, GHONEIM (2004) rapporte que certains hémiptères tels que *Retisympiesis phtorimaea* est considéré comme un ectoparasite des deux derniers stades de *T. absoluta*.

OLIVIERA et al. (2007) supposent que les acariens sont considérés comme stratégie de contrôle contre les larves et adultes de ce ravageur.



**Figure 22 :** Différents ennemis naturels de *Tuta absoluta* (RISSO et al., 2011)

### 11.4. Lutte biotechnique

La lutte biotechnique se base sur le piégeage massif des adultes mâles de *T. absoluta* à l'aide des pièges à phéromones sexuelles (Fig. 23a) (COLLAVINO et GIMENEZ, 2008), à glue (Fig., 23b), à eau et des pièges lumineux (IDRENMOUCHE, 2011). Un entretien régulier est indispensable (changement des capsules de phéromones, nettoyage du piège, remplacement du liquide). Les pièges sont idéalement repartis de manière homogène au niveau bas des plantes avec un piège/400 m<sup>2</sup> (BODENDÖRFER *et al.*, 2011).



**Figure 23** : Différents types de pièges (ORIGINALE, 2015)  
a : piège à eau avec phéromones ; b : plaque adhésive jaune.

### 11.5. Lutte variétale

Parmi les alternatives de la lutte chimique, l'utilisation de variétés résistantes est une suggestion testée ayant eu des résultats satisfaisants (LEITE, 2003). Cet auteur ayant testé cet aspect sur des variétés ayant une faible quantité allélochimique. Il s'est avéré que ces dernières sont moins infestées par le microlépidoptère.

## 12. Ressemblances des insectes

La mineuse de la tomate se confond avec trois types d'espèces qui causent des dégâts considérables sur les solanacées, notamment sur la culture tomate.

### 12.1. Teigne guatémaltèque de la pomme de terre

*Tecia solanivora* ou *Scrobipalposis solanivora* est un insecte qui appartient à la même famille que celle de la mineuse de la tomate, dont les chenilles sont des ravageurs des tubercules de pomme de terre. Elles creusent des galeries superficielles et profondes rendant de ce fait les tubercules inconsommables (Fig. 24) (MERIGUET et ZAGATTI, 2001).

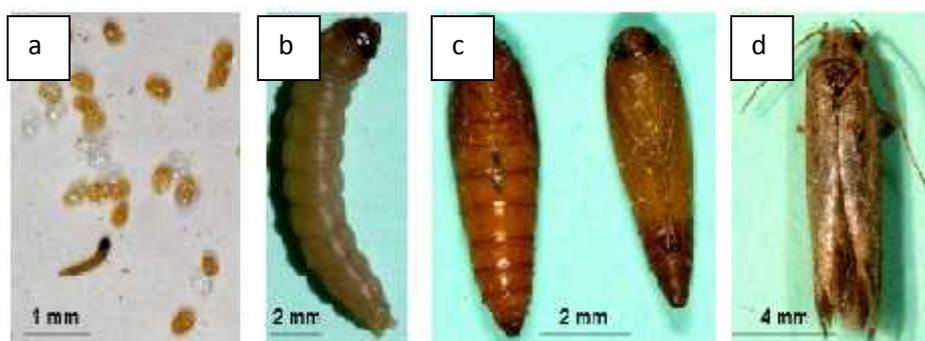


**Figure 24 :** Teigne du Guatemala *Tectia solanivora* (ESPINEL-CORREAL, 2010)

a : Œufs ; b : Larve (stade 4) et Chrysalide ; c : Adulte ; d : Dégâts produits par les larves sur la pomme de terre

### 12.2. Teigne de la pomme de terre (*Phthorimea operculella*) (Fig. 25)

Les adultes de la teigne de la pomme de terre et de la mineuse de la tomate, par leur ressemblance puissent prêter à confusion, la comparaison des génitalia de ces deux insectes montre clairement qu'il s'agit bien de deux espèces différentes (BADAoui, 2004 ; LAMARA MAHAMED, 2015).

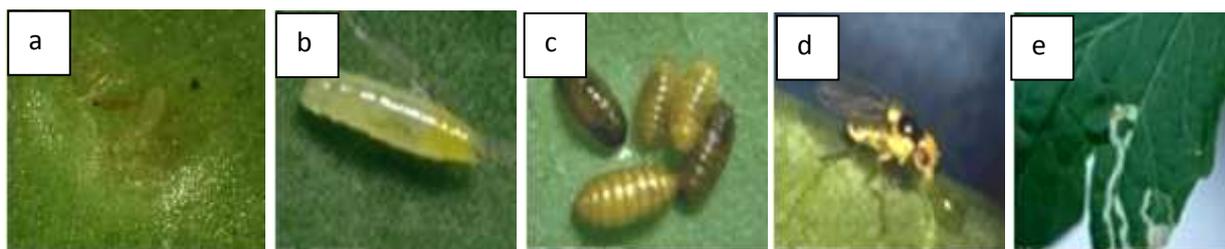


**Figure 25 :** Teigne de la pomme de terre *Phthorimea operculella* (ESPINEL-CORREAL, 2010)

a : Œufs et larve de stade 1 ; b : Larve de stade 4 ; c : Chrysalides ; d : Adulte.

### 12.3. Mouche mineuse de la tomate (*Liriomyza brioniae*) (Fig. 26)

La mouche mineuse creuse des mines allongées avec des déjections tout le long de la mine, contrairement aux mines creusées par *T. absoluta* en formant des plages blanches avec des déjections concentrées dans un coin (BLANCARD, 2013).



**Figure 26 :** Mouche mineuse de la tomate *Liriomyza bryoniae* (RAVIDAT, 2010)

a : Œuf ; b : Larve ; c : Pupes ; d : Adulte ; e : Dégâts de la mouche mineuse sur foliole de tomate.

---

# **Chapitre III**

## **Présentation de la région d'étude**

---

## 1. Situation géographique de la région d'étude

Le suivi des populations de la mineuse de la tomate s'est déroulé au niveau de deux sites dans la wilaya de Tizi-Ouzou, Azeffoun et Sidi Naâmane (Fig. 27, 28).

La wilaya de Tizi-Ouzou est située au Nord de l'Algérie, délimitée au Nord par la mer méditerranéenne, au Sud par la wilaya de Bouira, à l'Est par la wilaya de Bejaia et à l'Ouest par la wilaya de Boumerdes.

### 1.1. Situation géographique de la région d'Azeffoun

La commune d'Azeffoun est située à 40 km au Nord Est du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou, elle s'étend sur une superficie de 126,7 km<sup>2</sup>. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranéenne, à l'Est par la commune d'Ait Chafaa, à l'Ouest par la commune d'Iflissen et enfin au Sud par les communes d'Aghrib et d'Akarrou.

### 1.2. Situation géographique de la région de Sidi Naâmane

La commune de Sidi-Naâmane est issue du dernier découpage administratif de 1984, elle s'étend sur une superficie de 42,24 km<sup>2</sup>, elle est limitée au nord par la commune d'Afir et Taourgua (Wilaya de Boumerdes), à l'Est par la commune de Makouda et Ait Aissa Mimoun, à l'Ouest par la commune de Baghliia et Tadmait et enfin au Sud par les communes de Tizi Ouzou et de Draa-Ben-Khedda. La commune de Sidi-Naâmane est rattachée à la daïra de Draa-Ben-Khedda.

## 2. Présentation des sites d'étude

### 2.1. Présentation du site d'étude à Azeffoun

Le site d'étude est situé au village de M'letta à 4 km à l'Est de la ville d'Azeffoun. L'essai est réalisé sur une exploitation agricole privée appartenant à la famille CHALLAL, située du côté du littoral à une hauteur de 50 mètres, une centaine de mètres en dénivelé la sépare du bord de la mer (Fig. 27). La parcelle expérimentale est composée de 5 serres, dont 03 serres de tomate et deux serres de poivron. La serre a une longueur de 50 m, une largeur de 8 m et une hauteur de 4 m. Les techniques culturales utilisées pour l'entretien des serres sont le labour, le binage, le désherbage et l'irrigation.

### 2.2. Présentation du site d'étude à Sidi Naâmane

Pour la région de Sidi Naamane, le site d'étude est de secteur privé appartenant à une famille d'agriculteur BOUACEM. Les serres d'étude sont situées au sein même de la commune de Sidi Naâmane au Nord- Ouest de la wilaya de Tizi-Ouzou, limité au Nord par le village d'Oued- Ouareth, au Sud par l'Oued- Sebaou, à Est par la ville de Draa-Ben-Khedda, et à l'Ouest par la commune de Baghlia.



Figure 27 : Localisation de la région d'étude en Algérie (Google Earth, 2020)

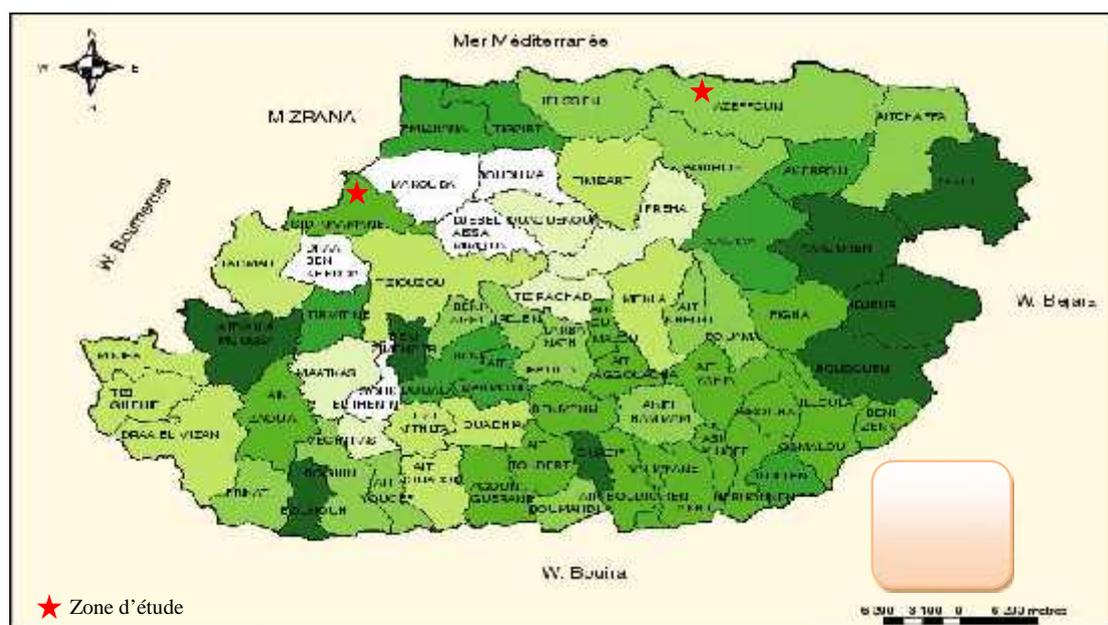


Figure 28 : Situation géographique de la zone d'étude (ANONYME, 2018)

### 3. Facteurs écologiques

Selon DAJOZ (1979), tout organisme est soumis dans le milieu dans lequel il vit aux actions simultanées des facteurs climatiques, édaphiques, chimiques, ou biotiques très variés. Nous appelons facteur écologique tout élément du milieu susceptible d'agir directement sur les êtres vivants au moins durant une phase de leur cycle de développement.

#### 3.1. Facteurs abiotiques

Les facteurs abiotiques sont des facteurs indépendants de la densité qui agissent sur les organismes avec une intensité qui ne dépend pas de leur abondance. Ils sont représentés par les facteurs climatiques (température, précipitation, l'humidité et vent) (DAJOZ, 2006).

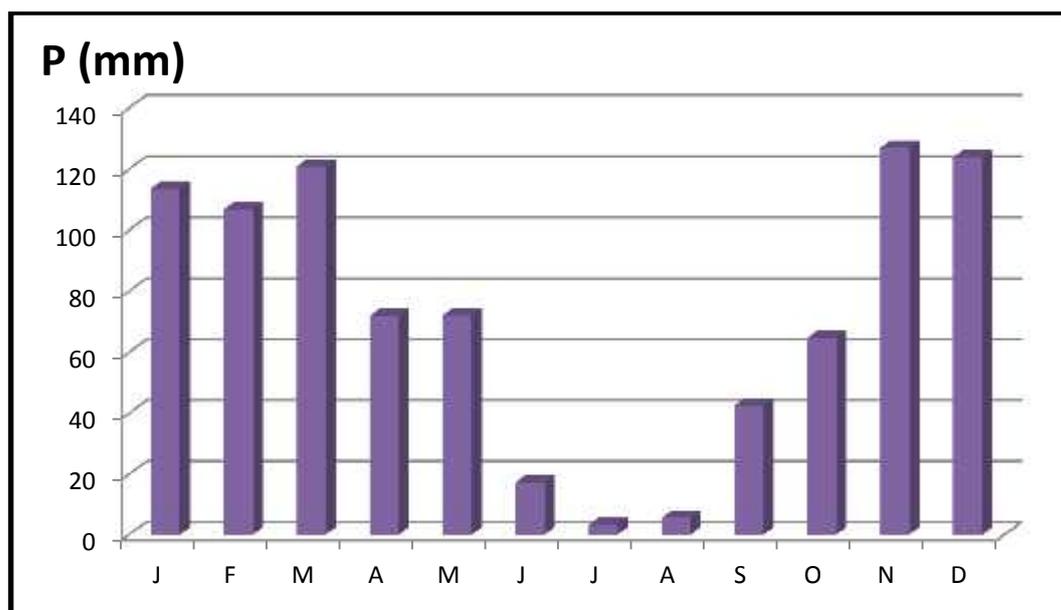
##### 3.1.1. Facteurs climatiques

Le climat est considéré comme l'un des principaux facteurs ayant un impact majeur sur le développement et la répartition des espèces animales et végétales, il joue aussi un rôle prépondérant dans l'évolution géomorphologique et pédologique (DAJOZ, 2006). Les principales variables bioclimatiques étudiées sont la pluviométrie et la température, utilisées par la majorité des auteurs pour la détermination du type du climat, ainsi que d'autres facteurs climatiques comme l'humidité et l'ensoleillement y sont présentés.

###### 3.1.1.1. Précipitations

Les pluies qui tombent en Algérie sont d'origine orographiques et torrentielles, elles varient selon l'altitude (SELTZER, 1946). La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale, l'activité trophique et reproductrice des êtres vivants sont influencées par ce facteur (DAJOZ, 2006). D'après EMBERGER (1955), dans les pays méditerranéens, les pluies interviennent principalement en automne, en hiver et au printemps, l'été est généralement sec. Les périodes de sécheresse prolongées ont un effet néfaste sur la faune et la flore.

La figure 29 présente les valeurs des précipitations moyennes mensuelles enregistrées dans les régions d'études.



**Figure 29** : Précipitations moyennes mensuelles de la région de Tizi-Ouzou sur 10 ans (2006-2016) couvrant la période d'étude (O.N.M.Tizi-Ouzou, 2017).

### 3.1.1.2. Température

La température est le facteur climatique le plus important pour la croissance des plantes et le déroulement de tous les processus physiologiques, elle influe sur la répartition géographique des espèces et contrôle l'ensemble des réactions métaboliques (RAMADE, 1993). En effet chaque espèce (animale et végétale) ne peut vivre que dans un certain intervalle de températures qui lui est favorable (DAJOZ, 2006).

D'après SELTZER (1946), la température minimale et maximale diminue respectivement de  $0,4^{\circ}$  et  $0,7^{\circ}$  pour chaque augmentation de 100 mètres en altitude.

Dans le tableau suivant sont présentées les valeurs des températures moyennes, maximales et minimales enregistrées dans la région de Tizi-Ouzou durant la décennie 2006-2016.

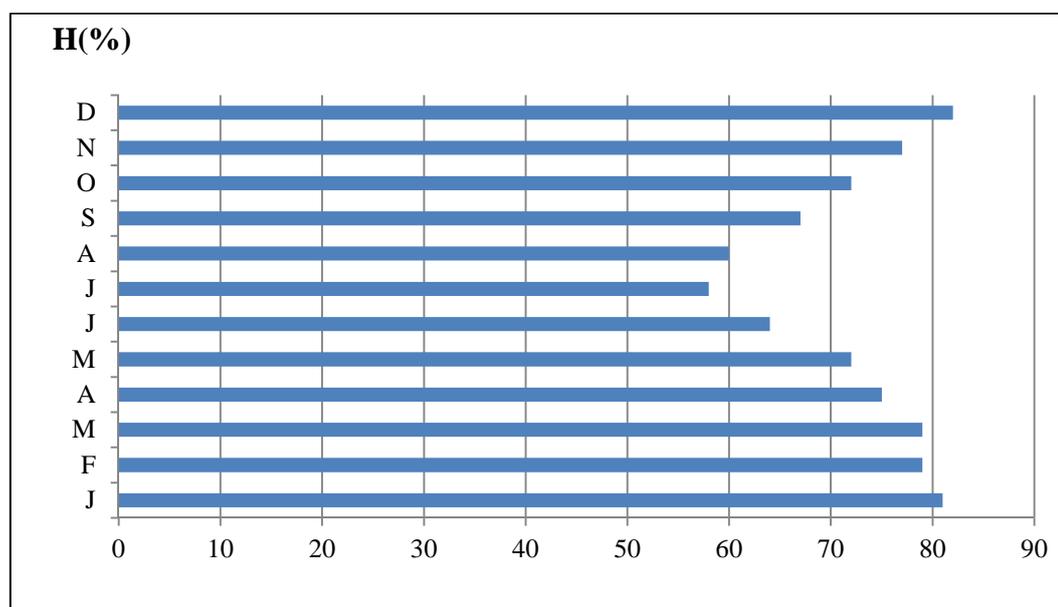
**Tableau 08** : Températures mensuelles moyennes, minimales et maximales de la région de Tizi Ouzou sur 10 ans (2006-2016) couvrant la période d'étude (O.N.M.Tizi-Ouzou, 2017).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>min</b>	7,3	7,5	8,3	11,35	14,2	17,6	21,1	22,3	20,3	16	12,1	9,2
<b>max</b>	16,6	16,3	18,4	24,3	27,6	31,3	36,5	35,8	32,1	27,6	21,8	17,3
<b>moy</b>	11,9	11,92	13,3	17,8	20,9	24,5	28,8	29,1	26,2	21,8	17	13,2

La région de Tizi-Ouzou est soumise à des variations thermiques importantes. Les températures extrêmes oscillant entre 7°C en hiver, enregistrée en Janvier (le mois le plus froid) et 36°C Enregistré en Juillet (le mois le plus chaud).

### 3.1.1.3. Humidité

La disponibilité de l'eau dans le milieu et l'hygrométrie atmosphérique jouent un rôle essentiel dans l'écologie des organismes. L'humidité relative de l'air influe sur la densité des populations en provoquant des diminutions du nombre d'individus lorsque les conditions hygrométriques deviennent défavorables (DAJOZ, 2006). L'humidité relative moyenne et mensuelle de l'air de la région de Tizi-Ouzou est représentée dans le tableau ci-dessous (Fig. 30).



**Figure 30 :** Humidité relative (en %) de la région de Tizi-Ouzou sur 10 ans (2006-2016) couvrant la période d'étude (O.N.M.Tizi-Ouzou, 2017).

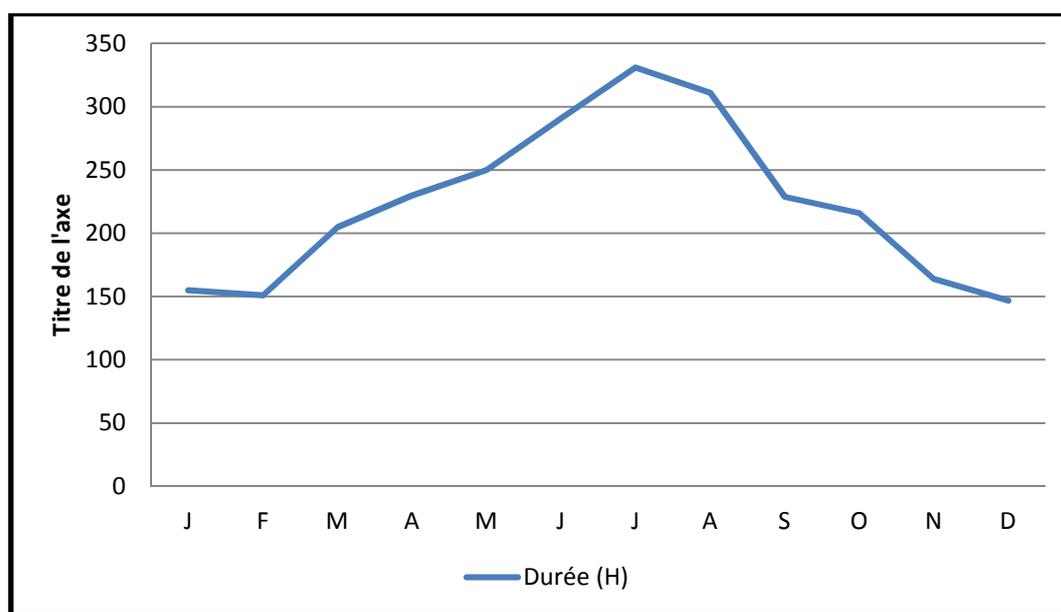
La valeur la plus élevée de l'humidité relative de l'air est enregistrée en Décembre avec 82%, la valeur la plus basse de l'humidité relative de l'air est enregistrée en Juillet avec 58%.

### 3.1.1.4. Lumière

L'énergie lumineuse est à l'origine du phénomène fondamental de la biosphère : la photosynthèse. En outre la plupart des rythmes biologique exogènes et endogènes des organismes vivant sont directement liés à l'alternance des périodes et durée relative de la lumière (SACCHI et TESTARD, 1971). Certains insectes ont pour effet de synchroniser leurs

cycles de développement avec les saisons et de faire coïncider la période de reproduction avec la saison favorable ; ainsi que de provoquer l'entrée en diapause lors d'une période antagonique à la vie active (DAJOZ, 2006).

Les taux d'ensoleillement sur une période de 10 ans de 2006 à 2016, sont représentés sur la figure 31. Nous constatons que le mois le plus ensoleillé est le mois de juillet avec 331 heures d'ensoleillement. Le mois le moins ensoleillé est le mois de décembre avec 147 heures d'ensoleillement.



**Figure 31** : Nombre d'heures d'insolation dans la région de Tizi-Ouzou (2006-2016) (O.N.M. Tizi-Ouzou, 2017).

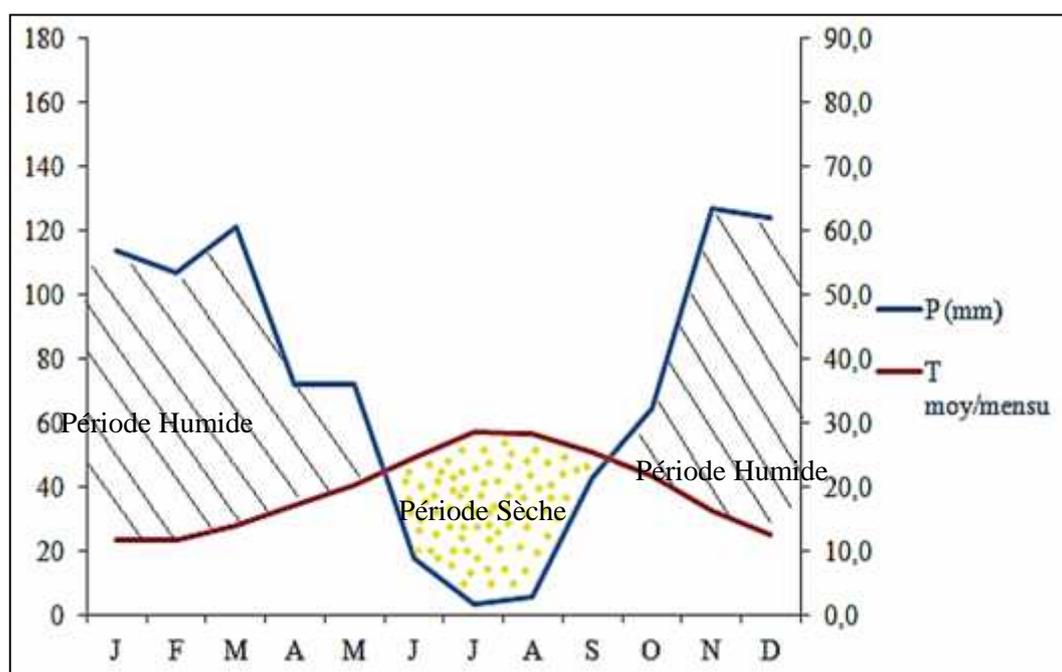
#### 4. Synthèse climatique

La synthèse climatique d'une région donnée peut se faire par l'analyse du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) et par le climagramme d'Emberger (1952). Selon ESTIENNE et GODARD (1970), le climat méditerranéen est un climat de transition entre la zone tempérée et la zone tropicale, il est caractérisé par une saison sèche correspondant à l'été et une saison humide froide qui correspond à l'hiver.

##### 4.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

BAGNOULS et GAUSSEN (1953) considèrent comme mois sec tout mois où les précipitations sont inférieures ou égales au double de la température ( $p \leq 2T$ ).

Le graphe est réalisé en portant en abscisse les mois et en ordonnée, à droite les précipitations, et à gauche les températures, à une échelle double de celle des précipitations. La période qui s'étend entre les deux courbes correspond à la durée de la période sèche (Fig. 32). Pour cette étude la période sèche dure 4 mois (du début du mois de Juin jusqu'à la fin du mois de Septembre). La période humide s'étend sur 8 mois (du mois d'Octobre jusqu'à la fin du mois de Mai).



**Figure 32** – Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région de Tizi-Ouzou sur 10 ans couvrant la période d'étude (2006 - 2016).

#### 4.2. Quotient pluviothermique d'Emberger

Le quotient pluviothermique d'Emberger ( $Q_3$ ) permet de définir les étages bioclimatiques, sa valeur permet de caractériser la végétation.

STEWART (1969) a montré que le quotient pluviothermique peut s'écrire après simplification comme suivant :  $Q_3 = 3,43 p / (M - m)$

P : Pluviosité moyenne annuelle (mm)

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud exprimé en (°C)

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid exprimé en (°C)

3,43 : k (coefficient de Stewart établi pour l'Algérie et le Maroc)

(M-m): Amplitude thermique : P=869,2mm ; M=36°C ; m= 7°C ; D'où  $Q_3= 102,80$ .

Ce résultat permet de placer la région d'étude dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver tempéré (Fig. 33)

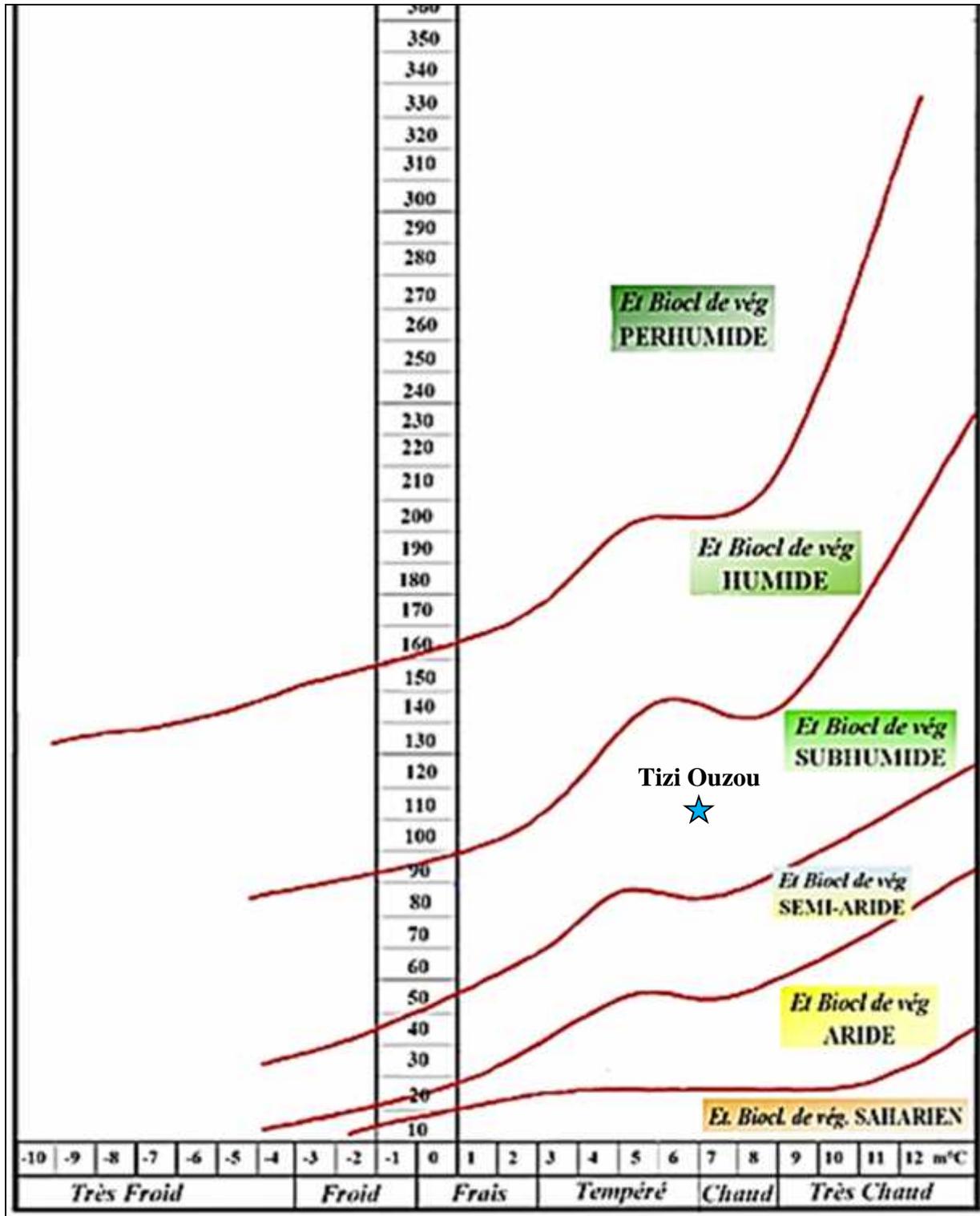


Figure 33 : Climagramme pluviométrique d'Emberger de la région de Tizi-Ouzou sur 10 ans couvrant la période d'étude (2006-2016).

## 5. Traitements phytosanitaires

Au niveau des différentes serres d'étude sont effectués plusieurs traitements phytosanitaires comme l'épandage de pesticides

Durant les semaines d'étude, il y a eu utilisation sans planification au préalable, de fongicides contre le mildiou, le botrytis et l'oïdium. Les phéromones sexuelles contre la mineuse de la tomate sont utilisées, à raison d'une capsule par serre échangeable toutes les quatre semaines.

Il a été noté une présence de mauvaises herbes, signe de mauvais entretien de la part des agriculteurs durant les dernières semaines d'échantillonnage.

## 6. Contexte climatique de la région d'étude

Les températures (moyennes, minimales et maximales), les humidités relatives moyennes à l'intérieur des serres d'étude (Azeffoun) et Sidi-Naâmane durant la saison d'étude en 2015 sont représentées en annexes.

Il est à préciser, que notre étude est réalisée sous les conditions climatiques de serre.

### 6.1. Température

Les températures minimales et moyennes les plus faibles sont enregistrées au mois de Mai avec 19,9°C et 28°C respectivement, tandis que les plus élevées sont enregistrées au mois de Juillet avec 36°C et 32,5°C respectivement.

### 6.2. Humidité relative de l'air

Le mois le plus humide est le mois de Mai avec un taux moyen mensuel de 69%, par contre le mois de Juillet est le mois le moins humide avec un taux moyen mensuel de 66%.

---

# **Chapitre IV**

## **Bioécologie de la mineuse de la tomate**

---

## 1. Introduction

*Tuta absoluta* est le ravageur clé de la tomate dans son aire d'origine en Amérique latine (LEBDI-GRISSA et al., 2010). En effet, GUEDES et PIKANÇO (2012) rappellent que *T.absoluta* est l'un des principaux ravageurs de la tomate dans beaucoup de pays Sud-Américains depuis 1960.

Les échanges commerciaux des fruits et des plants de tomate ainsi que la colonisation de nouvelles aires par les vols passifs ou le vent permettent à l'insecte de trouver dans les côtes méditerranéennes un nouvel habitat favorable à sa multiplication (DESNEUX et al., 2010). Par ailleurs, GUENAOUI (2008) atteste sa présence en Algérie pour la première fois en 2008. BERKANI ET BADAOU (2011) rappellent l'importance des dégâts causés par cet insecte.

Etudier la dynamique des populations de *T.absoluta* permet de mieux connaître l'insecte afin de mieux pouvoir contrer et limiter ses dégâts aussi bien sous serre qu'en plein champ. Cette présente partie est une contribution à l'étude de la bioécologie de ce micro lépidoptère sur quatre variétés de tomate sous serre au sein de deux exploitations agricoles au littoral et sublittoral de la Kabylie.

## 2. Matériels et méthodes

Pour l'étude de la bioécologie de la mineuse de la tomate *T.absoluta*, un suivi est opéré sur le vol et le nombre des adultes mâles capturés par des pièges à phéromones sexuelles, les pontes effectuées par les femelles de cet insecte et infestations des différents stades larvaires sont également suivis à raison d'une sortie par semaine pour la saison 2015.

Différentes méthodes sont appréhendées sur le terrain et au laboratoire pour réaliser ce travail.

### 2.1. Matériel végétal

Cette présente étude est menée sur deux sites différents. Le premier au littoral de la Kabylie (Azeffoun) et le second au sublittoral de la même région (Sidi Naâmane). L'échantillonnage s'est effectué de façon hebdomadaire sous serre sur trois variétés de tomate différentes dans chacune des deux régions. Dans la région d'Azeffoun, les variétés cultivées sont : Cartier et Tomallow (ces deux variétés sont exploitées au niveau de la même serre) et Tavira. Dans la région de Sidi Naâmane, les variétés faisant objet de l'étude sont : Dawson, Cartier et Tavira.

### 2.1.1. Variété Dawson

La variété Dawson a des fruits cordiformes, oranges strié de jaune, au cœur flamme rouge (Fig. 34a) ; elle possède une bonne saveur et riche en sucre, sa chair est pleine, juteuse, très fine et particulièrement sans pépins présentant un très bon rendement avec des fruits tardifs, de 80 à 100 jours et de gros calibres d'une masse de 300 g à 1kg selon les conditions de culture. Issue d'un croisement, la variété Dawson a été commercialisée en 2009 (ITCMI, 2010).

### 2.1.2. Variété Cartier

La variété Cartier a des fruits ronds et légèrement aplatis, rouges strié de jaune, au cœur flamme rouge (Fig.34b), a une bonne saveur et riche en sucre, sa chair est ferme et bien charnue, juteuse, sa peau est un peu dure, résistante à l'éclatement, et présentant un très bon rendement de 5,5 Kg/pied avec des fruits tardifs, de 90 à 100 jours et de gros calibres d'une masse moyenne de 250 g. Cette variété présente une tolérance à certaines maladies comme le mildiou (ITCMI, 2010).

### 2.1.3. Variété Tavira

Fruit rouge à collet vert rond de 180 à 200 gr. En bouquet de 06 à 07 fruits. Tavira est une variété originaire des Pays Bas. Le fruit est jaune orangé rond sensiblement aplati, sa chair a une belle texture (Fig. 34c), juteuse et dense, sa saveur est très parfumée et sucrée ; sa récolte est plus hâtive de 60 à 80 jours (ITCMI, 2010).

### 2.1.4. Variété Tomallow

La variété Tomallow a des fruits ronds, de couleur rouge orangé, ils sont d'un calibre moyen et d'un poids faible (Fig. 34d) ; c'est une variété tardive et moins productive (ITCMI, 2010).

## 2.2 Piège à phéromone sexuelle

Les pièges à eau avec phéromones (Fig. 35) sont des récipients de 30 cm de diamètre environ, remplis d'eau contenant une petite quantité de détergent ou d'huile, jouant le rôle de mouillant au-dessus desquels sont fixées des capsules à phéromones femelles utilisées pour capturer les adultes mâles de *T. absoluta*. Les papillons mâles ainsi attirés se noient. Ces récipients sont placés aussi près que possible de la végétation, soit au sol en herbe rase, soit

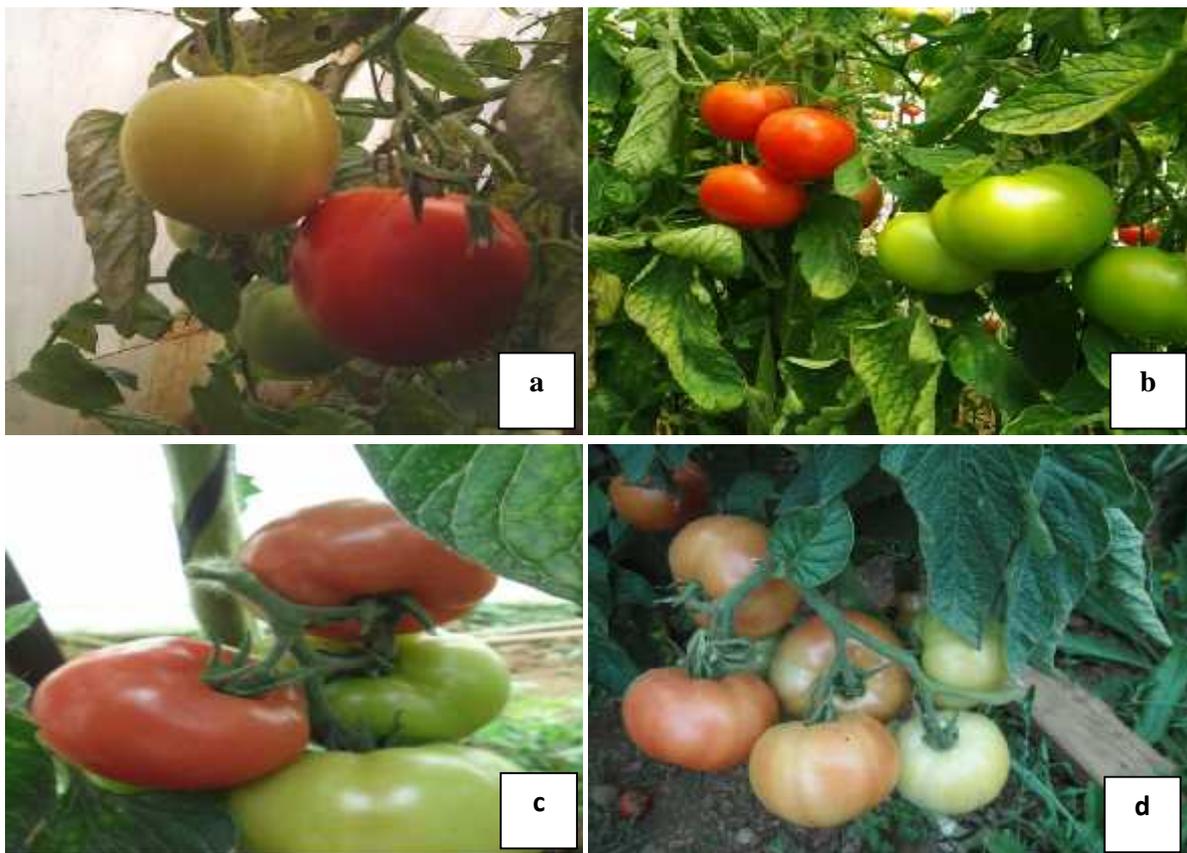
sur des plateaux fixés à des piquets ou directement aux branches dans une frondaison (LEBERRE ET ROTH, 1969).

L'utilisation des pièges à eau avec phéromones s'est avérée très fructueuse pour l'étude des populations d'insectes en milieu herbacé tempéré (DUVIARD ET ROTH, 1973).

Nous avons utilisé ce type de piégeage durant toute la période d'expérimentation à raison d'un piège par serre. Nous comptons le nombre de papillons mâles capturés pour chaque semaine. Les capsules à phéromones sont placées sur des tuteurs à une hauteur de 2 mètres, elles sont renouvelées toutes les 4 semaines.

CAPPAROS MEDIGO *et al.* (2012) rappellent les deux composants de la phéromone sexuelle femelle contenus dans la capsule :

- (a) (3 E, 8 Z, 11 Z) -3, 8, 11- tétradécatrien -1-Y-L acétate ou TDTA
- (b) (3 E, 8 Z) - 3, 8- tétradécatrien -1-Y-L acétate ou TDDA



**Figure 34 :** Variétés de tomates étudiées (ORIGINALE, 2015).

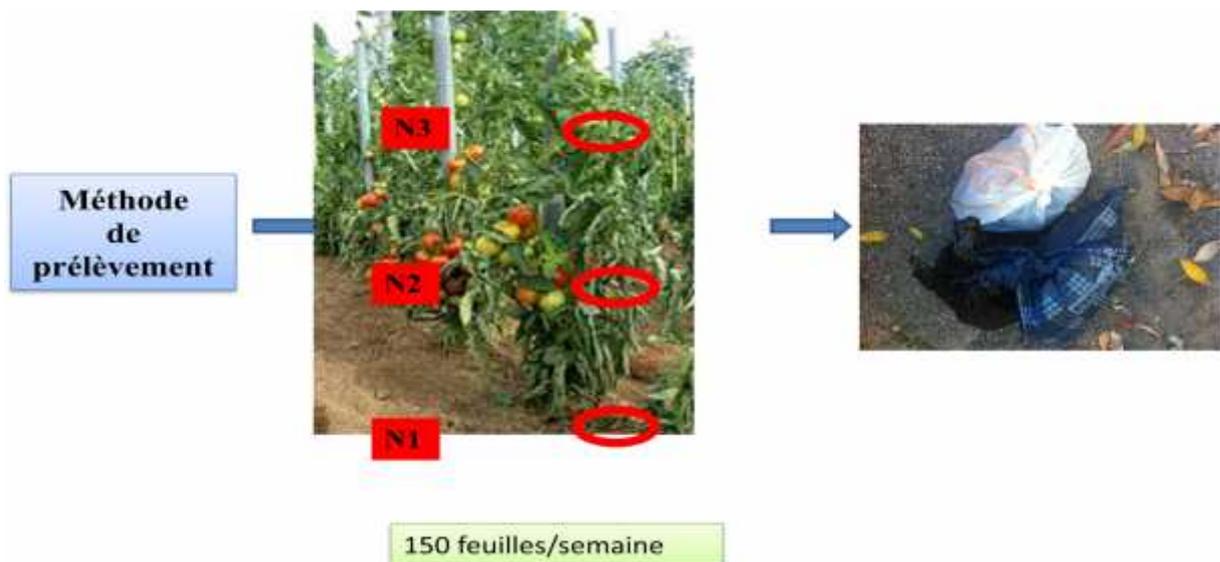
a : Tomate de variété Dawson ; b : Tomate de la variété Cartier ; c : Tomate de la variété Tavira  
d : Tomate de variété Tomallow.



**Figure 35 :** Piège visant à capturer les adultes de la mineuse de la tomate (ORIGINALE, 2015).

## 2.2. Suivi de l'oviposition

Pour suivre les pontes effectuées par les femelles de *T. absoluta*, un échantillonnage des feuilles de tomates est effectué chaque semaine pour les quatre variétés au niveau de chaque serre. Notre échantillonnage est de type systématique, il consiste en un prélèvement de 150 feuilles pour chaque variété de tomate sur 50 plants choisis au hasard (50 apicales, 50 intermédiaires et 50 basales). Les folioles sont mises dans des sachets et ramenées au laboratoire et gardées au frais (Fig.36). Le dénombrement des œufs et des larves s'effectue régulièrement, une fois par semaine au laboratoire sous une loupe binoculaire.



**Figure 36 :** Méthode de prélèvement des échantillons sur le terrain (ORIGINALE, 2015)

### 2.3. Hygrothermomètre

L'Hygrothermomètre est un appareil de mesure qu'on place au milieu de chaque serre, pour enregistrer la température et le taux d'humidité relative environnant à l'intérieur de ces serres, et ce chaque semaine durant la période d'échantillonnage.

### 2.4. Analyses statistiques

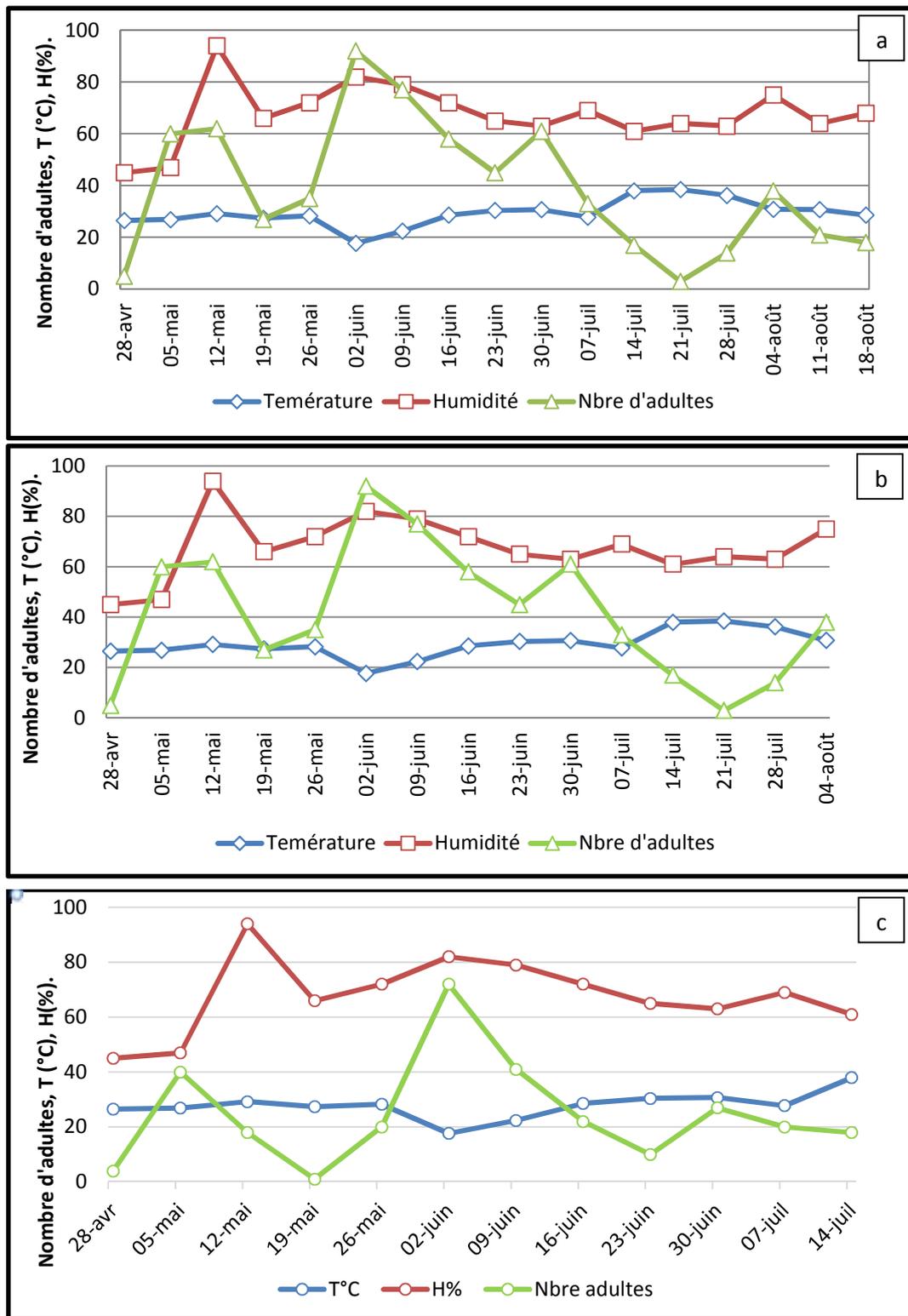
Les résultats obtenus sont soumis à une étude statistique, nous avons utilisé : logiciel STAT BOX, version 6.4, le test de régression linéaire, le test de Wilcoxon et le test de Student.

## 3. Résultats

Les résultats obtenus durant la période d'expérimentation dans les deux régions d'étude sont présentés ci-dessous

### 3.1. Evolution temporelle du nombre d'adultes de *T. absoluta* capturés suivant les variations des températures et des taux d'humidité au niveau des serres étudiées de la région d'Azeffoun

Les courbes de vols des adultes de la mineuse de la tomate *T. absoluta* sont le résultat des captures des adultes mâles par emploi des pièges sexuels en utilisant des pièges à eau avec un diffuseur de phéromone spécifique au niveau des serres étudiées durant la saison 2015.



**Figure 37 :** Evolution temporelle du nombre d'adultes mâles capturés suivant les variations de températures et les taux d'humidité dans les deux serres de la région d'Azeffoun.

a : Tomallow; b : Cartier , c : Tavira.

Il est à rappeler que la culture des deux variétés Cartier et Tomallow s'est effectuée au niveau d'une même serre. Le nombre d'adultes mâles capturés dans la serre où sont exploitées les variétés Cartier et Tomallow a subi des fortes fluctuations, durant tous les mois d'échantillonnage. Après une semaine de mise en place des pièges à phéromones, nous avons capturé 05 individus, sous une température de 26,5°C et un taux d'humidité qui a atteint sa valeur la plus basse, évaluée à 45%. Un nombre maximum de 92 individus mâles capturés est enregistré le 02 Juin, sous une température de 17,7°C avec une humidité relative de 82%. Trois adultes uniquement ont été capturés le 21 Juillet sous une température maximale de 38,5°C avec un taux d'humidité de 64%.

Les températures ont subi de légères fluctuations, la valeur minimale de 17,7°C a été enregistrée le 02 Juin, tandis que la plus grande valeur a été estimée le 21 Juillet avec une valeur de 38,5°C.

Le taux d'humidité a subi quant à lui de fortes fluctuations durant les huit premières semaines d'échantillonnage. Le taux d'humidité le plus élevé a été estimé à 94% le 12 Mai, Date à laquelle ont été capturés 62 adultes mâles.

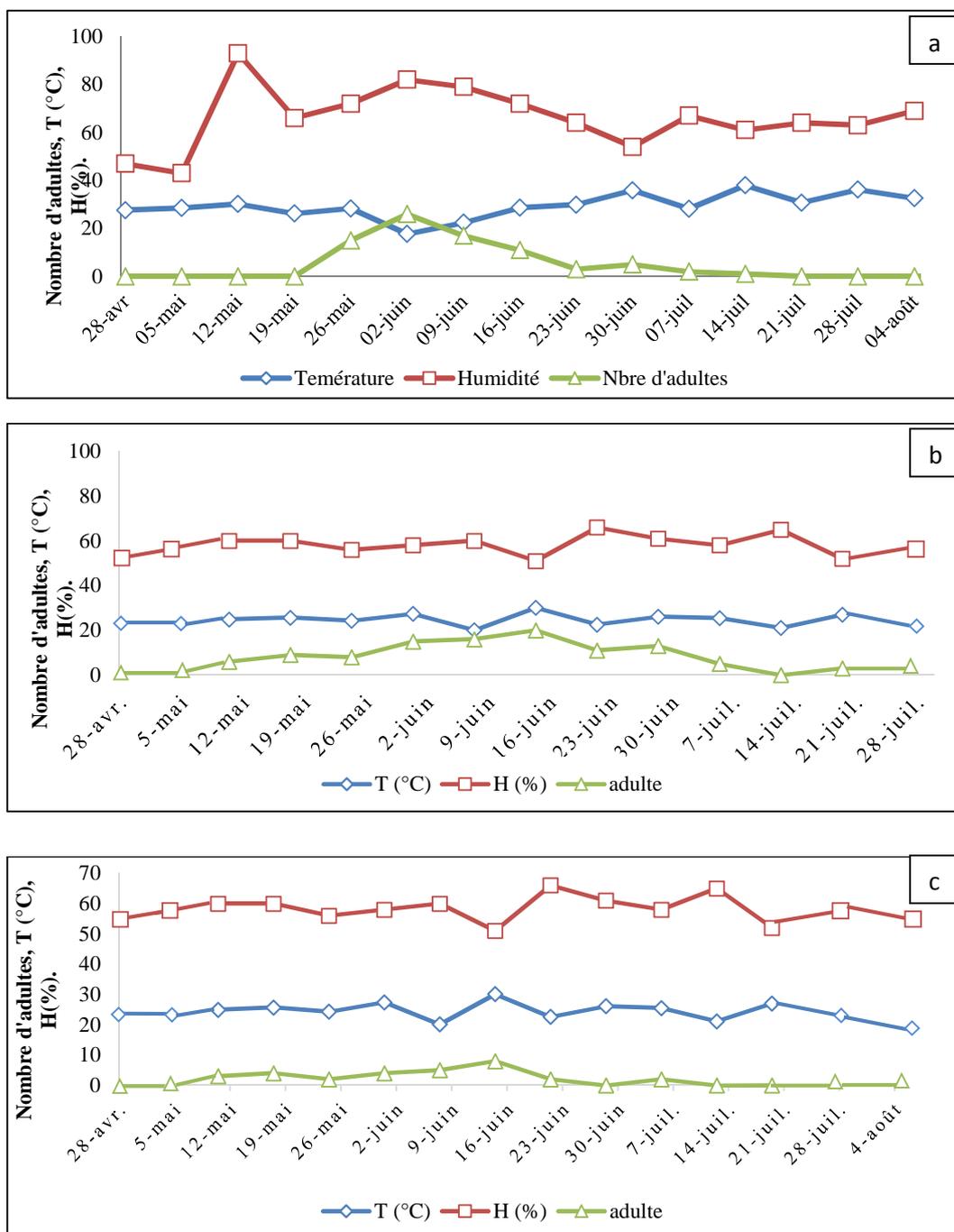
Il est à noter que l'exploitation de la variété Tomallow est achevée le 18 Août, soit deux semaines après la fin de la culture de la variété Cartier.

Dans la serre de la variété Tavira, le nombre d'adultes capturés durant toute la période de l'échantillonnage a subi également des fluctuations. Un nombre maximum de 72 adultes mâles a été enregistré le 02 Juin, sous une température minimale de 17,8°C et un taux d'humidité de 85%. Les températures ont subi des légères fluctuations, la plus grande valeur est de 37,6°C enregistrée la dernière semaine d'échantillonnage.

L'humidité dans cette serre a subi des fortes fluctuations notamment au cours des six premières semaines, une valeur maximale a été enregistrée le 12 Mai, elle est évaluée à 97%. A partir du 02 Juin, le taux d'humidité commence à diminuer, jusqu'à atteindre sa valeur minimale à la dernière semaine, elle est estimée à 39%.

### **3.2. Evolution temporelle du nombre d'adultes de *T. absoluta* capturés suivant les variations de températures et des taux d'humidité au niveau des serres étudiées de la région de Sidi Naamane**

L'évolution temporelle du nombre d'adulte de *T. absoluta* capturés suivant les variations de températures et des taux d'humidité au niveau des trois serres des variétés Cartier, Dawson et Tavira de la région de Sidi Naâmane sont représentés dans la figure ci-dessous :



**Figure 38 :** Evolution temporelle du nombre d'adultes mâles capturés suivant les variations de températures et les taux d'humidité dans les 3 serres de la région de Sidi Naâmane.

a : Cartier, b : Dawson, c : Tavira.

Le nombre d'adultes capturés dans la serre de la variété Cartier est nul du 28 Avril jusqu'au 19 Mai, du 23 Juin et à partir du 21 Juillet jusqu'à la fin de l'échantillonnage. Un nombre

maximum de 26 adultes mâles a été enregistré le 02 Juin, sous une température minimale de 17,7°C et un taux d'humidité de 82%.

Les températures ont subi de légères fluctuations, la plus grande valeur est le 38°C enregistrée le 14 Juillet, date à laquelle un seul adulte mâle est capturé.

Le taux d'humidité dans cette serre a subi des fortes fluctuations, notamment au cours des six premières semaines d'échantillonnage. Une valeur maximale a été enregistrée le 12 Mai, elle est évaluée à 93%. A partir du 02 Juin, le taux d'humidité commence à diminuer, jusqu'à atteindre la valeur de 54% le 30 Juin. Des petites fluctuations d'humidité s'ensuivent jusqu'à la dernière semaine de l'échantillonnage.

Après trois semaines de mise en place des pièges à phéromones dans la serre de la variété Dawson, le nombre d'adultes mâles capturés est de 03 individus, nombre qui subira plusieurs fluctuations. Il atteindra une valeur maximale de 08 individus capturés le 16 Juin. A partir du 30 Juin, aucun adulte mâle n'a été échantillonné. Les températures ont également subi des fluctuations, les plus basses sont enregistrées au mois de Mai, elles progressent pour atteindre une valeur de 38 degrés à la date du 14 Juillet, où aucun adulte mâle n'a été capturé. Quant à l'humidité dans cette serre, elle a subi des fluctuations. Le mois le plus humide étant celui de Juin.

En ce qui concerne la serre de variété Tavira, aucun adulte mâle durant la première semaine n'a été capturé. Ce n'est qu'à partir de la troisième semaine, que l'échantillonnage nous a permis de capturer les premiers adultes mâles dont le nombre ne dépassait pas 09 individus. Durant la même période, les températures enregistrées sous serre sont relativement basses oscillant entre 22.5°C et 24.8°C. Un nombre maximum de 20 individus a été capturé à la date du 02 Juin. A une humidité maximale de 65%, enregistrée le 30 Juin, aucun individu n'a été capturé.

### 3.3. Influence de la température sur le nombre d'adultes mâles capturés dans les serres étudiées

Pour vérifier s'il y'a une relation significative entre la température et le nombre d'adultes capturés de *Tuta absoluta* (Fig. 39), nous avons opté pour le test de la régression linéaire, avec un coefficient de régression  $R^2 = 0,75$ , et une hypothèse  $H_0$  posée comme suit :

$H_0$  : La température n'influe pas sur le nombre d'adultes capturés.

L'hypothèse sera rejetée si  $R^2 > 0,75$ . Nous avons obtenu les résultats suivants

Pour la variété Tomallow (Azeffoun) : le coefficient obtenu est  $R^2 = 0,533$ .

Pour la variété Cartier (Azeffoun) : le coefficient obtenu est  $R^2 = 0,493$ .

Pour la variété Tavira (Azeffoun) : le coefficient obtenu est  $R^2 = 0,29$ .

Pour la variété Cartier (Sidi Naâmane) : le coefficient obtenu est  $R^2 = 0,48$ .

Pour la variété Tavira (Sidi Naâmane) : le coefficient obtenu est  $R^2 = 0,53$ .

Pour la variété Dawson (Sidi Naâmane) : le coefficient obtenu est  $R^2 = 0,53$ .

$R^2 < 0,75$  donc l'hypothèse  $H_0$  est acceptée.

Donc, à partir du résultat de ce test nous avons conclu l'absence de la relation significative entre la température et le nombre d'adultes mâles capturés, autrement dit, la température n'influe pas sur le nombre d'adultes capturés pour les quatre variétés au niveau des deux sites d'étude.

### 3.4. Influence de l'humidité sur le nombre d'adultes mâles capturés dans les serres étudiées

Pour vérifier s'il ya une relation significative entre le taux d'humidité et le nombre d'adultes capturés de *Tuta absoluta* (Fig. 40), nous avons opté pour le test de la régression linéaire, avec un coefficient de régression  $R^2 = 0,75$ , et une hypothèse  $H_0$  posée comme suit :

$H_0$  : Le taux d'humidité n'influe pas sur le nombre d'adultes capturés.

L'hypothèse sera rejetée si  $R^2 > 0,75$ . Nous avons obtenu les résultats suivants

Pour la variété Tomallow (Azeffoun) : le coefficient obtenu est  $R^2 = 0,27$ .

Pour la variété Cartier (Azeffoun) : le coefficient obtenu est  $R^2 = 0,28$ .

Pour la variété Tavira (Azeffoun) : le coefficient obtenu est  $R^2 = 0,10$ .

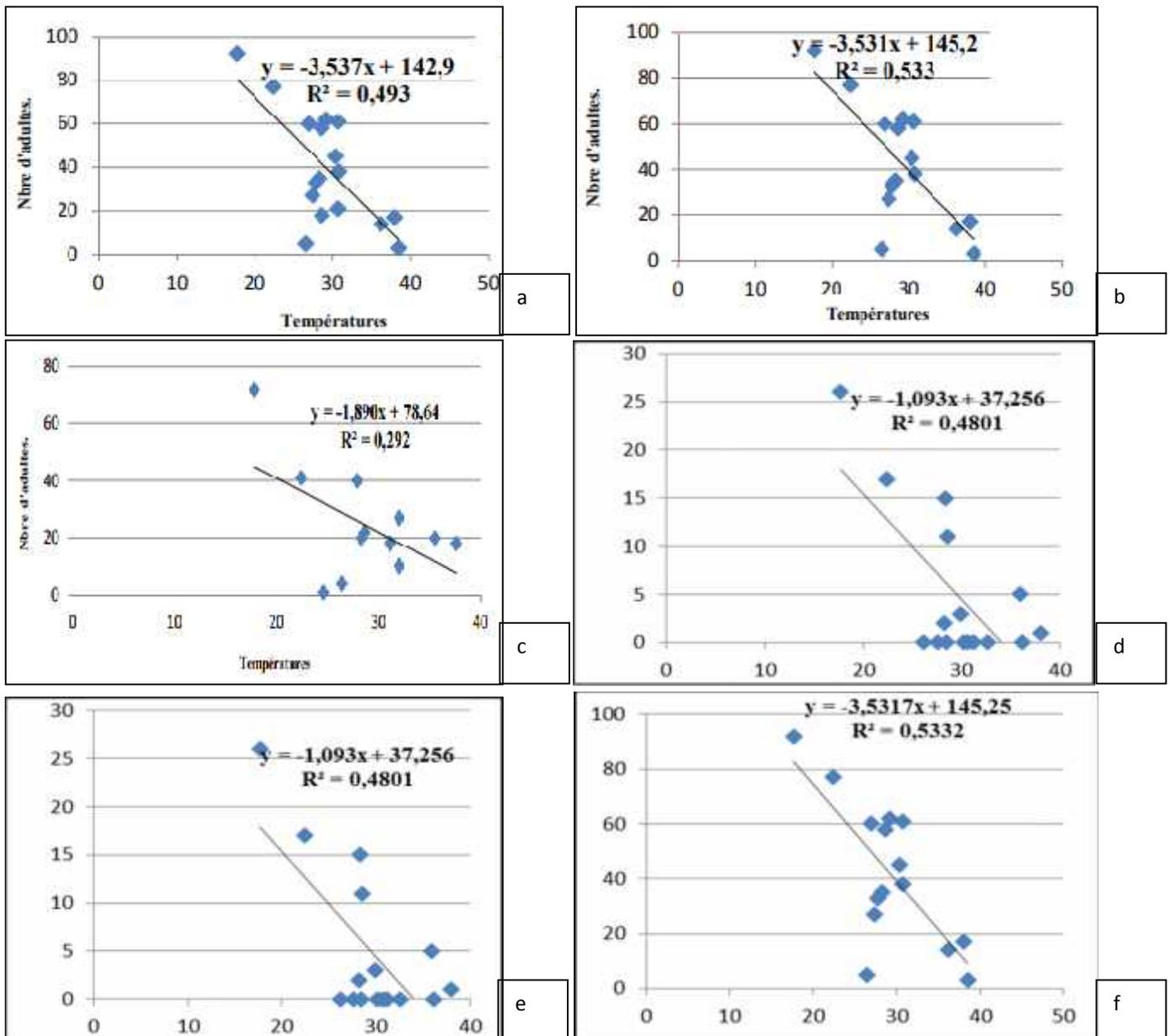
Pour la variété Cartier (Sidi Naâmane) : le coefficient obtenu est  $R^2 = 0,28$ .

Pour la variété Tavira (Sidi Naâmane) : le coefficient obtenu est  $R^2 = 0,21$ .

Pour la variété Dawson (Sidi Naâmane) : le coefficient obtenu est  $R^2 = 0,21$ .

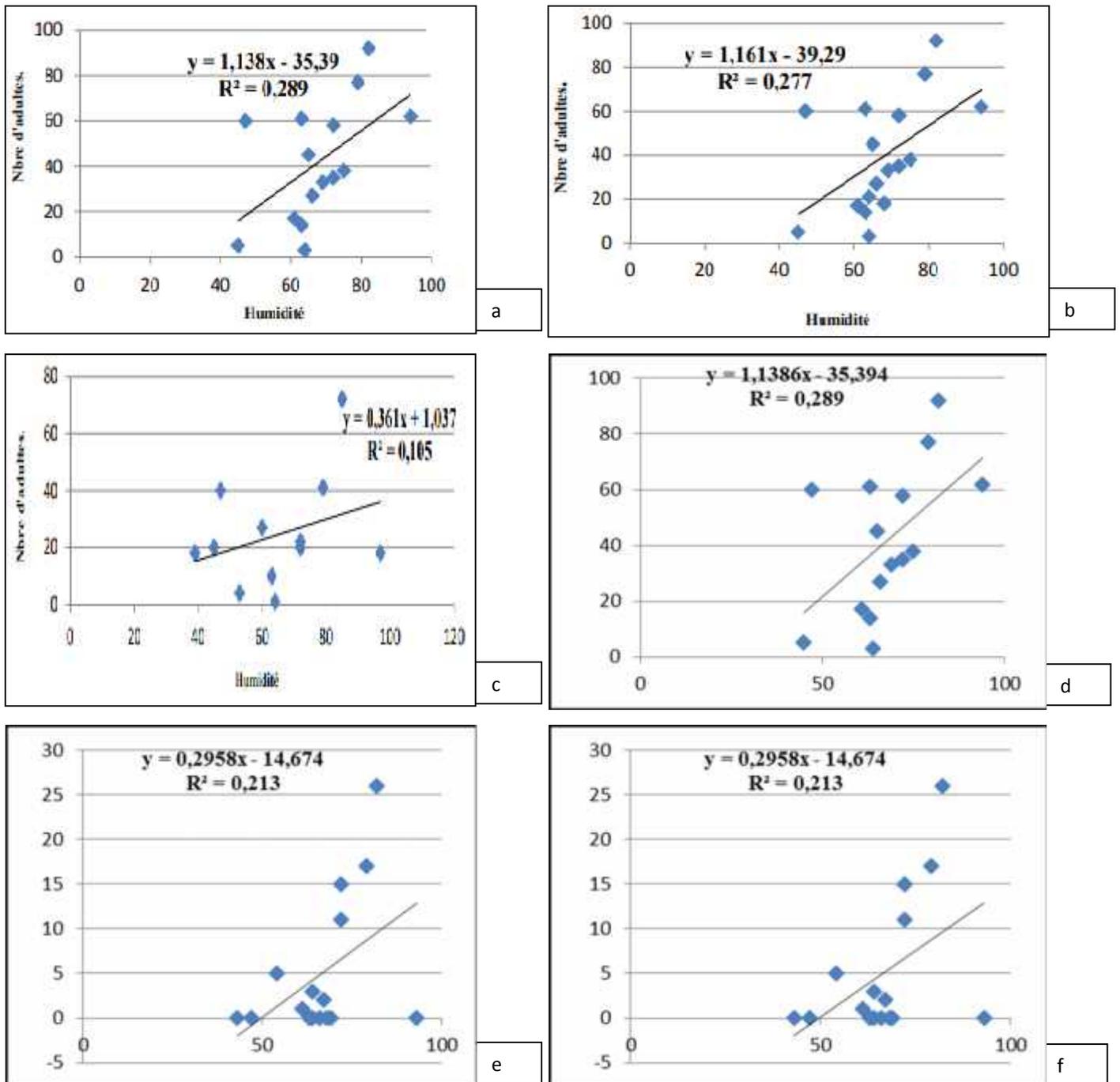
$R^2 = 0,75$  donc l'hypothèse  $H_0$  est acceptée.

Donc, à partir du résultat de ce test nous avons conclu l'absence de la relation significative entre le taux d'humidité et le nombre d'adultes mâles capturés, autrement dit, l'humidité n'influe pas sur le nombre d'adultes capturés pour les différentes variétés étudiées.



**Figure 39 :** Influence de la température sur le nombre d'adultes mâles capturés

- a : Tomate de variété Tomallow (Azeffoun).
- b : Tomate de variété Cartier (Azeffoun).
- c : Tomate de variété Tavira (Azeffoun).
- d : Tomate de variété Cartier (Sidi Naâmane).
- e : Tomate de variété Tavira (Sidi Naâmane).
- f : Tomate de variété Dawson (Sidi Naâmane).

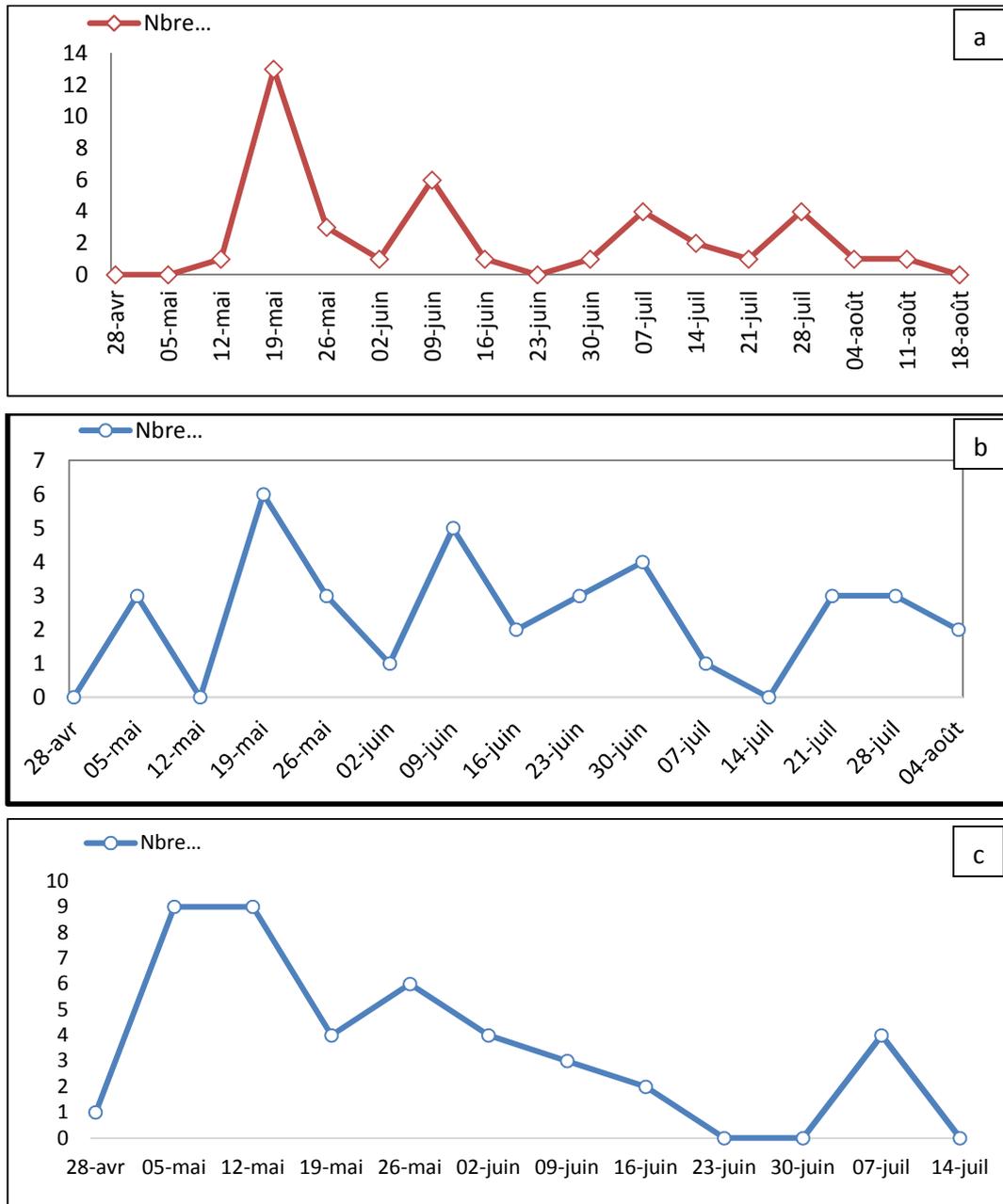


**Figure 40 :** Influence de l'humidité sur le nombre d'adultes mâles capturés

- a : Tomate de variété Tomallow (Azeffoun).
- b : Tomate de variété Cartier (Azeffoun).
- c : Tomate de variété Tavira (Azeffoun).
- d : Tomate de variété Cartier (Sidi Naâmane).
- e : Tomate de variété Tavira (Sidi Naâmane).
- f : Tomate de variété Dawson (Sidi Naâmane).

**3.5. Evolution temporelle du nombre d’œufs pondus sur les folioles des variétés de tomate dans les serres d’Azeffoun**

Le suivi de l’évolution temporelle du nombre d’œufs pondus par les femelles de *T. absoluta* sur les folioles au niveau des trois variétés étudiées au site d’Azeffoun indique la période d’activité de ponte de la mineuse de la tomate. Les résultats obtenus montrent que ce micro-lépidoptère présente un comportement d’oviposition en fonction de la variété considérée (Fig. 41).



**Figure 41 :** Evolution temporelle du nombre d’œufs pondus sur les folioles des variétés de tomate dans la région d’Azeffoun  
a : Tomallow ; b : Cartier ; c : Tavira

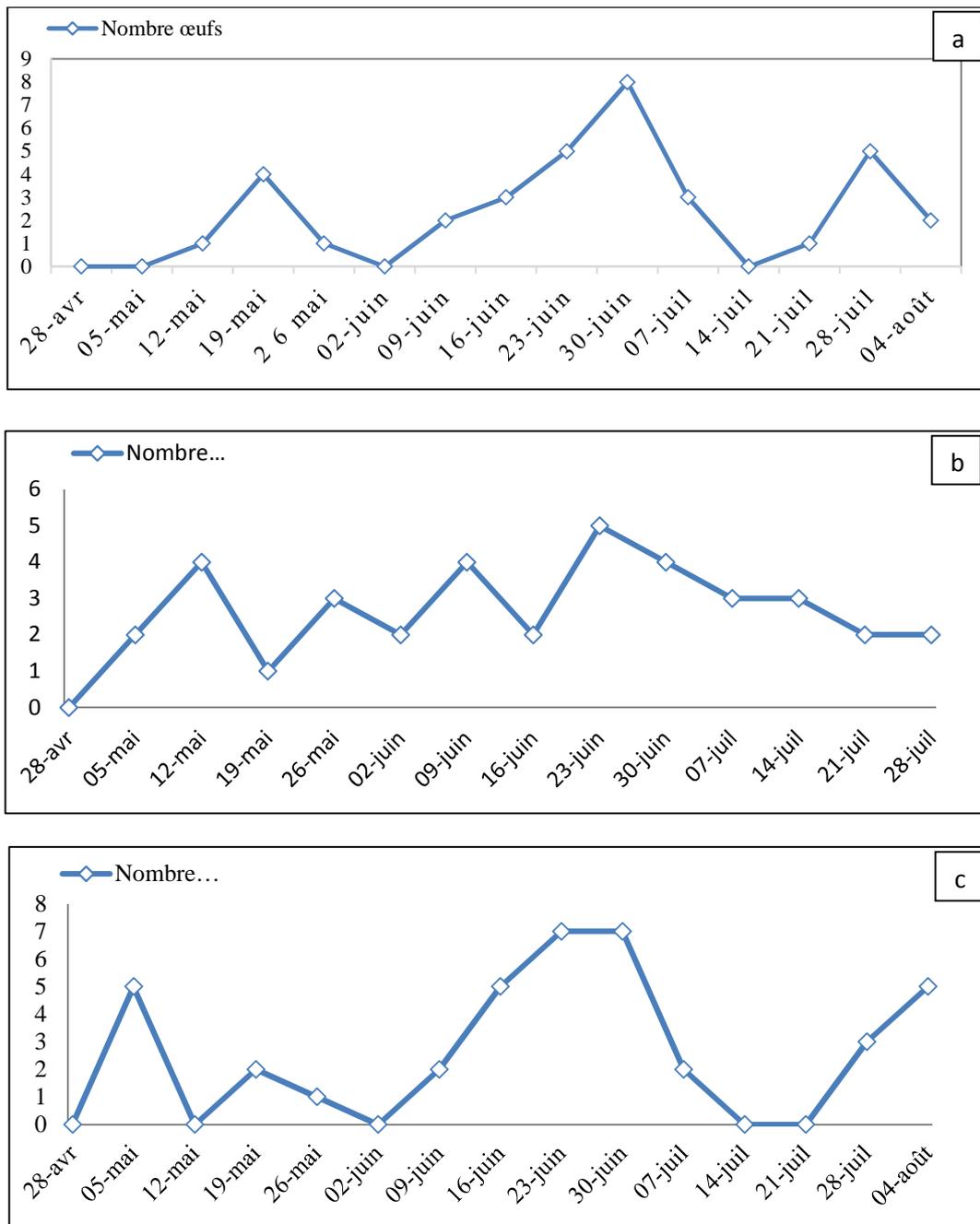
Pour la Tomallow durant les deux premières semaines d'échantillonnage, les folioles sont totalement dépourvues d'œufs. L'oviposition n'a commencé qu'à partir du 05 Mai. Le nombre d'œufs pondus par foliole s'élève la quatrième semaine pour atteindre le pic de 0.086 œufs/foliole. A partir de cette semaine, une chute remarquable est observée avec une succession de trois pics jusqu'à ne pas avoir aucun œuf au cours de la dernière semaine d'observation.

En ce qui concerne la variété Cartier, la densité des œufs pondus par foliole a subi plusieurs pics durant toute la période d'étude. La première semaine, nous avons constaté une absence totale d'œufs pondus. Les premiers œufs ont été comptabilisés la deuxième semaine avec une moyenne de 0.02. A partir de cette semaine plusieurs pics se succèdent, dont on en a dénombré 5 pics. La plus grande densité a été enregistrée le 19 Mai avec moyenne de 0.04 qui correspond à 6 œufs.

Sur la variété Tavira nous avons noté la présence d'un seul œuf pendant la première semaine de l'échantillonnage. Une augmentation en nombre d'œuf pondus au cours de la deuxième et de la troisième semaine a été notée, avec une moyenne évaluée à 0.06 correspondant à 9 œufs. Un deuxième pic a été enregistré le 26 Mai avec 6 œufs. On a remarqué une diminution de nombre d'œufs pondus durant toutes les semaines qui suivirent. Aucun œuf n'a été comptabilisé au cours de deux semaines successives, à savoir le 23 Juin et 30 Juin. Le dernier pic a été enregistré le 07 Juillet avec une moyenne de 0.026. Cette densité s'annule complètement pendant la dernière semaine de notre étude.

### **3.6. Evolution temporelle du nombre d'œufs pondus sur les folioles des variétés de tomate dans la région de Sidi Naâmane**

La figure suivante illustre l'évolution temporelle du nombre d'œufs pondus sur les folioles des trois variétés de tomate exploitées dans la région de Sidi Naâmane :



**Figure 42 :** Evolution temporelle du nombre d’œufs pondus sur les folioles des différentes variétés dans la région de Sidi Naâmane.  
 a : Cartier ; b : Dawson ; c : Tavira.

Au niveau de la serre exploitant la variété de tomate Cartier, la densité des œufs pondus par foliole a subi plusieurs pics durant toute la période qu’a durée notre étude. Durant la première semaine, nous avons constaté une absence totale d’œufs pondus. À partir de cette semaine 03 pics se succèdent. Le premier pic a une moyenne de 0,028 qui correspond à 04 premiers œufs comptabilisés le 19 Mai. La plus grande densité a été enregistrée le 30 Juin avec une moyenne

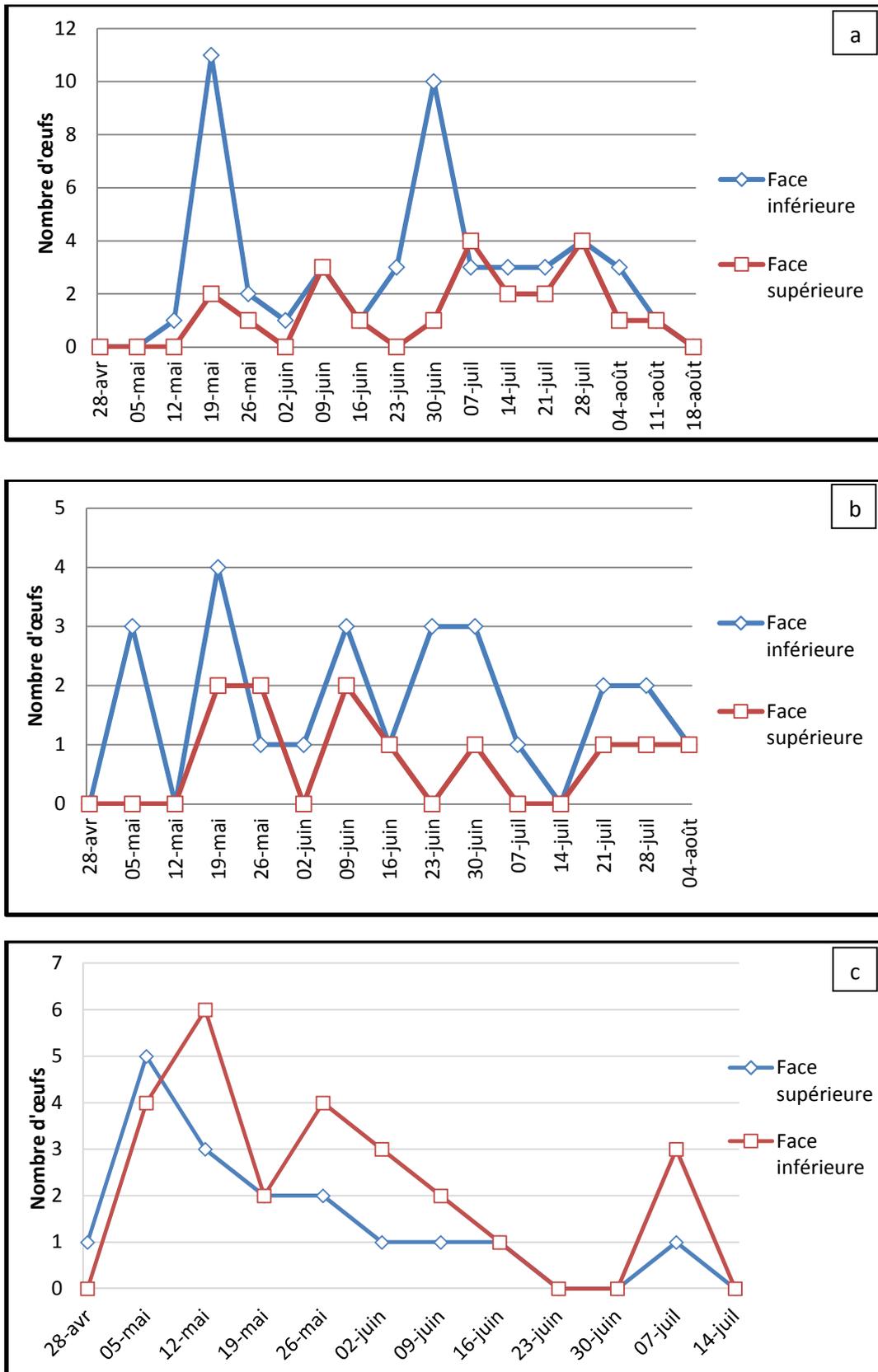
de 0,056 qui correspond à 08 œufs. Nous avons constaté une moyenne d'une densité relative de 0.035 qui correspond à 05 œufs à la dernière semaine de l'échantillonnage.

Pour la variété Dawson, le nombre moyen d'œufs pondus sur les folioles montre plusieurs pics durant toute la période d'étude. Durant la première semaine, nous avons constaté une absence totale d'œufs pondus. Les premiers œufs ont été comptabilisés la deuxième semaine avec une moyenne de 0,013 qui correspond à 02 œufs. A partir de cette semaine 04 pics se succèdent. La plus grande densité a été enregistrée le 23 Juin avec une moyenne de 0,033 qui correspond à 05 œufs.

Dans la serre de la variété Tavira, la densité des œufs pondus par foliole a subi plusieurs pics durant toute la période qu'a duré notre étude. Durant la première semaine, nous avons constaté une absence totale d'œufs pondus. À partir de cette semaine 03 pics se succèdent. Le premier pic a une moyenne de 0,033 qui correspond à 05 premiers œufs comptabilisés la deuxième semaine d'échantillonnage. La plus grande densité a été enregistrée le 23 Juin et 30 Juin avec une moyenne constante de 0,047 qui correspond à 07 œufs. Nous avons constaté une moyenne d'une densité relative de 0.033 qui correspond à 05 œufs à la dernière semaine de l'échantillonnage.

### **3.7. Evolution temporelle du nombre d'œufs pondus sur les faces inférieures et supérieures des folioles des variétés de tomate de la région d'Azeffoun**

L'évolution temporelle du nombre d'œufs pondus sur les faces inférieures et supérieures des folioles pour les trois variétés exploitées au site d'Azeffoun est représentée dans la figure 43.



**Figure 43 :** Evolution temporelle du nombre d’œufs pondus sur les faces supérieures et inférieures des folioles sur les variétés de tomates dans les serres de la région d’Azeffoun  
 a : Tomallow, b : Cartier, c : Tavera

Pour la variété Tomallow, aucune infestation n'a été observée sur les faces des folioles et ce n'est qu'à partir de la troisième semaine que les premières infestations sont apparues. Le graphe représentatif de la face supérieure enregistre 04 pics différents. Le premier pic a une valeur minimale de 0,013 œufs pondus noté le 19 Mai. Le deuxième pic a été enregistré le 09 Juin avec une densité estimée à 0,02, tandis que le troisième et le quatrième pic ont une même valeur maximale estimée à 0.026 enregistrée consécutivement le 07 et 28 Juillet.

Le graphe représentatif de la face inférieure enregistre également 04 pics différents. Le premier pic est observé le 19 Mai, avec une densité maximale de 0,073 d'œufs pondus. Une valeur minimale de 0,02 a été notée le 09 Juin.

Le dernier pic a une valeur estimée à 0,026 noté le 28 Juillet. Le graphe nous indique clairement que la face inférieure des feuilles est plus infestée que la face supérieure chez la variété Tomallow.

Au cours de la première semaine de notre étude, l'infestation est nulle pour les deux faces de folioles chez la variété Cartier. Le graphe représentant la face supérieure enregistre 04 pics distincts, le premier pic s'étale sur deux semaines consécutives aux dates du 19 et 26 Mai et le deuxième pic est observé le 09 Juin, les deux pics ont une valeur maximale de 0,013 œufs par surface foliaire.

Une densité d'œufs pondus de moindre importance, ayant une valeur de 0,006 a été notée pour le troisième pic enregistré le 30 Juin et pour le quatrième pic qui s'étale sur trois semaines consécutives, aux dates du 21, 28 Juillet et 04 Août. Le graphe représentant la face inférieure enregistre 05 pics distincts. Une valeur estimée de 0,02 a été marquée pour trois pics enregistrés le 05 Mai, le 09 Juin et au cours des deux semaines consécutives aux dates du 23 et 30 Juin.

Une valeur maximale de 0,026 a été notée le 19 Mai. Le cinquième pic est d'une densité estimée à 0,013, il s'étend sur deux semaines successives aux dates du 21 et 28 Juillet. Le graphe nous indique clairement que la face inférieure des feuilles est plus infestée que la face supérieure chez la variété Cartier.

Les faces supérieures de la variété Tavira ont été infestées dès la première semaine de notre étude, tandis que les faces inférieures n'ont été atteintes qu'à partir de la deuxième semaine. Le graphe représentatif de la face supérieure enregistre 02 pics différents. Le premier pic a été

noté le 05 Mai, avec une densité de 0,033 d'œufs pondus, tandis que le deuxième pic a été noté le 07 Juillet, avec une valeur de moindre importance estimée à 0,006.

Le graphe représentatif de la face inférieure enregistre 03 pics distincts. Le premier pic ayant une valeur maximale de 0,04, enregistré le 12 Mai. Le deuxième pic a été noté le 26 Mai avec une valeur estimée de 0.026 d'œufs pondus. Le dernier pic a une densité minimale évaluée à 0,02 le 07 juillet. A partir de ce graphe, on conclue que les deux faces des folioles sont infestées chez la variété Tavira.

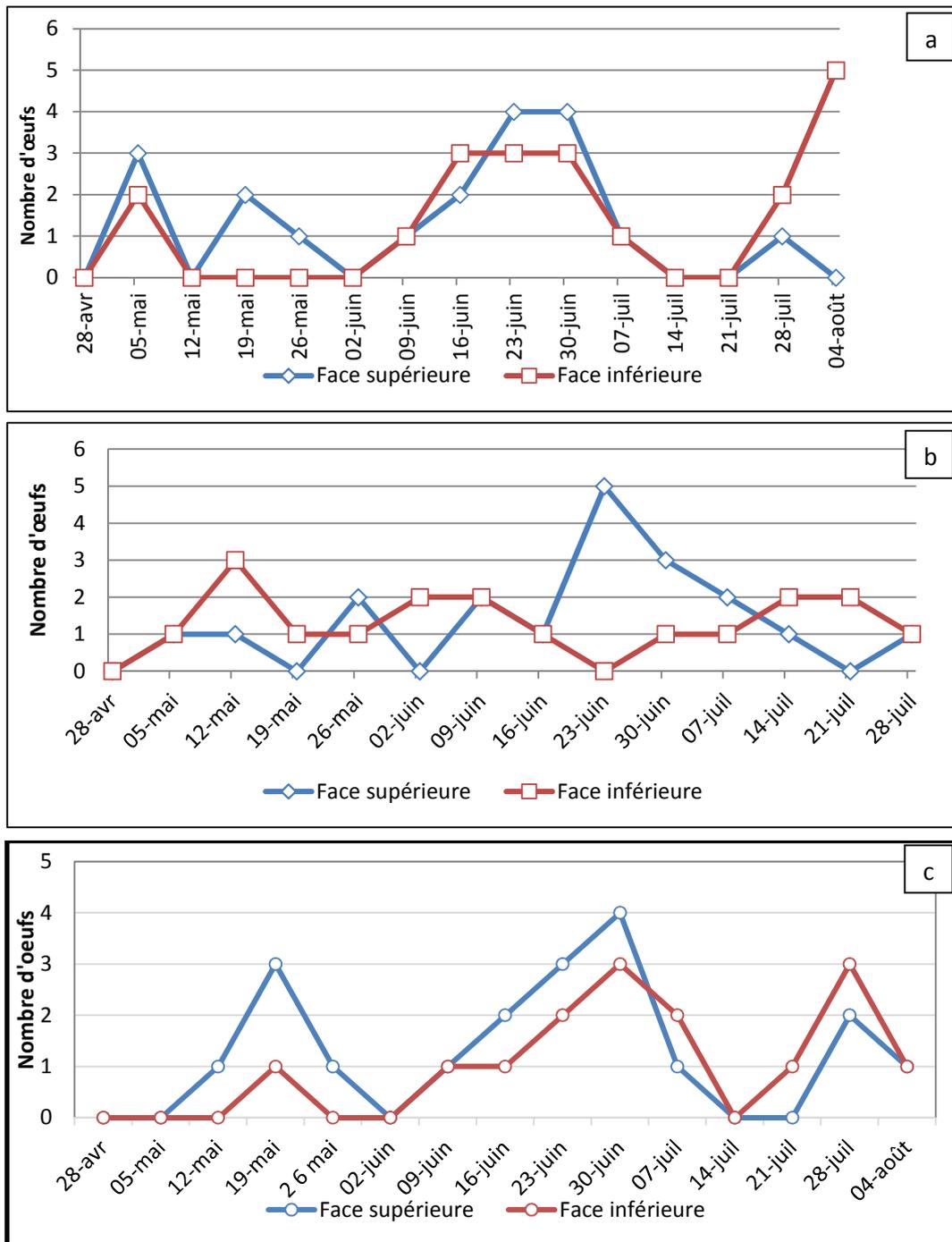
### **3.8. Evolution temporelle du nombre d'œufs sur les faces inférieures et supérieures et des plants de tomate des variétés de la région de Sidi Naâmane**

L'évolution temporelle du nombre d'œufs pondus sur les deux faces de folioles des plants de tomate sur les trois variétés étudiées au site de Sidi Naâmane est représentée sur la figure 44 :

L'évolution temporelle du nombre d'œufs pondus pour la variété Cartier sur la face supérieure et la face inférieure enregistre 03 pics distincts. Au cours de la première semaine de notre étude, l'infestation est nulle pour les deux faces des folioles. Au niveau de la face supérieure, le premier pic a une densité d'une valeur minimale de 0,02 d'œufs pondus noté le 05 Mai. Le deuxième pic a été enregistré le 19 Mai avec une densité de valeur 0,013. Une densité maximale estimée à 0,026 s'est étalée sur deux semaines consécutives aux dates du 23 Juin et 30 Juin.

Au niveau de la face inférieure, le premier pic présente une densité d'une valeur minimale de 0,013 d'œufs pondus noté le 05 Mai. Le deuxième pic, exprime une densité d'une valeur de 0,02, il s'étale sur trois semaines consécutives, aux dates du 16 au 30 Juin, tandis que la densité maximale d'une valeur de 0,033 est enregistrée le 04 Août, date de la dernière semaine d'échantillonnage.

Il ressort de ces résultats que les deux faces foliaires, inférieures et supérieures présentent presque le même degré d'infestation.



**Figure 44 :** Evolution temporelle du nombre d'œufs pondus sur les faces supérieures et inférieures des folioles des différentes variétés de tomate de la région de Sidi Naâmane  
 a : Cartier, b : Dawson, c : Tavira.

L'évolution temporelle du nombre d'œufs pondus pour la variété Dawson sur la face supérieure et la face inférieure enregistre 03 pics distincts. Au cours de la première semaine de notre étude, l'infestation est nulle pour les deux faces des folioles.

Au niveau de la face supérieure, le premier et le deuxième pic sont enregistrés le 26 Mai et le 09 Juin respectivement, avec une même densité d'une valeur minimale de 0,013. Le troisième pic est observé le 23 Juin avec une densité maximale d'une valeur de 0,033. A partir de cette date, nous notons une baisse progressive du nombre d'œufs jusqu'à une valeur nulle au 21 Juillet.

Au niveau de la face inférieure, le premier pic illustre la densité maximale qui est d'une valeur 0,02 notée le 12 Mai. Le deuxième et le troisième pic, ont une même densité de 0,013, le deuxième pic s'étalant sur deux semaines consécutives, aux dates du 02 Juin au 09 Juin et le troisième pic s'étalant sur deux semaines consécutives, aux dates du 14 Juillet au 21 Juillet.

Il ressort de ces résultats que les deux faces foliaires, inférieures et supérieures présentent presque le même degré d'infestation.

L'évolution temporelle du nombre d'œufs pondus pour la variété Tavira sur la face supérieure et la face inférieure enregistre 03 pics distincts. Au cours de la première semaine de notre étude, l'infestation est nulle pour les deux faces des folioles.

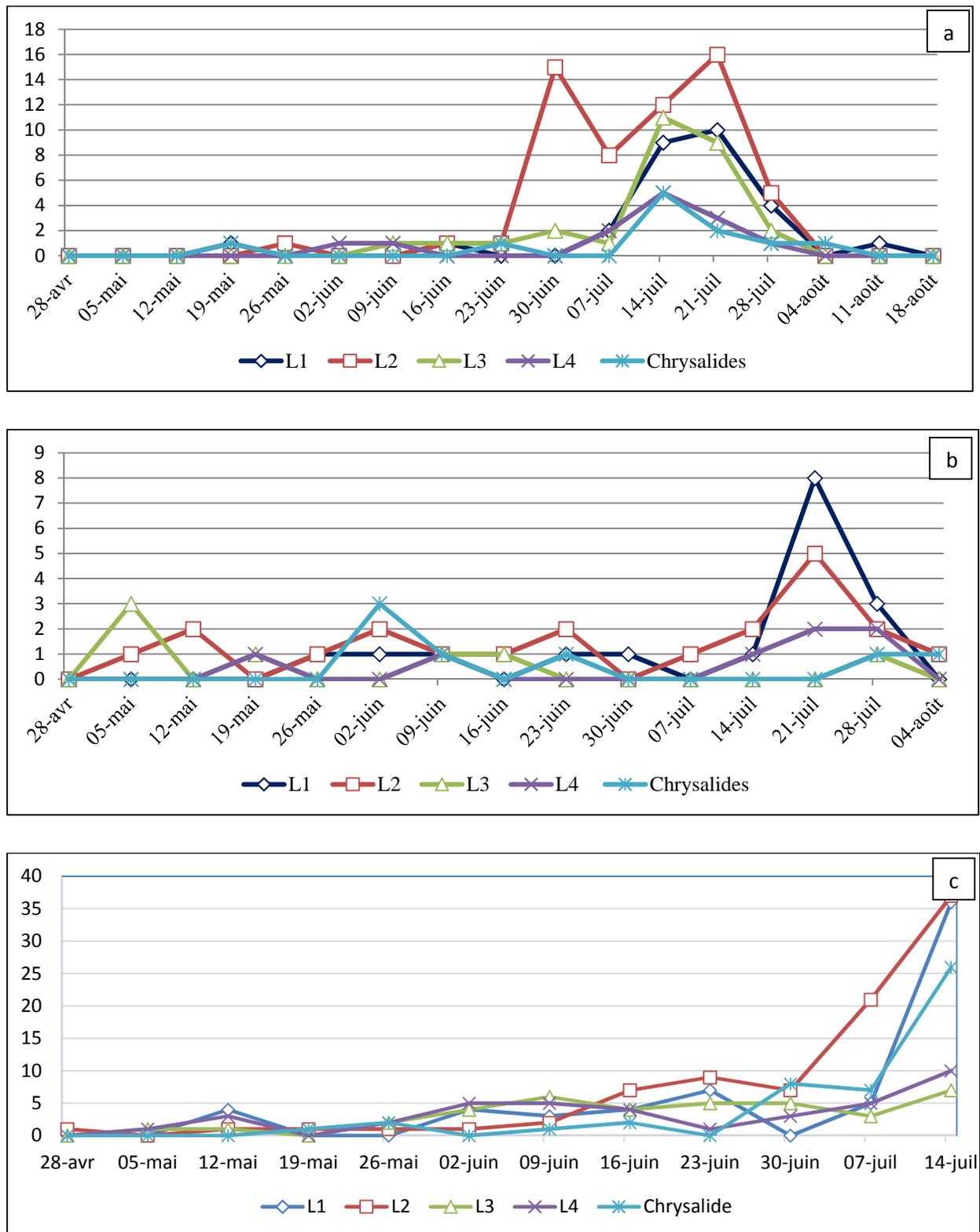
Au niveau de la face supérieure, le premier pic est enregistré le 19 Mai avec une densité d'une valeur de 0,021. Le deuxième pic est observé le 30 Juin avec une densité d'une valeur de 0,028. Le troisième pic est observé le 28 Juillet avec une densité d'une valeur de 0,014. A partir de cette date, nous notons une baisse progressive du nombre d'œufs.

Au niveau de la face inférieure, le premier pic illustre une densité de 0,007 notée le 19 Mai. Le deuxième et le troisième pic, ont une même densité d'une valeur de 0,021 enregistré le 30 Juin et le 28 Juillet respectivement.

Il ressort de ces résultats que les deux faces foliaires, inférieures et supérieures présentent presque le même degré d'infestation.

### **3.9. Evolution temporelle du nombre des 4 stades larvaires et chrysalides de *T. absoluta* dans la région d'Azeffoun**

Le nombre de larves des 4 stades larvaires ainsi que celui des chrysalides infestant les trois variétés de tomate cultivées au site d'Azeffoun sont représentées sur la figure suivante.



**Figure 45 :** Evolution temporelle du nombre des 4 stades larvaires et chrysalides de *T. absoluta* dans la région d’Azeffoun  
a : Tomallow, b : Cartier, c : Tavira

Pour la variété Tomallow, nous avons constaté une absence totale des larves L<sub>1</sub> au début de notre étude. Le 19 Mai, nous avons noté la première larve L<sub>1</sub>, puis aucune larve n'a été échantillonnée pendant les trois semaines qui suivirent. A partir du 30 Juin, nous avons remarqué une augmentation du nombre des larves L<sub>1</sub>, pour atteindre 10 larves, enregistré le 21 juillet. Aucune larve L<sub>1</sub> n'a été observée la dernière semaine de l'étude. Aucune larve L<sub>2</sub> n'a été observée au cours des quatre premières semaines de l'échantillonnage.

La première larve du stade L<sub>2</sub> a été observée le 26 Mai, puis il y a absence des larves de ce stade pendant les deux semaines qui suivirent. La période comprise entre 16 Juin et 28 juillet est caractérisée par une population active des larves L<sub>2</sub>. Deux grands pics sont mis en valeur durant cette période, l'un a été enregistré le 30 Juin avec un nombre de 15 larves et l'autre le 21 juillet avec 16 larves. Les trois dernières semaines sont caractérisées par l'absence totale des larves de ce stade.

Les larves de stade L<sub>3</sub> sont totalement absentes les six premières semaines de notre échantillonnage. La population est active entre la période qui s'étale entre le 09 Juin et le 28 juillet, pour atteindre le nombre de 11 larves enregistrées le 14 juillet. Les trois dernières semaines sont caractérisées par une absence totale des larves de ce stade.

Aucune observation n'a été faite pour le stade L<sub>4</sub> durant les cinq premières semaines de l'échantillonnage. Une seule larve L<sub>4</sub> a été enregistrée au cours des semaines consécutives, correspondantes aux 02 Juin et 09 Juillet. Aucune larve L<sub>4</sub> n'a été notée au cours des trois semaines qui suivirent. Nous avons remarqué la présence des larves L<sub>4</sub> au niveau des échantillons du mois de juillet, où nous avons enregistré le 14 juillet un nombre maximum total de 5 larves. Il y'a absence total des larves L<sub>4</sub> au cours des 03 dernières semaines.

Nous n'avons observé aucune chrysalide les trois premières semaines de notre étude. La première chrysalide a été notée le 19 Mai. Un nombre maximum de 5 chrysalides a été observé le 14 Juillet. Il y a absence des chrysalides dans les deux dernières semaines de notre échantillonnage.

Dans la serre de la variété Cartier, au début de l'étude, nous avons constaté une absence totale des larves L<sub>1</sub>. La première larve de ce stade a été observée le 26 Mai. A partir de cette date nous avons noté trois pics. Nous avons également échantillonné une seule larve dont la présence s'étale sur trois semaines consécutives aux dates du 26 Mai, 02 et 09 Juin représentant le premier pic et aux dates du 23 et 30 Juin pour le deuxième pic. Quant au

troisième pic avec un maximum de 08 larves du stade L<sub>1</sub>, il est enregistré le 21 Juillet. A partir de cette date, on notera une baisse progressive des larves du stade L<sub>1</sub> tout au long des semaines qui suivirent, jusqu'à absence total des larves de ce stade la dernière semaine d'échantillonnage.

Aucune larve L<sub>2</sub> n'a été observée durant la première semaine d'échantillonnage. La première larve fut observée le 05 Mai. Trois premiers pics représentant le stade L<sub>2</sub> sont illustrés chacun avec 02 larves correspondant aux dates du 12 Mai, 02 et 23 Juin. Un quatrième pic de 05 larves est enregistré le 21 Juillet, s'ensuit une baisse continue du nombre de ces larves jusqu'à l'atteinte d'une seule larve la dernière semaine.

Durant la première semaine, il y a absence totale des larves L<sub>3</sub>. Un pic culminant de 3 larves a été noté pendant la deuxième semaine, à partir de laquelle est observée la présence d'une seule larve du stade L<sub>3</sub> le 09, 16 Juin et le 28 Juillet. Aucune larve L<sub>3</sub> n'a été enregistrée au cours de la dernière semaine de notre étude.

Ce n'est qu'à partir de la quatrième semaine qu'a été échantillonnée la première larve du stade L<sub>4</sub>. Deux larves du stade L<sub>4</sub> ont été dénombrées le 21 et le 28 Juillet. Il y'a absence total de larves L<sub>4</sub> la dernière semaine de l'échantillonnage.

Aucune chrysalide n'a été observée durant les 05 premières semaines de l'échantillonnage. 03 chrysalides ont été observées le 02 juin, et 02 chrysalides ont été observées les deux dernières semaines d'échantillonnage.

En ce qui concerne la serre de la variété Tavira, il n'a été observé aucune larve L<sub>1</sub> durant les deux premières semaines de notre étude. Quatre larves du stade L<sub>1</sub> ont été observées le 12 Mai, puis aucune larve n'a été observée au cours des deux semaines qui suivirent. Ce n'est qu'à partir du 02 Juin jusqu'à la fin de notre étude que nous avons remarqué une population active des larves L<sub>1</sub>, à l'exception du 30 juin où nous n'avons noté aucune présence des larves de ce premier stade.

Le stade L<sub>2</sub> s'illustre par la présence d'une population active. En effet, bien qu'un nombre maximum de 36 larves a été noté la dernière semaine de l'échantillonnage, il n'a été échantillonnée qu'une seule larve du stade L<sub>2</sub> la première semaine de aux dates du 12 Mai jusqu'au 23 Juin, s'illustre sous la forme des trois premiers pics.

Le nombre des larves du stade L<sub>3</sub> est assez réduit. En effet durant la première semaine d'échantillonnage aucune larve L<sub>3</sub> n'a été enregistrée, on a remarqué une présence continue de ces larves durant toutes les semaines qui suivirent et ce jusqu'à la fin de notre étude, à l'exception du 19 Mai où nous n'avons comptabilisé aucune larve. Un nombre maximum de 7 larves a été enregistré également la dernière semaine.

Aucune larve L<sub>4</sub> n'a été observée la première semaine. Une population active a été enregistrée durant toutes les semaines de l'échantillonnage, à l'exception du 19 Mai où nous n'avons observé aucune larve de ce stade. Un nombre maximum de 10 larves a été enregistré la dernière semaine de l'échantillonnage.

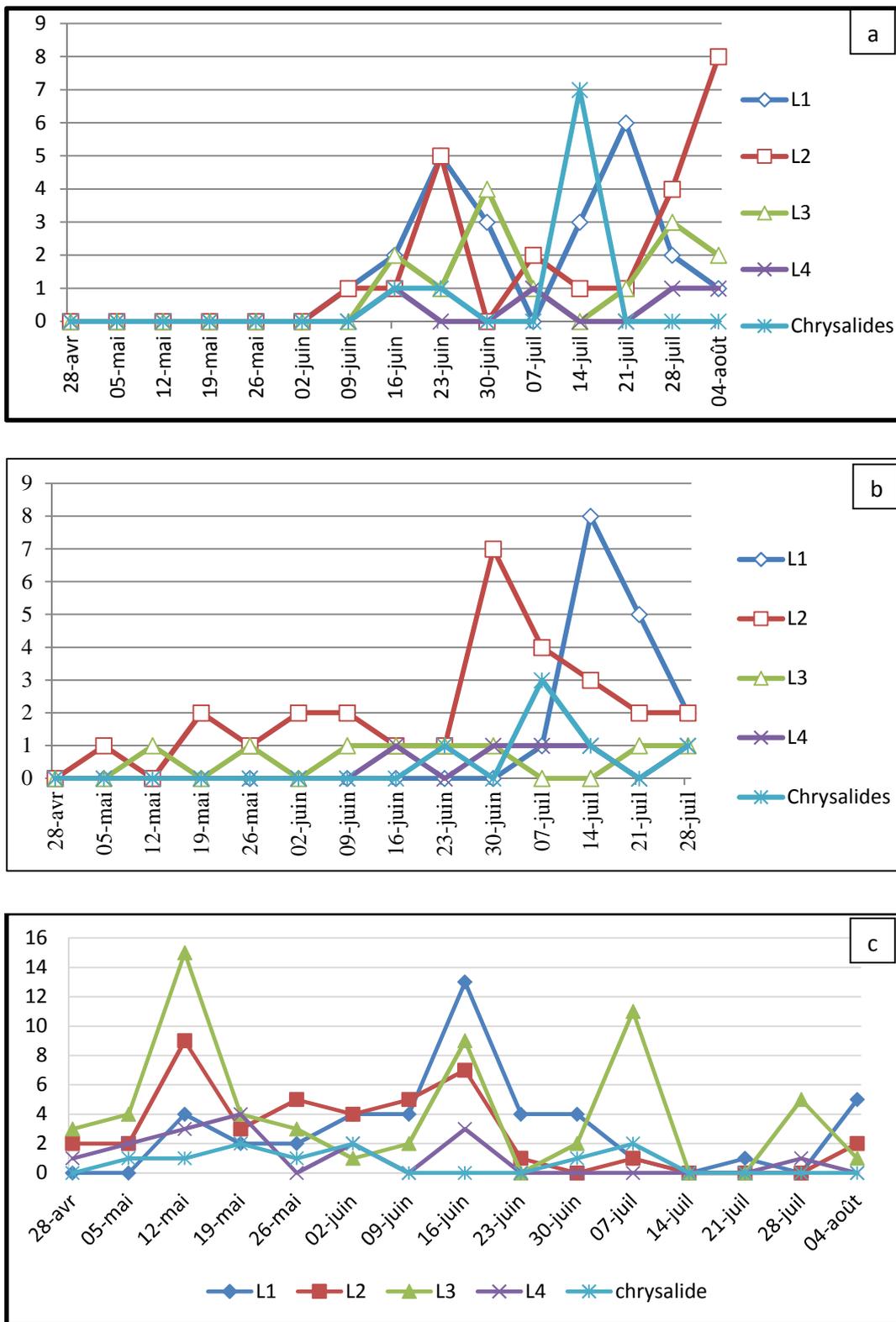
Les trois premières semaines de notre étude nous n'avons observé aucune chrysalide. Nous avons noté un nombre plus ou moins représentatif des chrysalides au cours de notre étude, avec un nombre maximum de 26 chrysalides la dernière semaine de l'étude.

### **3.10. Evolution temporelle du nombre des 4 stades larvaires et chrysalides de *T. absoluta* dans la région de Sidi Naâmane**

L'évolution temporelle des quatre stades larvaires et chrysalides de *T. absoluta* des trois serres des différentes variétés de tomate exploitées sur le site de Sidi Naâmane s'illustre sur la figure 46.

Dans la serre de la variété Cartier, nous avons constaté une absence totale des larves L<sub>1</sub> durant les six premières semaines d'étude, ainsi qu'à la date du 07 Juillet correspondant à la 11ème d'échantillonnage. La première larve L<sub>1</sub> a été observée la septième semaine, à la date du 09 Juin. Les deux périodes s'étalant du 09 au 30 Juin et du 14 Juillet au 04 Août sont caractérisées par une population active des larves L<sub>1</sub>. Deux pics successifs ont été enregistrés durant cette période. Le premier pic à 05 larves a été noté pendant la neuvième semaine le 23 Juin, et le deuxième pic à 06 larves a été noté pendant la treizième semaine à la date du 21 Juillet.

Aucune larve du stade L<sub>2</sub> n'a été échantillonnée durant les six premières semaines d'étude, ainsi qu'à la dixième semaine d'échantillonnage correspondant à la date du 30 Juin. La première larve L<sub>2</sub> a été observée la septième semaine à la date du 09 Juin. Les deux périodes s'étalant du 09 au 23 Juin et du 07 Juillet au 04 Août est caractérisée par une population active des larves L<sub>2</sub>.



**Figure 46 :** Evolution temporelle du nombre des quatre stades larvaires et des chrysalides de *T. absoluta* dans la région de Sidi Naâmane  
 a : Cartier, b : Dawson, c : Tavira

Deux pics successifs ont été enregistrés durant cette période. Le premier pic à 05 larves a été noté pendant la neuvième semaine le 23 Juin, et le deuxième pic à 02 larves a été noté pendant la onzième semaine le 07 Juillet. Une valeur maximale de 08 larves du stade L<sub>2</sub> a été enregistrée à la dernière semaine d'échantillonnage le 04 Août.

Durant les sept premières semaines d'étude et la douzième semaine d'échantillonnage correspondant au 14 Juillet, il y'a une absence totale des larves L<sub>3</sub>. Les deux premières larves L<sub>3</sub> ont été observées la huitième semaine le 16 Juin. Les deux périodes s'étalant du 16 Juin au 17 Juillet et du 21 Juillet au 04 Août sont caractérisées par une population active des larves L<sub>3</sub>. Deux pics successifs ont été enregistrés durant cette période. Le premier pic à 02 larves a été noté pendant la huitième semaine à la date du 16 Juin, le deuxième pic d'une valeur maximale de 04 larves a été noté pendant la dixième semaine le 30 Juin. Toutefois un troisième pic à 03 larves a été noté durant l'avant dernière semaine d'échantillonnage à la date du 28 Juillet.

Aucune larve L<sub>4</sub> n'a été observée durant les 07 premières semaines et durant les périodes s'étalant du 23 au 30 Juin et du 14 au 21 Juillet. Une seule larve L<sub>4</sub> a été dénombrée le 16 Juin, le 07 Juillet et le 28 Juillet jusqu'au 04 Août (dernière semaine de l'échantillonnage)

Les sept premières semaines sont caractérisées par une absence totale de chrysalides. Une seule chrysalide a été échantillonnée au cours de deux semaines successive aux dates du 16 et 23 Juin. Un seul pic de 07 chrysalides a été noté le 14 Juillet. Aux autres dates notre échantillonnage est dépourvu de chrysalides

Dans la serre de la variété Dawson, nous avons noté une absence totale des larves L<sub>1</sub> durant les dix premières semaines d'étude. La première larve L<sub>1</sub> a été observée le 07 Juillet. A partir de cette date, nous n'avons noté qu'un seul pic avec une valeur maximale de 08 larves au 14 Juillet, s'ensuit une baisse progressive du nombre de larves L<sub>1</sub> tout au long des semaines qui suivirent. Le 28 Juillet seules deux larves sont observées.

Aucune larve L<sub>2</sub> n'a été observée durant la première semaine d'échantillonnage. Toutefois 03 pics sont à signaler. Le premier et le deuxième pic ont une même valeur de 02 larves échantillonnées le 19 Mai, et du 02 au 09 Juin respectivement. Le troisième pic marque la présence d'une valeur maximale de 07 larves échantillonnées le 30 Juin, on notera une baisse progressive des larves L<sub>2</sub> tout au long des semaines qui suivirent, jusqu'à une valeur de 02 larves observées les deux dernières semaines de l'échantillonnage.

La population du stade L<sub>3</sub> est peu active dans la serre de la variété Dawson. Une seule larve a été échantillonnée aux dates du 26 Mai et des deux périodes s'étalant du 09 et 30 Juin et du 21 au 28 Juillet. Les autres semaines de l'étude sont dépourvues des larves de ce stade.

Il en est de même pour les larves du stade L<sub>4</sub>, une seule larve est échantillonnée le 16 et 30 Juin et les trois dernières semaines de l'échantillonnage. Aux autres dates notre échantillonnage est dépourvu des larves de ce dernier stade.

Un maximum de 03 chrysalides a été comptabilisé pour cette variété à la date du 07 Juillet. Une seule nymphe a été observée aux dates respectives aux dates du 23 Juin, 14 et 28 Juillet. Le reste des semaines de l'échantillonnage, il y'a absence de chrysalides.

Dans la serre de la variété Tavira, nous avons constaté une absence des larves L<sub>1</sub> à la première semaine d'étude. Quatre larves de ce stade ont été comptabilisées le 12 Mai et le 02 Juin. Un maximum de 13 larves a été observé le 16 Juin, date à laquelle on notera une baisse progressive des larves L<sub>1</sub> tout au long des semaines qui suivirent, jusqu'à une valeur d'une seule larve enregistrée du 21 Juillet au 04 Août qui s'étalent du 21 au 04 Août (la dernière semaine de l'échantillonnage).

Aucune larve L<sub>2</sub> n'a été observée durant la première semaine d'échantillonnage. Nous avons enregistré 04 pics. Le premier est estimé à 9 larves le 12 Mai. Le second pic est estimé à 05 larves le 26 Mai. Le troisième pic marque la présence d'une valeur maximale de 7 larves échantillonnées le 16 Juin, on notera une baisse progressive des larves L<sub>2</sub> tout au long des semaines qui suivirent, jusqu'à une valeur d'une seule larve rapportée le 07 Juillet.

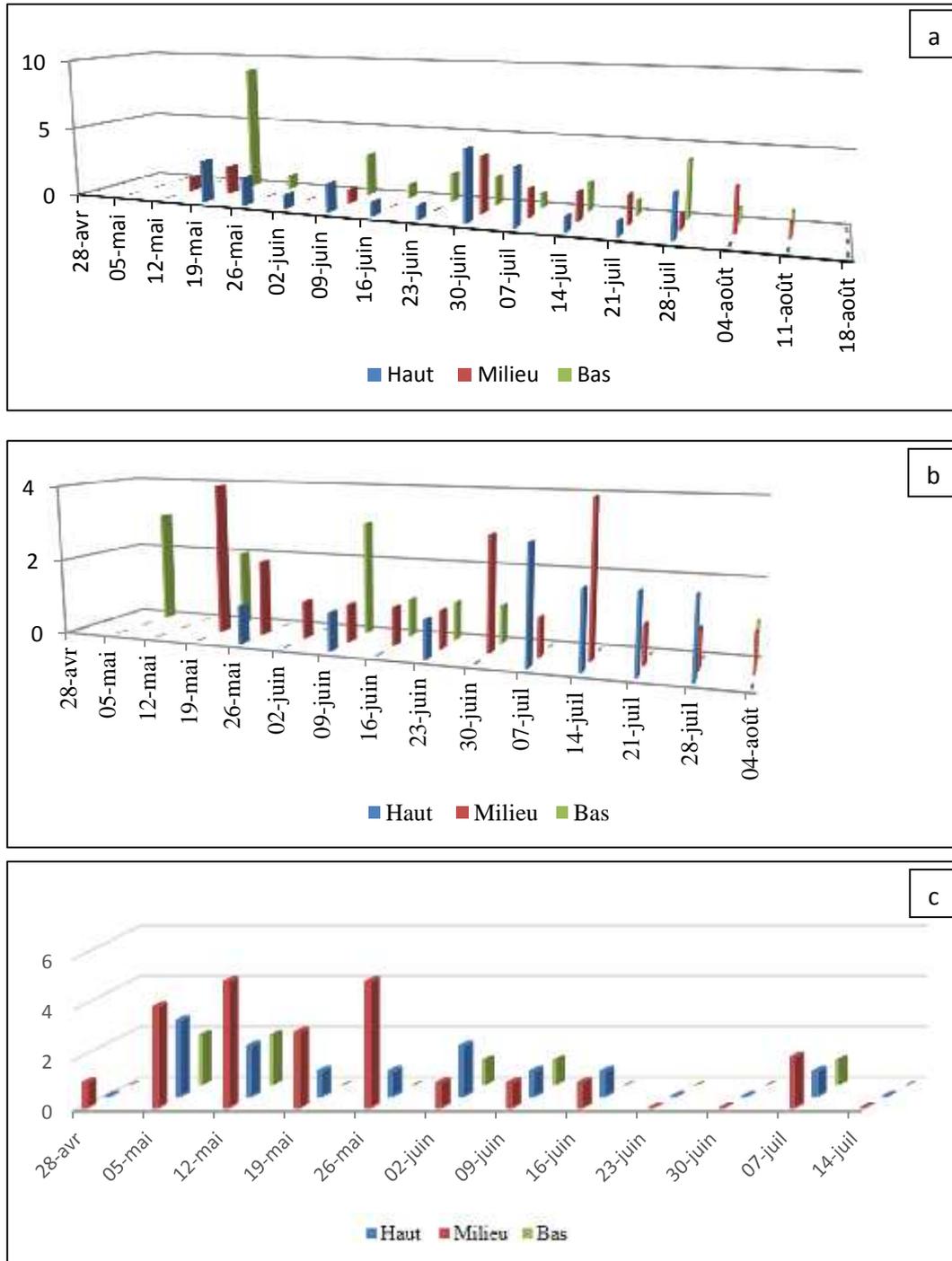
Il y'a absence de larve du stade L<sub>3</sub> la première semaine d'échantillonnage. Un maximum de 15 larves a été dénombré le 12 Mai, 09 larves sont échantillonnées le 16 Juin, 11 larves le 07 Juillet et 05 larves le 28 juillet

La première larve L<sub>4</sub> a été observée le 19 mai avec une valeur de 4 larves correspondant au premier pic. Le second pic s'illustre avec 3 larves le 16 juin. Une seule larve est observée le 28 juillet.

La population des chrysalides chez cette variété est caractérisée par la présence de la première chrysalide le 05 Mai. Un maximum de 02 chrysalides est échantillonné le 19 Mai, le 02 Juin et le 07 Juillet respectivement. Le reste des semaines d'échantillonnage, aucune chrysalide n'a été observée.

**3.11. Evolution temporelle de la distribution des œufs selon l'étage foliaire des plants de tomate des différentes variétés dans la région d'Azeffoun**

Les histogrammes ci-dessous illustrent l'évolution temporelle de la distribution des œufs selon l'étage foliaire des trois variétés de tomate exploitées au site d'Azeffoun :



**Figure 47 :** Evolution temporelle de la distribution des œufs selon l'étage foliaire des plants de tomate dans la région d'Azeffoun  
 a: Tomallow, b: Cartier, c: Tavira

Chez la variété Tomallow, les femelles de *T. absoluta* préfèrent pondre leurs œufs sur les feuilles basales par rapport aux deux autres étages foliaires (feuilles intermédiaires et feuilles apicales)

Pour la variété Cartier, les femelles de *T. absoluta* ont une préférence de ponte de leurs œufs sur les feuilles intermédiaires et basales par rapport aux feuilles apicales.

Les folioles de la variété Tavira voient leurs feuilles apicales et intermédiaires plus infestées par les œufs de *T. absoluta*

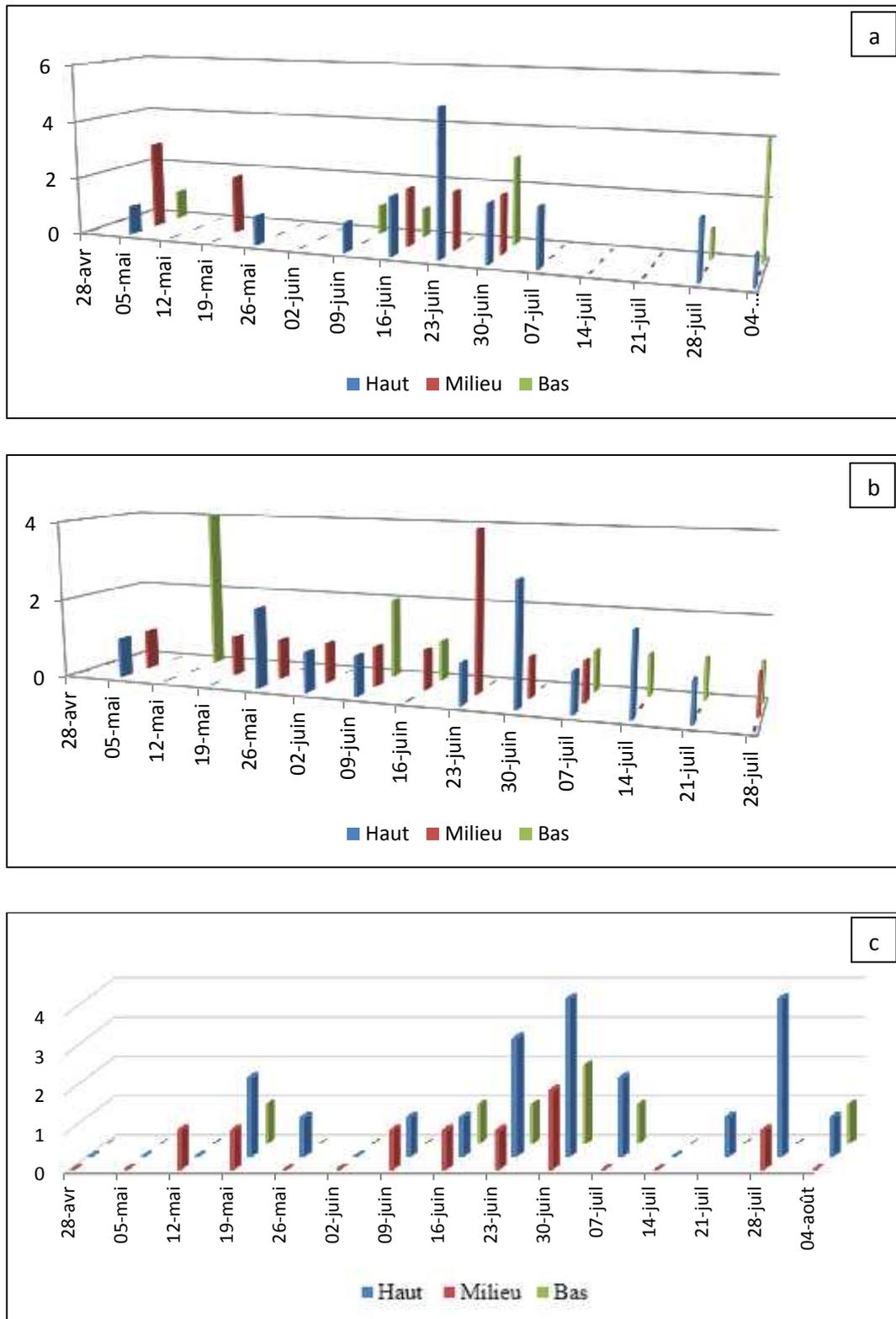
### **3.12. Evolution temporelle de la distribution des œufs selon l'étage foliaire des plants de tomate dans la région de Sidi Naâmane**

Les histogrammes représentés sur la figure 48 illustrent l'évolution temporelle de la distribution des œufs selon l'étage foliaire des trois variétés de tomate exploitées au site de Sidi Naâmane.

Pour la variété Cartier les femelles de *T. absoluta* préfèrent pondre leurs œufs sur les feuilles apicales que sur les feuilles intermédiaires et basales

Pour la variété Dawson, les femelles de *Tuta absoluta*, préfèrent pondre leurs œufs sur les feuilles basales et intermédiaires que sur les feuilles apicales.

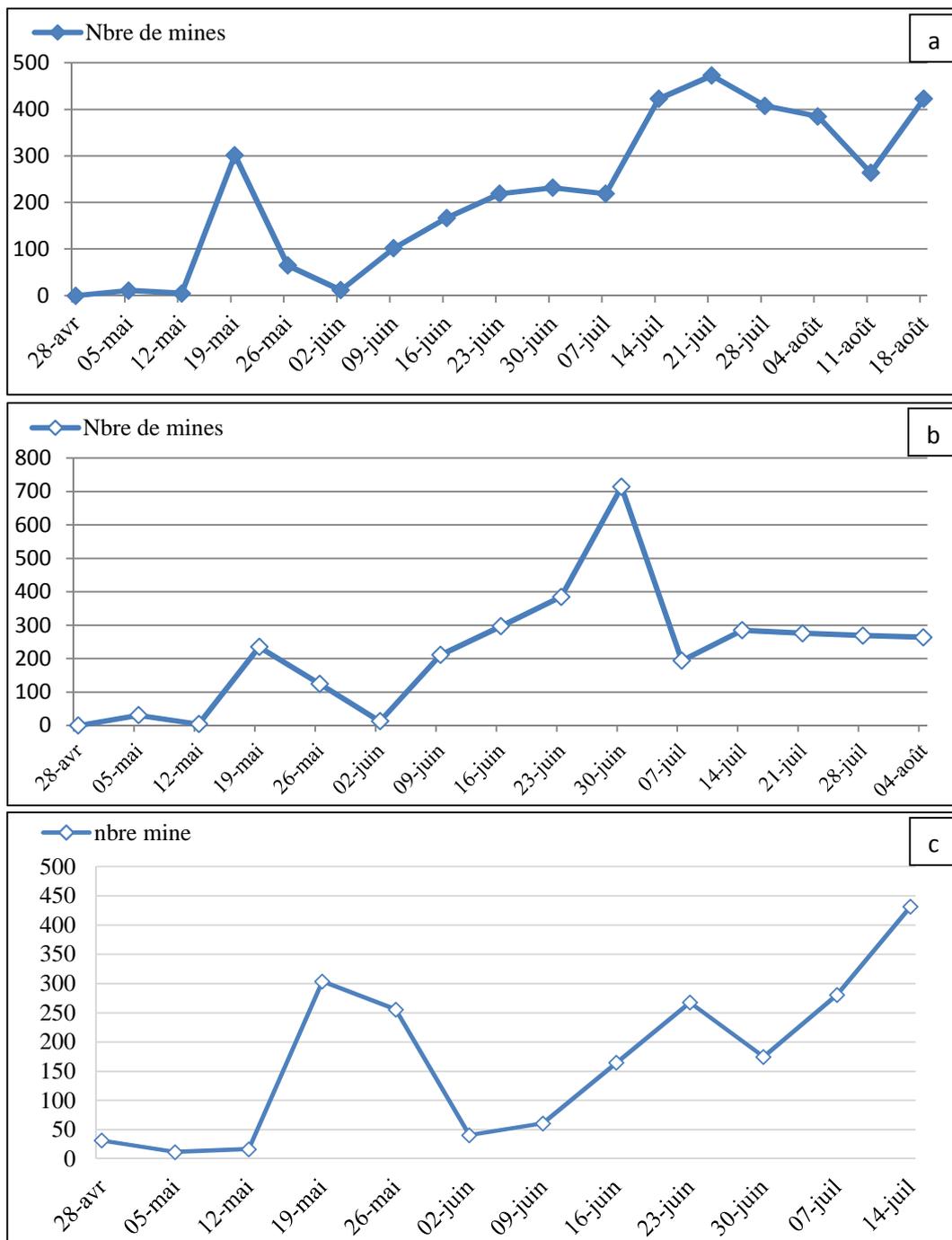
Pour la variété Tavira, les femelles de *Tuta absoluta*, préfèrent pondre leurs œufs sur les feuilles apicales et intermédiaires que sur les feuilles basales.



**Figure 48 :** Evolution temporelle de la distribution des œufs selon l'étage foliaire des plants de tomate dans la région de Sidi Naâmane  
 a : Cartier, b : Dawson, c : Tavira

**3.13. Evolution temporelle du nombre des mines sur les folioles des plantes de tomate de la région d’Azeffoun**

Les dégâts que cause *T.absoluta* sur les folioles de plants de tomate sont illustrés par des mines de différentes tailles représentées sous forme de boursouflures. Ci-dessous est représentée l’évolution temporelle des mines sur les plants de tomates des différentes variétés exploitées sur le site d’Azeffoun :



**Figure 49 :** Evolution temporelle du nombre de mines sur les folioles des plants de tomates des différentes variétés dans la région d’Azeffoun  
 a : Tomallow, b ; Cartier, c : Tavira

Sur la variété Tomallow et durant la première semaine de l'échantillonnage aucune mine n'a été détectée. Les premières mines ont été observées le 05 Mai, elles sont évaluées à 11 mines. Une densité importante a été notée pendant la quatrième semaine de l'échantillonnage. En effet, un maximum de 473 mines a été noté le 21 juillet. Un nombre de 423 mines a été dénombré au cours de la dernière semaine d'échantillonnage.

La densité des mines sur les folioles de la variété Cartier a subi plusieurs pics durant toute la période qu'a duré notre étude. Les premières mines ont été observées à la date du 05 Mai, avec un nombre de 31 mines. Une densité des mines importante a été observée à partir du 19 Mai jusqu'à la fin de l'échantillonnage. Une densité maximale correspondante à 714 mines a été enregistrée le 30 Juin. Une valeur de 264 mines a été évaluée la dernière semaine de l'étude

Des fluctuations de nombre des mines ont été remarquées tout au long de notre étude pour la variété Tavira. Nous avons noté 32 mines pendant la première semaine de l'échantillonnage. 304 mines ont été dénombrées le 19 Mai. Une densité maximale de 432 mines a été notée la dernière semaine de notre étude à la date du 14 juillet.

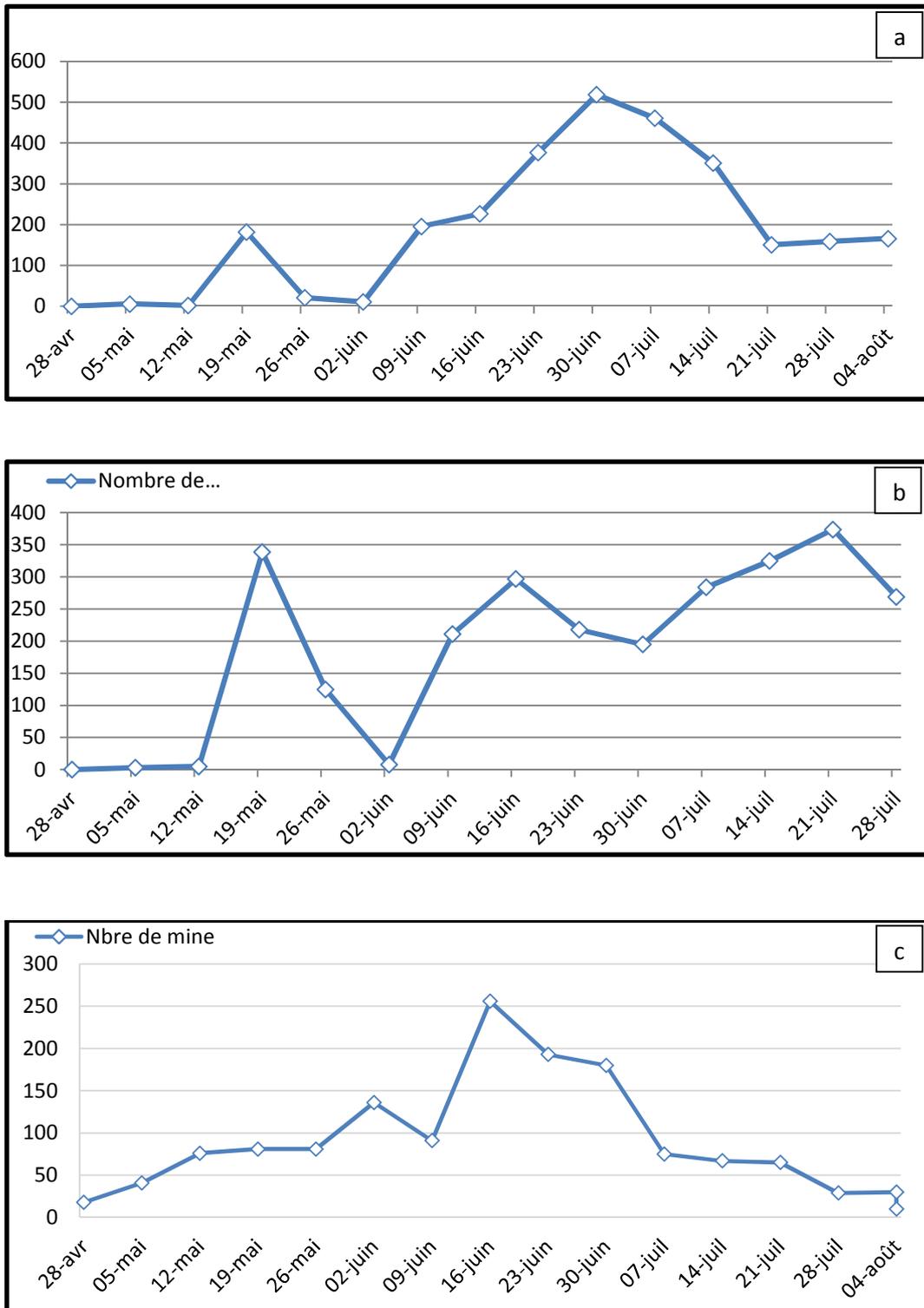
### **3.14. Evolution temporelle du nombre des mines sur les folioles des plantes de tomate de la région de Sidi Naâmane**

L'évolution temporelle des mines sur les folioles des différents plants des trois variétés de tomates exploitées dans la région de Sidi Naâmane est représentée sur la figure 50.

La variété Cartier a subi des dégâts sur les folioles de plants de tomate tout au long de notre étude. En effet, ces dommages sont illustrés par le nombre de 06 mines pendant la première semaine d'échantillonnage, 182 mines ont été dénombrées le 19 Mai. Une densité maximale de 519 mines a été observée le 30 Juin.

Des fluctuations de nombre des mines ont affectées les folioles des plants de tomate de la variété Dawson tout au long de notre étude. Nous avons noté la présence de 03 mines pendant la première semaine d'échantillonnage, 339 mines ont été dénombrées le 19 Mai. Une densité maximale de 375 mines a été dénombrée l'avant dernière semaine de notre étude à la date du 21 juillet.

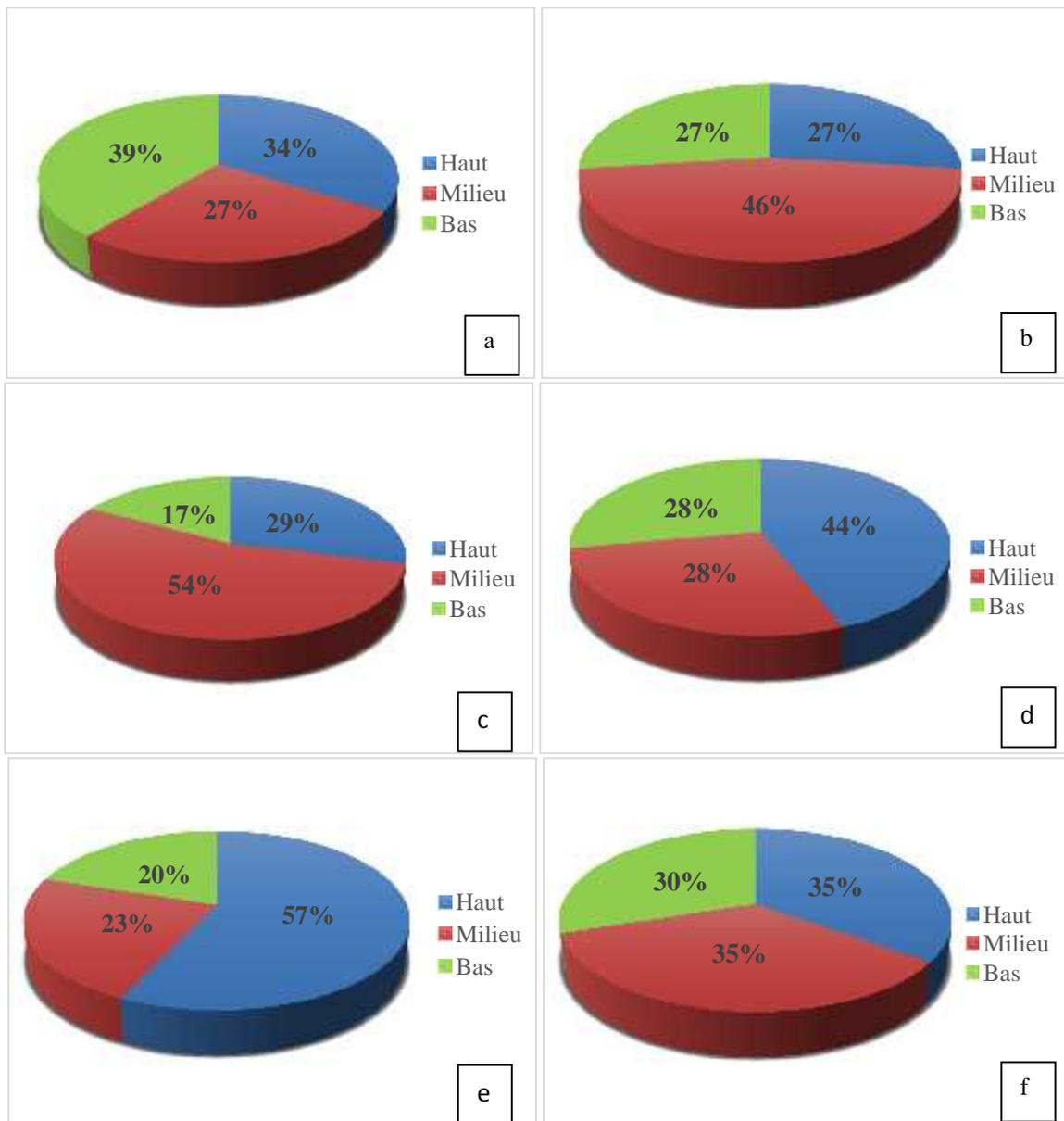
Pour la variété Tavira, 41 mines ont été comptabilisées pendant la première semaine d'échantillonnage. 136 mines ont été dénombrées le 02 Juin. Un maximum de 256 mines a été observé le 16 Juin.



**Figure 50 : Evolution** temporelle du nombre de mines sur les folioles des plants de tomates dans la région de Sidi Naâmane  
a : Cartier, b : Dawson, c : Tavira

### 3.15. Taux d'infestation des folioles sur les différents niveaux des plants

Le pourcentage d'infestation par la mineuse *T. absoluta* estimé sur les folioles et représenté sur la figure suivante :



**Figure 51 :** Taux d'infestation des folioles sur les différents niveaux des plants de tomate

- a : tomate de variété Tomallow (Azeffoun).
- b : tomate de variété Cartier (Azeffoun).
- c : tomate de variété Tavira (Azeffoun).
- d : tomate de variété Cartier (Sidi Naâmane).
- e : tomate de variété Tavira (Sidi Naâmane).
- f : tomate de variété Dawson (Sidi Naâmane).

**Sur la variété Tomallow à Azeffoun**

Le pourcentage d'infestation est d'une valeur maximale de 39 % pour les feuilles basales, 34% pour les feuilles apicales et 27% pour les feuilles intermédiaires.

**Sur la variété Cartier à Azeffoun**

Le pourcentage d'infestation est d'une valeur maximale de 46 % pour les feuilles intermédiaires, et 27% pour les feuilles apicales et basales.

**Sur la variété Tavira à Azeffoun**

Le pourcentage d'infestation est d'une valeur maximale de 54 % pour les feuilles intermédiaires, 29% pour les feuilles apicales et 17% pour les feuilles basales.

**Sur la variété cartier à Sidi Naâmane**

Le pourcentage d'infestation est d'une valeur maximale de 44 % pour les feuilles apicales, 28% pour les feuilles intermédiaires et basales.

**Sur la variété Dawson à Sidi Naâmane**

Le pourcentage d'infestation est d'une valeur maximale de 57 % pour les feuilles apicales, 23% pour les feuilles intermédiaires et 20% pour les feuilles basales.

**Sur la variété Tavira à Sidi Naâmane**

Le pourcentage d'infestation est d'une valeur maximale de 35 % pour les feuilles intermédiaires et les feuilles apicales et 30% pour les feuilles basales.

**4. Discussion**

Les résultats obtenus sur le suivi des courbes de vol des adultes de la mineuse de la tomate montrent que les facteurs climatiques (températures et humidités) n'ont pas d'influence sur l'effectif des populations de *T. absoluta* dans les serres de différentes variétés pour nos deux régions d'étude.

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par CHOUGAR (2011) dans les mêmes conditions, qui rapporte que le nombre des adultes piégés n'est pas influencé par les températures et les taux d'humidité qui règnent à l'intérieur des serres. Cependant, PEREIRA DOS (2008) explique que les conditions climatiques influent directement sur la dynamique des populations de l'insecte. Dans la même optique, IVANOVIC et NENADOVIC (1999), soulignent que la température est un facteur abiotique très important qui affecte le développement, la survie et la reproduction de l'insecte. Par ailleurs, ZAID et *al.* (2019) annoncent que les infestations engendrées par *T. absoluta* sont significativement influencées

par les variations thermiques (températures maximales et températures minimales). Les abondances et les infestations sont d'autant plus élevées que les températures sont élevées. En outre ALLACHE et *al.* (2017) soulignent que la densité de *T. absoluta* dépend à la fois des températures et des variétés de tomates, observations auxquelles ils sont parvenus après des études menées sur la dynamique des populations de *T. absoluta* sous les conditions de serres à Biskra. D'autre part, les travaux de GUENAOUI (2008) attestent que les populations de *T. absoluta* sont régulées par l'action des facteurs climatiques, en particulier la température et l'humidité. La durée de son cycle évolutif est de 76 jours à 14°C, 40 jours à 20°C et 24 jours à 27°C. Ainsi la mineuse de la tomate ne serait pas capable de se reproduire rapidement en basses températures. Suggestion confirmée par les travaux menés en Grande Bretagne par CUTHEBERSON et *al.* (2013) qui n'ont pas pu obtenir des adultes de *T. absoluta* à une température de 10°C.

En outre, BOUALEM et *al.* (2012) observent que la vitesse de développement de *T. absoluta* augmente en jours lorsque la température baisse, elle est de 21,1 jours à 26°C et 29,4 jours à 23,4°C, alors que VARGAS (1970) ; RAZURI et VARGAS (1975) ont obtenu un temps de développement de 27 jours à 25 °C et 26 jours à 24°C.

La période d'échantillonnage effectuée dans les deux sites d'étude, nous a permis de conclure une succession de plusieurs générations de *T. absoluta* au niveau des serres étudiées. Elles oscillent entre 03 et 05 générations selon le site et la variété sur laquelle sont effectués les prélèvements hebdomadaires. Selon MAHDI et *al.* (2011), la mineuse de la tomate est une espèce polyvoltine qui peut avoir 10 à 12 générations par an. MAHDI ET DOUMANDJI (2013) rajoutent que le nombre de générations de *T. absoluta* change selon les régions et les conditions climatiques. Pour ALILI et *al.* (2014) l'existence de 7 générations est mise en évidence grâce aux captures des adultes par les pièges Delta dans les serres dotées d'insecte-proof, et 05 générations dans les serres à pratiques locales. SILVA (2008) rappelle que *T. absoluta* a un cycle de vie qui peut durer de 29 à 38 jours selon les conditions environnementales avec des chevauchements de générations. MARGARIDA (2008) rejoint l'idée de l'auteur précédent en rapportant que les mineuses qui vivent sur les cultures annuelles (comme la tomate), en plein champs ou sous serre, possèdent un grand nombre de générations annuelles qui se chevauchent, il est de 10 à 12 générations pour *T. absoluta*. SCHOHEN (2009) rajoute que ce nombre de générations par an peut être atteint si la nourriture pour les larves est abondante.

Les résultats obtenus pour les différents stades larvaires, révèlent que l'évolution larvaire de *T. absoluta* devient de plus en plus importante tout au long de notre étude. En effet, la période entre début Juin et fin Juillet est marquée par une alternance active des quatre stades larvaires et chrysalides pour toutes les variétés de tomate étudiées. En effet, selon BALACHOWSKY (1966), la succession de différents stades larvaires dépend fortement des conditions climatiques. Les résultats obtenus par KECHEMER et FORESTER (2015) indiquent que *T. absoluta* est capable de se développer sur une large gamme de température. Les travaux de ÖZGOKCE *et al.* (2016) menés durant plusieurs années dans plusieurs régions de Turquie ont démontré que les températures idéales pour le développement de *T. absoluta* sont entre 29,5 °C et 32 °C. Le nombre de générations de l'insecte oscille entre 04 et 10 générations selon les régions et les années. Par ailleurs, PINCEBOURDE et WOODS (2012) signalent que la température à l'intérieur des galeries est généralement plus chaude que celle de la surface des feuilles, cela pourrait permettre aux larves de ce ravageur de tolérer des températures plus basses.

Nous avons constaté durant notre expérimentation que les larves du stade L<sub>2</sub> sont les plus fréquentes par rapport aux larves des stades L<sub>1</sub>, L<sub>3</sub> et L<sub>4</sub>. Contrairement à CHOUGAR (2011), qui constate que les larves de stade L<sub>3</sub> sont les plus fréquentes par rapport aux larves des trois autres stades.

Les larves du stade L<sub>4</sub>, sont faiblement comptabilisées pour toutes les variétés, tout au long de l'échantillonnage, ceci pourrait être expliqué par la courte durée de leur développement pour passer au stade nymphal, bien que la larve L<sub>4</sub> soit bien active comme le rappellent BOGORINI-SILVA et CARVALHO (2003), qui estiment que la larve de ce stade peut consommer 2,2cm<sup>2</sup> de la surface de la foliole.

MARCANO (2008) atteste que la durée des stades larvaires est de 12 à 15 jours selon la température, précisant que le délai séparant 02 échantillonnages successifs est d'une semaine, il est par conséquent suffisant pour permettre à la larve L<sub>4</sub> de se développer en stades nymphales. Ces résultats rejoignent ceux de CHOUGAR (2011), qui constate que les larves de stade L<sub>4</sub>, sont en effectif assez réduit. TROTTIN-CAUDAL *et al.* (2010) avancent qu'à une température entre 27°C et 30°C, la durée de développement des stades larvaires est comprise entre 9,5 et 11 jours. Dans la même optique GILLIAN (2009) note que les stades larvaires durent 10 jours lorsqu'il fait de 24 à 26°C. PIRES *et al.* (2010) rejoignent cette suggestion en rappelant que la période larvaire est variable en fonction de la température. En outre, ERDOGAN *et*

BABAROGLU (2014) estiment la période totale du stade larvaire à 10,97 Jours. Quant au développement de pupes, il est évalué à 9,54 Jours.

Durant toute notre étude, nous avons comptabilisé un nombre faible de chrysalides uniquement pour les variétés étudiées. Cet effectif de chrysalides sur les feuilles, s'explique par la nymphose qui peut se dérouler aussi sur le sol. En effet, selon MERIGUET et ZAGATTI (2001), la nymphose peut avoir lieu dans le sol, sur les feuilles ou à l'intérieur des mines. TORRES *et al.* (2011) attribuent le nombre faible de chrysalides au travail profond du sol lors de sa préparation, il serait à l'origine de la destruction des chrysalides de *T. absoluta* qui se développent en partie dans le sol.

L'ovoposition des femelles de *T. absoluta* sur les plants de tomate par rapport à d'autres Solanacées est préférentielle car ce ravageur peut se nourrir de toutes les parties aériennes de la plante (FERNANDEZ et MONTAGNE, 1990). Par ailleurs, il serait toutefois intéressant de prendre en considération les suggestions d'UMEH *et al.* (2002), qui rapportent que l'infestation de *T. absoluta* est réduite dans les champs où la culture de tomate est associée à celles des céréales, tubercules ou autres légumes.

Selon le niveau de distribution des œufs sur les feuilles de tomate, nos résultats ont révélé que les femelles de *T. absoluta* préfèrent pondre sur les feuilles apicales et intermédiaires pour les variétés Cartier, Tavira et Dawson. Pour la variété Tomallow, les femelles de ce microlépidoptère préfèrent pondre sur les feuilles basales. La ponte réduite sur les feuilles basales peut être due à leur exposition ou bien que les tissus végétaux des feuilles apicales et intermédiaires sont plus tendres que ceux des feuilles basales, tandis que les femelles sont souvent à la recherche d'abri pour protéger leurs œufs de différents imprévus climatiques. Nos résultats corroborent ceux de HUNTER *et al.* (1991) qui attestent qu'une infestation élevée s'observe plus sur les feuilles apicales que sur les feuilles basales et intermédiaires. CHOUGAR (2011) note également que le taux d'infestation est beaucoup plus important sur les feuilles apicales que sur les feuilles intermédiaires et basales. Par ailleurs et en complément NAVA *et al.* (2005) attestent que le choix du site de ponte dépend de plusieurs facteurs liés à l'odorat et à la vision faisant appel au système nerveux central qui induit des impulsions émises par les différentes parties de l'organisme.

Les résultats obtenus concernant la ponte des femelles de *T. absoluta* sur les deux faces foliaires, inférieures et supérieures montre différents degrés d'infestation. Ces résultats

rejoignent ceux de BODENDÖRFER et *al.* (2011), qui attestent que souvent, la face inférieure est plus infestée par rapport à la face supérieure des feuilles. Par ailleurs, dans la région de Mostaganem GUENAOUI (2008) observe que les femelles pondent isolément leurs œufs, de préférence sur la face inférieure des feuilles de tomate, aux niveaux des jeunes tiges tendres et des sépales des fruits immatures.

VIERA (2007) signale la capacité de dispersion et nuisance de ce ravageur. Les dégâts occasionnés par *T. absoluta* s'observent sur le feuillage en formant des galeries sur les fruits mûrs et immatures en formant des trous de sortie. ESTAY (2000) rajoute que sur les feuilles, les attaques se manifestent par l'apparition de galeries blanchâtres et transparentes (seul l'épiderme persiste, le parenchyme étant consommé) renfermant chacune une chenille et des déjections. GUISTOLINE et *al.* (2002) avancent que les chenilles se déplacent dans différentes parties de la plante dans les heures les plus chaudes de la journée. SYLLA et *al.* (2017) rajoutent que *T. absoluta* a une forte mobilité de ces populations de papillons nocturnes et une capacité à survivre dans des environnements difficiles et persister sur les plantes alternatives. MOTTA et *al.* (2005) affirment qu'au cours du premier stade de développement, la mineuse peut tuer la plante. ABAPLAZA (1992) remarque que les fruits sont attaqués dès la nouaison du côté pédonculaire. La larve perfore la galerie, le fruit est déformé, ce qui les rends prédisposés aux attaques des agents pathogènes. Ce qui est confirmé par BETANCOURT et SCATONI (1995) qui rapportent que la tige est attaquée au niveau de l'insertion des feuilles et de pédoncule, ce qui altère généralement le développement de la plante. SHULTZ (1983) explique que l'hétérogénéité de la qualité du feuillage entre les étages foliaires est contraignante pour les insectes, en rendant le feuillage de grande qualité difficile à trouver ; elle les force à se déplacer fréquemment pour la recherche de nourriture de bonne qualité, ce qui peut expliquer la différence de répartition spatio-temporelle des populations.

La mineuse de la tomate est une espèce polyvoltine (à plusieurs générations) qui se nourrit des feuilles, tiges, bourgeons, fleurs et fruits, cause des dommages quand les larves s'alimentent en créant des mines d'extension mésophylliennes sans endommager l'épiderme des feuilles de ce fait, affectent la capacité photosynthétique causant ainsi le rabougrissement de ces dernières et par conséquent réduisent le rendement (ZIRI, 2011), ce que rejoignent nos résultats dans les serres avec un nombre maximal qui peut atteindre jusqu'au 714 mines comme ceux enregistré pour la variété Cartier (Azeffoun). SOUZA et REIS (1986) rajoutent

que la larve qui vit en mineuse dans la feuille, la tige ou le fruit, creuse des galeries qui attaquent le plant de tomate depuis le stade jeune plantation jusqu'au stade de maturité. Toutes les variétés de tomate cultivées dans la région d'étude sont sujettes aux attaques de ce microlepidoptère (CHOUGAR et MEDJDOUB-BENSAAD, 2019). Par ailleurs, CAFFARINI et al. (1999) ; VERCHEUR et al. (2010) estiment que les dégâts les plus graves sont causés aux fruits et qui peuvent varier de 37 à 90% de pertes de récolte. FRANÇA (1993) quant à lui, rapporte que les dégâts qu'occasionne ce phytophage à la culture de tomate peuvent atteindre 100%. TONNANG et al. (2015) expliquent que les dommages induits aux cultures de tomate par ce ravageur sont très importants sur le continent africain, en raison de son climat chaud.

Nos résultats démontrent la baisse du niveau des populations de *T. absoluta* en fin de production de la plante hôte ce qui rejoint les observations de SON et al. (2018). Contrairement aux résultats d'ALLACHE (2012) qui note une croissance des populations de ce ravageur en fin de production dans la région de Biskra. Cette différence de résultats pourrait être attribuée aux températures très chaudes de fin de culture qui affecte cette région du Sud algérien.

Notre étude s'est portée sur quatre variétés de tomate sur deux sites d'études différents. Nos résultats rapportent que le site situé au littoral en l'occurrence celui d'Azeffoun est sujet à une plus grande infestation de *T. absoluta*, vu le nombre d'adultes mâles capturés hebdomadairement, le taux d'infestation ainsi que les dégâts occasionnés dans les serres d'études par ce ravageur. Ce qui pourrait être attribué aux conditions climatiques en particulier les taux d'humidité assez élevés rencontrés dans les régions littorales. Ce qui corrobore, les affirmations de DIATTE et al. (2016), qui avancent que l'incidence de *T. absoluta* est plus élevée au niveau des parcelles situées au bord de la mer. Donc, *T. absoluta* est négativement corrélée à sa distance de la mer.

Quant aux quatre variétés d'étude, elles ont été soumises aux attaques du ravageur avec la même intensité, à l'exception de la variété Tomallow, dont la culture n'a cessé d'être exploitée qu'après deux semaines de la fin de culture des autres variétés. Il est toutefois important de souligner que cette variété est tardive. En outre, GHAREKHANI et SALEK IBRAHIMI (2014) avancent que différentes variétés de tomate peuvent influencer le temps de développement et la taille des adultes de *T. absoluta*. Dans la même optique et pour étayer la même idée GONTIJO LABORY et al. (1999) attestent que certaines variétés de tomates peuvent allonger la durée du cycle de développement de l'insecte. SOHARBI et al. (2016)

quant à eux, rajoutent que généralement l'utilisation d'un cultivar de tomate résistant dans le programme de sélection végétale pourrait être prometteur comme outil de contrôle comme cela a déjà été prouvé dans le dépistage des variétés de tomates. CHERIF *et al.* (2013) propose pour leur part, l'utilisation des cultivars avec moins d'aptitude à l'ovoposition de *T. absoluta*, ce serait donc une tactique de contrôle prophylactique à tester. D'autre part SHEHATA *et al.* (2016) rapportent que la sensibilité des différents cultivars de tomate au cours de différentes rotations durant les années 2012-2013 sous les conditions de terrains égyptiens semblait être plus résistante à l'infestation par *T. absoluta* par rapport à d'autres souches. Toutefois, BIONDI *et al.* (2018) attestent que le développement des variétés résistantes est en cours, mais elles ne sont pas encore disponibles sur le marché.

Au cours de nos différents échantillonnages on a pu noter qu'un relâchement des pratiques culturales ainsi qu'un mauvais entretien des serres, accentuait l'effet invasif de *T. absoluta* en fin de culture. Ce qui rejoint les observations de SYLLA (2018), qui affirme que les pratiques agricoles avaient un fort effet sur l'infestation larvaire de *T. absoluta*. Il rajoute que l'irrigation par lance et la fréquence de l'utilisation des insecticides semble avoir un impact négatif sur l'abondance des larves de *T. absoluta*, alors que les plants élevés favoriseraient l'infestation. WYCHUYS *et al.* (2013) proposent quant à eux, en cas de forte infestation, d'arrêter la production de Solanacée et d'éliminer les hôtes alternatifs dans les régions concernées pendant 05 à 06 semaines au minimum.

L'invasion de *T. absoluta* n'est pas finie comme beaucoup semble le croire. En effet, selon HAN *et al.* (2019), la mineuse de la tomate a entamé son nouveau voyage d'invasion vers l'Est et a envahi la plupart des pays asiatiques. Ce ravageur cause actuellement des dommages importants à la production de tomate et menace potentiellement des zones de production clés telles que la Chine.

---

# **Chapitre V**

## **Inventaire des invertébrés vivant sur la culture de tomate sous serre**

---

## 1. Introduction

Les milieux cultivés fournissent l'habitat et les diverses ressources alimentaires nécessaires pour un grand nombre d'espèces d'invertébrés qui peuvent être phytophages, prédateurs et parasites, ainsi que les pathogènes microbiens qui agissent comme des ennemis naturels des ravageurs agricoles, constituant des moyens de lutte biologique dans les agrosystèmes. KENNEDY (2003) ; LOZANO et *al.* (2013) et ZAPPALA et *al.* (2013) rappellent que parmi le groupe fonctionnel les insectes prédateurs et les parasitoïdes jouent un rôle essentiel dans le contrôle naturel des populations d'insectes ravageurs. HILL (1997) rajoute que la plupart du temps ces ennemis naturels permettent de réduire la fréquence d'apparition de pics de population de ravageurs impliquant des dégâts économiques colossaux. CHOUDOUROU et *al.* (2012) affirment que l'étape préliminaire pour réussir la protection des cultures est la connaissance des ravageurs. Les mêmes auteurs rajoutent qu'à cela, il faudrait associer la connaissance de la faune auxiliaire qui participe à la régulation des nuisibles.

Dans ce contexte, nous avons réalisé un inventaire des invertébrés associés à la culture de tomate (*L. esculentum*) sous serres à Azeffoun dans la région du littoral de la Kabylie, dans le but d'améliorer nos connaissances concernant la biodiversité des invertébrés notamment les arthropodes et leurs classifications suivant les différents régimes trophiques.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Échantillonnage des populations d'invertébrés

Pour réaliser l'inventaire des invertébrés et notamment des arthropodes vivant sur la culture de tomate sous serre, nous avons effectué pendant la période de culture de l'année 2016, un échantillonnage hebdomadaire dans une serre de tomate de la variété Dawson dans la région d'Azeffoun. Pour se faire, trois méthodes d'échantillonnage sont utilisées à savoir : les pièges colorés et les pots Barber pour le piégeage et le filet fauchoir pour la chasse. D'après RAMADE (2003), les différentes méthodes d'échantillonnage dépendent du milieu auquel la population étudiée est inféodée. ROTH (1963) rajoute que le piège doit rendre compte de la proportion relative des diverses espèces, genres ou familles.

Pour la réalisation de l'inventaire nous avons placé les pièges d'une façon à contrôler toutes les directions de notre serre d'étude, ils sont ainsi placés en quadrat.

**2.1.1. Pièges colorés**

Les pièges colorés sont des récipients en matière plastique de couleur jaune. Ces pièges présentent une double attractivité pour les insectes par leur couleur et la présence de l'eau qui est un élément vital (ROTH, 1971 et BENKHELLIL, 1992). La méthode des pièges colorés a été choisie car elle présente l'avantage d'être spécifique aux insectes volants, elle permet de capturer des insectes purement hygrophiles pour lesquels les radiations jaunes sont particulièrement attractives, elle est facile à employer et est de moindre coût financier.

Pour la capture des arthropodes de la parcelle de tomate, nous avons utilisé 9 pièges de couleur jaune, de 15 cm de diamètre et de 10 cm de profondeur. Ils sont placés à une hauteur de 1,5 mètre, fixés avec des fils de fer aux piquets placés pour le dispositif. Les pièges sont remplis à 3/4 de leur contenu d'eau additionnée d'un détergent pour fixer les arthropodes capturés. Le produit mouillant permet de diminuer la tension superficielle de l'eau et provoquer la noyade des animaux piégés

**2.1.2. Pots-pièges ou pots Barber**

D'après BENKHELLIL (1992), les pots Barber sont des pièges d'interception qui sont utilisés pour la capture de la faune qui circulent à la surface du sol. Nous avons utilisé, pour la récolte des invertébrés marcheurs, dans la serre étudiée, 9 récipients en plastique d'environ 20 cm de diamètre. Les pièges sont enterrés verticalement, de façon à ce que l'ouverture soit à ras du sol, la terre bien tassée autour pour éviter l'effet barrière pour les petites espèces. Les pièges sont ensuite remplis à 1/3 de leur contenu avec de l'eau additionnée d'un liquide mouillant permettant d'éviter l'évaporation de l'eau et fixer les insectes piégés.

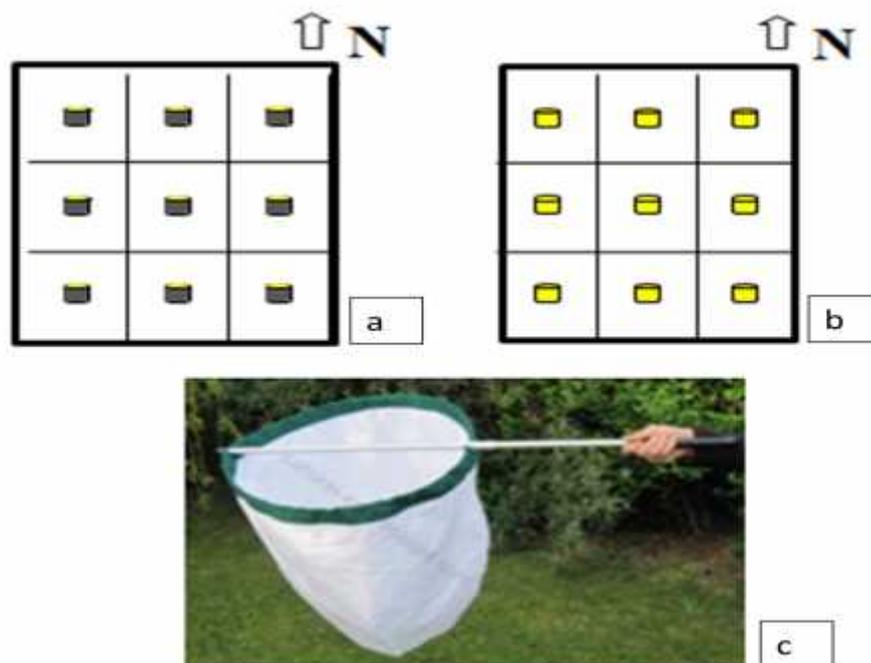
Chaque semaine le contenu des pièges est versé à travers une passoire à petites mailles ensuite transporté au laboratoire dans des bocaux en verre portant chacun une étiquette, sur lesquels sont mentionnés la date et le type de piège. A rappeler qu'à chaque prélèvement, l'eau des pièges est renouvelée.

**2.1.3. Filet fauchoir**

Le filet fauchoir est l'outil de l'entomologiste professionnel. La méthode de fauchage dans la végétation, est tout simplement une chasse dite au hasard, elle a pour but de déloger les insectes des végétaux, notamment ceux qui se trouvent sur la cime des plants de tomate dans notre cas. La poche du filet fauchoir doit être fabriquée avec une grosse toile solide à mailles serrées, dont la

profondeur du sac varie entre 40 et 50 cm et d'un manche solide en bois. Il permet de capturer les insectes au vol ou au sol pour avoir une idée sur les espèces existantes dans un milieu donné (BENKHELIL, 1992). Pour obtenir l'ensemble du peuplement, le filet fauchoir doit être utilisé sur toute la hauteur de la végétation en raclant le sol. L'usage de cet outil doit être fait par la même personne pour éviter la fluctuation dans les résultats (LAMOTTE et BOURLIÈRE, 1969).

Le contenu de la poche est examiné régulièrement après quelques coups du filet et les espèces capturées sont retirées avec les doigts, les pinces souples ou à l'aide de l'aspirateur buccal afin de ne pas endommager les individus fragiles.



**Figure 52 :** Dispositif expérimental des pièges employés

a : Pots Barber ; b : Pièges jaunes ; c : Filet fauchoir

## 2.2. Méthodes de travail au laboratoire

### 2.2.1. Echantillonnage et récolte des données sur les invertébrés

Après chaque sortie et selon les différentes méthodes de capture, la reconnaissance et l'identification des espèces d'invertébrés sur le terrain se révèlent le plus souvent difficiles par rapport à la taille et au nombre d'individus. Ainsi, après la récolte, l'analyse des échantillons se fait au niveau de laboratoire en suivant les méthodes suivantes :

### 2.2.2. Tri

Pour les échantillons récoltés sur le terrain, le tri commence par la séparation des spécimens appartenant aux différentes classes zoologiques. La deuxième étape consiste à trier les insectes par ordre puis par famille pour arriver à définir jusqu'au rang générique ou spécifiques quand cela est possible.



**Figure 53** : Représentation de l'opération de tri (ORIGINALE, 2016).

### 2.2.3. Comptage

Après les avoir comptabilisé, les individus de petite taille sont conservés dans des flacons contenant de l'alcool à 70°, avec les renseignements suivant : la date ; l'ordre ; la famille et le type de piège. Les mêmes indications sont mentionnées sur des boîtes de Pétri dans lesquelles, les individus de taille moyenne à grande, sont séchés ; fixés et étalés pour procéder par la suite à leur identification.

### 2.2.4. Identification

Avec la collaboration et l'aide précieuse des collègues spécialistes dans certains groupes zoologiques (Dr GUERMAH D., Dr BENOUFELLA-KITOUS K., Dr BOUAZIZ-YAHIAATENE H.) et grâce à l'utilisation des clés de détermination des insectes : (PERRIER, 1927, 1932 ; 1961), (PIHAN, 1986), (DELVARE et ABERLENC, 1989), (CHINERY, 1988), SEGUY (1923), l'identification des espèces est réalisée pour la totalité des individus récoltés dans la serre de tomate.

La détermination des arthropodes se fait par l'observation et la comparaison des parties chitineuses tels que les pattes, les élytres, les mandibules etc....à celle des collections de références identifiées.

### **2.3. Exploitation des résultats de l'inventaire par les indices écologiques**

Afin d'exploiter les résultats relatifs aux espèces récoltées, les indices écologiques de composition et de structure sont utilisés.

#### **2.3.1. Exploitation des résultats obtenus par la qualité d'échantillonnage**

La qualité d'échantillonnage est déterminée par le rapport du nombre des espèces contractées une seule fois et en un seul exemplaire (a) au nombre total de relevés (N). Le rapport (a/N) permet de savoir si la qualité de l'échantillonnage est bonne. Plus a/N est petit, plus la qualité de l'échantillonnage est meilleure (RAMADE, 2003). En rappelant que selon cet auteur, plus le rapport de a/N se rapproche de zéro plus la qualité est bonne.

$$Q = a/N$$

a : nombre d'espèces vues une seule fois et en un seul exemplaire par relevé

N : nombre total de relevés

#### **2.3.2. Exploitation des résultats par des indices écologiques de composition**

Nous avons utilisé les indices écologiques suivants : la richesse spécifique totale (s), la fréquence centésimale.

#### **2.3.3. Richesse spécifique totale (S)**

La richesse spécifique totale (S) est le nombre total des espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné. Elle représente un des paramètres fondamentaux caractérisant un peuplement (RAMADE, 2003).

#### **2.3.4. Fréquence centésimales (abondance relative)**

D'après DAJOZ (1971), la fréquence centésimale est le pourcentage des individus d'une espèce donnée par rapport au total des individus. Elle est calculée par la formule suivante :

$$F(\%) = (ni/N) * 100$$

ni : nombre d'individus d'une espèce donnée.

N : nombre total d'individus de toutes les espèces confondues.

### 2.3.5. Indices écologiques de structures appliquées la faune échantillonnée

#### 2.3.5.1. Indice de Shannon

D'après RAMADE (2003), la diversité d'un peuplement informe sur la façon dont les individus sont répartis entre les diverses espèces. L'indice de Shannon tient compte du nombre d'espèces présentes dans le milieu et de l'abondance de chacune d'entre elles. Il est calculé à l'aide de la formule :

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$$

$H'$  : indice de diversité exprimé en unités bits.

$P_i$  : abondance relative de chaque espèce  $P_i = n_i/N$ .

$\log_2$  : logarithme népérien à la base de 2.

Selon BLONDEL (1979), cet indice mesure le degré de complexité d'un peuplement.

- $H'$  est élevé : Le peuplement est composé d'un grand nombre d'espèces avec une faible représentativité.
- $H'$  est faible : le peuplement est dominé par une espèce ou à petit nombre d'espèces avec une grande représentativité.

Cet indice permet d'avoir une information sur la diversité de chaque milieu pris en considération. Si cette valeur est faible, proche de 0 ou de 1, le milieu est pauvre en espèces, ou bien que le milieu n'est pas favorable. Par contre, si cet indice est élevé, supérieur à 2 implique que le milieu est très peuplé en espèces et que le milieu est favorable. Cet indice varie à la fois en fonction du nombre d'espèces présentes et en fonction de l'abondance de chacune d'elles (BARBAULT, 2008)

#### 2.3.5.2. Indice d'équitabilité Peilou (E)

C'est le rapport entre la diversité réelle de la communauté  $H'$  et la diversité théorique maximale  $H'_{\max}$  ( $\log_2 S$ ) (RAMADE, 2003).

$$E = \frac{H'}{\log_2 S}$$

L'indice d'équitabilité varie entre 0 et 1.

L'équitabilité  $E$  de Pélou tend vers 0 lorsqu'une espèce domine largement le peuplement et elle est égale à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (tend vers l'équilibre) (DAJOZ, 2003).

### 3. Résultats

Les espèces recensées dans la parcelle de tomate variété Dawson dans la région d'Azeffoun par trois techniques d'échantillonnage sont identifiées jusqu'au rang générique ou spécifique quand c'est possible et rassemblées dans le tableau 09.

#### 3.1. Inventaire qualitatif et quantitatif des invertébrés vivants dans la parcelle de tomate sous serre variété Dawson dans la région d'Azeffoun

Les espèces d'invertébrés capturées dans la serre de tomate de variété Dawson sont présentées dans le tableau suivant :

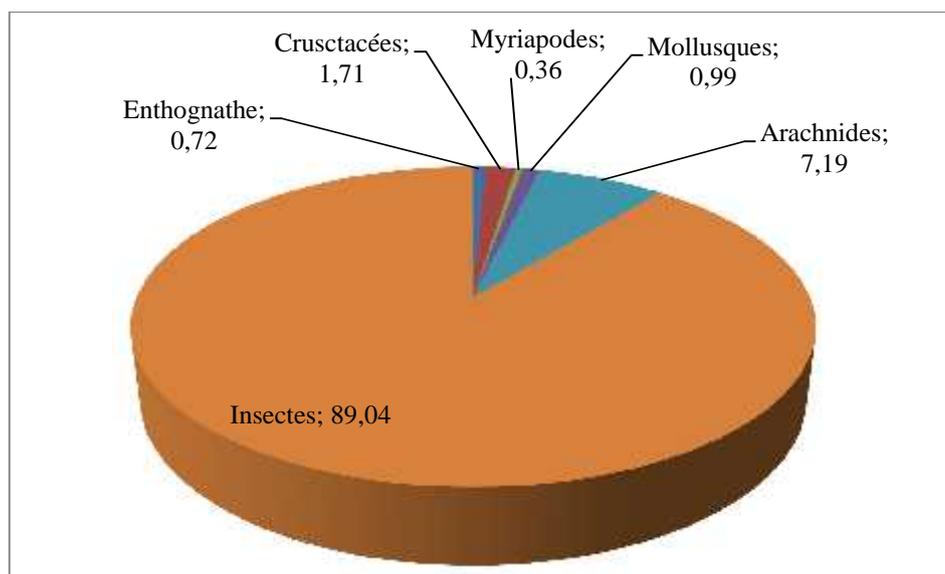
**Tableau 09 :** Tableau général représentatif des espèces capturées par les différentes techniques d'échantillonnage au niveau de la serre de tomate Variété Dawson

Classes	Ordres	Familles	Espèces	Ni	Filet Fauchoir	Pots Barber	Pièges jaunes
<b>Entognate</b>	Collembola	Entomobreidae	<i>Entomobrya nivalis</i>	08	-	+	-
<b>Crustacea</b>	Isopoda	Armadillidae	<i>Armadillidium vulgare</i>	13	-	+	-
		Glomeridae	<i>Glomeris sp</i>	06	-	+	-
<b>Myriapoda</b>	Scutigermorpha	<i>Scutigera</i>	<i>Scutigera sp</i>	04	-	+	-
<b>Mollusca</b>	Gasteropoda	Trochilidae	<i>Trochilus flavus</i>	11	-	+	-
<b>Arachnida</b>	Araignea	Philodromidae	<i>Tibellus sp</i>	21	+	+	+
		Lycosidae	<i>Lycosa narbonensis</i>	46	+	+	-
		Salticidae	<i>Salticidae sp</i>	14	+	+	+
		Thomisidae	<i>Thomisus sp</i>	10	+	+	+
	Araignea Trombidiformes	Tetranychidae	<i>Tetranychus urticae</i>	2	+	+	-
<b>Insecta</b>	Dermaptera	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i>	6	-	+	-
	Hymenoptera	Formicidae	<i>Cataglyphis bicolor</i>	203	-	+	+
			<i>Messor barbarus</i>	87	+	+	+
			<i>Formica sp</i>	06	+	+	-
			<i>Pheidol pallidula</i>	40	+	+	+
		Andrenidae	<i>Andrena labiata</i>	03	-	+	+
			<i>Panurgus calcaratus</i>	03	-	+	+
			<i>Andrena fulvago</i>	05	-	+	-
		<i>Halictus quadricinctus</i>	02	+	-	+	

		Halictidae	<i>Lasioglossum calceatum</i>	06	+	+	+
		Eupelmidae	<i>Eupelmus sp</i>	29	+	-	+
		Trichogrammatidae	<i>Trichogrammatidae sp</i>	07	-	-	+
		Ichneumonidae	<i>Ichneumonidae sp</i>	03	+	-	+
			<i>Ophion luteus</i>	10	+	-	+
		Apidae	<i>Apis mellifera</i>	57	+	+	+
Coleoptera	Carabidae		<i>Macrothorax morbillosus</i>	09	-	+	-
			<i>Harpalus paratus</i>	22	-	+	-
			<i>Harpalus latus</i>	08	-	+	-
			<i>Carabus auratus</i>	06	-	+	-
			<i>Bembidion sp</i>	18	-	+	-
		Aphodidae	<i>Aphodius sp</i>	05	-	+	+
		Curculionidae	<i>Curculionidae sp</i>	03	-	+	+
		Nitidulidae	<i>Carpophilus sp</i>	33	-	+	-
	Chrysomelidae		<i>Longitarsus sp</i>	09	-	+	+
			<i>Altica sp</i>	16	-	+	-
	Coccinellidae		<i>Coccinella quatuordecimpunctata</i>	04	-	+	+
			<i>Harmonia axyridis</i>	13	-	+	+
			<i>Hippodamia variegata</i>	17	-	+	+
			<i>Thea vigintiduopunctata</i>	03	-	+	+
			<i>Adalia bipunctata</i>	02	+	-	+
Diptera	Calliphoridae		<i>Calliphora vicina</i>	05	-	+	+
			<i>Calliphora vomitoria</i>	09	-	-	+
	Syrphidae		<i>Eristalis tenax</i>	10	+	+	+
			<i>Syrphus ribesii</i>	17	+	+	+
			<i>Episyrphus balteatus</i>	07	+	+	-
			<i>Melanostoma scalare</i>	03	+	+	+
	Chloropidae	<i>Thaumatomyia notata</i>	02	-	+	+	
	Empididae	<i>Hilara sp</i>	03	-	+	-	

		Sciaridae	<i>Sciara sp</i>	04	-	+	+
			<i>Zygoneura sp</i>	04	-	+	+
			<i>Sciara thomae</i>	01	-	-	+
			<i>Sciara hemerobioides</i>	05	+	+	+
		Muscidae	<i>Musca domestica</i>	27	-	+	+
		Culicidae	<i>Cules sp</i>	15	+	+	+
			<i>Culex pipiens</i>	31	-	+	+
			<i>Anopheles sp.</i>	03	-	+	-
		Drosophilidae	<i>Drosophila sp</i>	01	-	+	-
		Lauxanidae	<i>Lauxanidae sp</i>	10	+	+	-
	Heteroptera	Lygaeidae	<i>Nysius sp</i>	12	+	+	+
		Pentatomidae	<i>Dolycoris baccarum</i>	03	-	+	+
		Reduviidae	<i>Reduvius sp</i>	09	-	+	-
		Triatominae	<i>Triatoma sp</i>	02	-	+	-
	Homoptera	Aphididae	<i>Aphis fabae</i>	43	-	+	+
			<i>Dysaphis plantaginea</i>	14	-	+	-
			<i>Aphis citricola</i>	24	-	+	+
			<i>Myzus persicae</i>	08	-	+	+
			<i>Hyperomyzus lactucae</i>	14	+	+	-
		<i>Macrosiphum rosae</i>	12	+	+	-	
	Caccopsillidae	<i>Caccopsylla sp</i>	06	+	+	-	
Trichoptera	Trichoptera	<i>Trichoptera sp</i>	04	+	+	+	
Lepidoptera	Pieridae	<i>Pieris brassicae</i>	04	+	-	+	
	Gelechiidae	<i>Tuta absoluta</i>	15	+	-	+	
Orthoptera	Gryllidae	<i>Grillus campestris</i>	04	-	+	-	
Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysoperla carnea</i>	06	-	+	+	
Odonoptera	Calopterygidae	<i>Calopteryx splendens</i>	04	+	-	-	
	Libellulidae	<i>Orhetrum coerulecens</i>	02	+	-	-	
06	16	46	76	1113	31	64	45

L'inventaire réalisé dans la parcelle de tomate sous serre de variété Dawson durant la période de présence de la culture nous a permis de capturer 1113 individus appartenant à 76 espèces réparties sur 46 familles, 16 ordres et 06 classes animales qui sont les Gastropoda, les Arachnida, les Crustacea, Myriapoda, Enthognata et les Insecta Nous comptabilisons une seule espèce pour les Enthognate, les myriapodes et mollusqua, deux espèces pour les crustacea, 5 pour les Arachnida et 66 espèces pour les insecta (Fig. 54).



**Figure 54 :** Fréquences centésimale des classes d'invertébrés capturées dans la serre sur variété Dawson par les trois méthodes d'échantillonnage

Les résultats enregistrés sont évalués par la qualité d'échantillonnage, puis exploités par les indices écologiques de composition et de structure.

### 3.2. Exploitation des résultats par la qualité d'échantillonnage par l'utilisation des différentes méthodes au niveau des différentes parcelles d'études

Les valeurs de la qualité d'échantillonnage des espèces capturées à l'aide des différentes méthodes d'échantillonnages au niveau de la serre d'étude sont présentées dans le tableau.

**Tableau 10 :** Valeurs de la qualité d'échantillonnage des espèces capturées par l'emploi des différentes méthodes de capture dans la serre d'étude.

Type de piège	Filet fauchoir	Pots-Barber	Pièges colorés
Qualité d'échantillonnage (Q)	0,66	0,53	0,48

Les valeurs des espèces capturées une seule fois et en un seul exemplaire par les différentes méthodes d'échantillonnage au niveau de la serre d'étude sont comprises entre 0,48 et 0,66 ce qui indique que la qualité d'échantillonnage est jugée très bonne car les valeurs se rapprochent de zéro.

### **3.3. Exploitation des résultats par les indices écologiques de composition**

Les résultats obtenus sont exploités à l'aide d'indices écologiques de composition, à savoir les richesses totales et les abondances relatives.

#### **3.3.1 Richesse totale des espèces d'arthropodes capturées suivant les trois méthodes d'échantillonnage au niveau de la serre d'étude**

La richesse totale des espèces capturées à l'aide des différentes méthodes d'échantillonnages est exprimée dans le tableau.

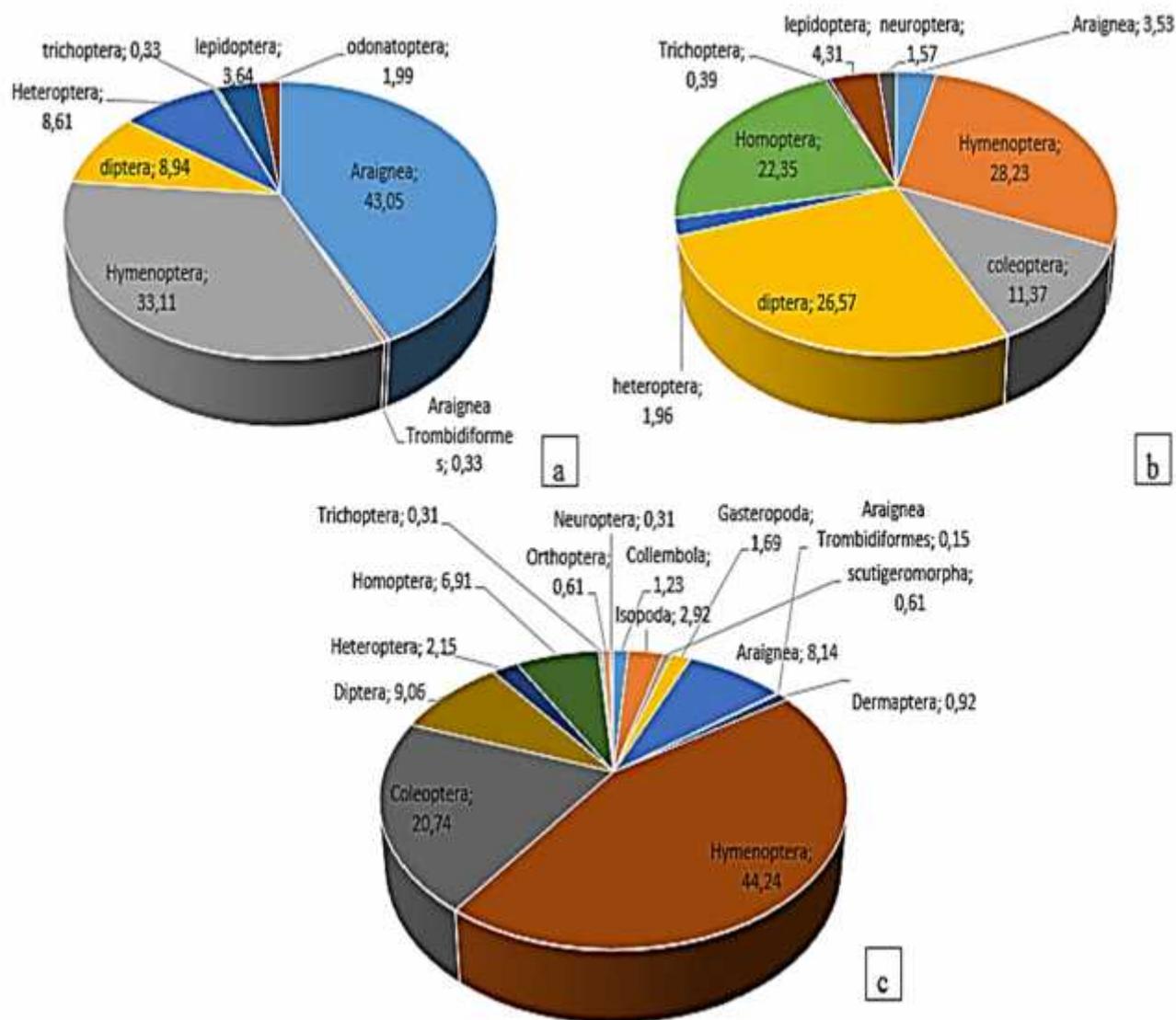
**Tableau 11** : Richesse totale des espèces capturées par les différentes méthodes d'échantillonnages au niveau de la serre d'étude.

Type de piège	Filet fauchoir	Pots-Barber	Pièges colorés
Richesse totale S	32	64	45

En utilisant le filet fauchoir, la richesse totale est de 32 espèces. Les pots Barber ou piège terrestres ont permis de capturer un total de 64 espèces. Une richesse totale de 45 espèces est récoltée avec les pièges colorés ou aériens.

#### **3.3.2. Fréquences centésimales ou abondances relatives AR (%) appliquées aux ordres d'arthropodes recensés au niveau de la serre d'étude par l'emploi des trois méthodes d'échantillonnages**

Les abondances relatives des invertébrés récoltés au niveau de la serre d'étude par l'application des trois méthodes de capture (filet fauchoir, pièges colorés et pots Barber) varient d'une méthode à une autre (Fig. 55). La dominance de certaines espèces par rapport à d'autres est fonction de la méthode de capture employée.



**Figure 55 :** Fréquences centésimales des ordres d'arthropodes capturés dans la serre d'étude par l'emploi des différentes techniques d'échantillonnages.

a : Fréquences centésimales des ordres d'insectes capturés par filet fauchoir.

b : Fréquences centésimales des ordres d'arthropodes capturés par les pièges aériens.

c : Fréquences centésimales des ordres d'arthropodes capturés par les pièges terrestres.

L'ordre le mieux représenté par l'emploi du filet fauchoir est celui des Araignées et des Hyménoptères avec une fréquence relative de 43,05% et 33,11% respectivement, suivi par les Diptères et les Hétéroptères avec respectivement 8,94% et 8,61%. Ensuite viennent les Lépidoptères et les Odonatoptères avec un pourcentage de 3,64% et 1,99 chacun. Les araignées et les hétéroptères sont présents avec une fréquence relative de 6,32% et 3,96% respectivement, les Orthoptères sont représentés avec un pourcentage de 2,75% ; les Trichoptères sont faiblement représentés avec seulement 0,33%.

Les Hyménoptères, les Diptères et les Homoptères sont abondants par l'utilisation de piègeages jaunes aériens, avec une fréquence relative égale à 28,23% ; 26,57% et 22,35% respectivement, suivi par les Coléoptères avec une fréquence relative égale à 11,37%. Les Lépidoptères, les Araignées, les Névroptères sont représentés avec respectivement 4,31%, 3,53% et 1,57%. Les Trichoptères sont représentés avec un faible pourcentage égal à 0,39%. Les espèces appartenant à l'ordre des Hyménoptères sont les plus comptabilisées dans les pièges terrestres ou pots Barber. Cet ordre présente une fréquence relative de 44,24%, suivi par les Coléoptères avec un pourcentage de 20,74%, ensuite viennent les Diptères, les Araignées et les Homoptères avec des pourcentages de 9,06%, 8,14% et 6,91% respectivement. Les Isopodes, les Hétéroptères, les Gastéropodes et les Collembolles présentent un pourcentage égal à 2,92%, 2,15%, 1,69% et 1,23% respectivement. Les Dermaptères, les Orthoptères, les Scutigéromorphes, les Névroptères, et les Trichoptères présentent une abondance relative égale à 0,92%, 0,61%, 0,61% 0,31% et 0,31% respectivement. Les Araignées trombidiformes sont faiblement représentées avec seulement 0,15%.

### **3.3.3. Fréquences centésimales ou abondances relatives AR (%) appliquées aux familles d'arthropodes recensées au niveau de la serre d'étude par l'emploi des trois méthodes d'échantillonnages**

Les abondances relatives des arthropodes récoltées au niveau de la serre d'étude par l'application des trois méthodes de capture (filet fauchoir, pièges colorés et pots Barber) varient d'une méthode à une autre (Fig. 56). La dominance de certaines espèces par rapport à d'autres est fonction de la méthode de capture employée.



Eupelmidae avec un pourcentage de 8,28%, 6,62% et 6,02% respectivement. Les Caccopsyllidae et les Trichopteridae sont faiblement représentés avec seulement 0,33% chacun.

Les Aphididae sont abondants par l'utilisation de piègeages jaunes aériens, avec une fréquence relative égale à 22,15% ; suivent les Formicidae, les Culicidae, les Coccinellidae, les Muscidae et les Apidae avec une fréquence relative égale à 9,42%, 9,02%, 8,63%, 7,75%, et 7,06% respectivement. Les Chloromidae et les Thomisidae sont représentés avec de faibles pourcentages égale à 0,39% chacun.

La famille des Formicidae est la plus comptabilisée dans les piègeages terrestres ou pots Barber. Cette famille présente une fréquence relative de 41,94%, suivi par les Carabidae avec un pourcentage de 9,42% et les Aphididae avec un pourcentage de 6,14%. Les Tetranychidae, les Chloropidae et les Curculionidae sont faiblement représentés avec seulement 0,15%.

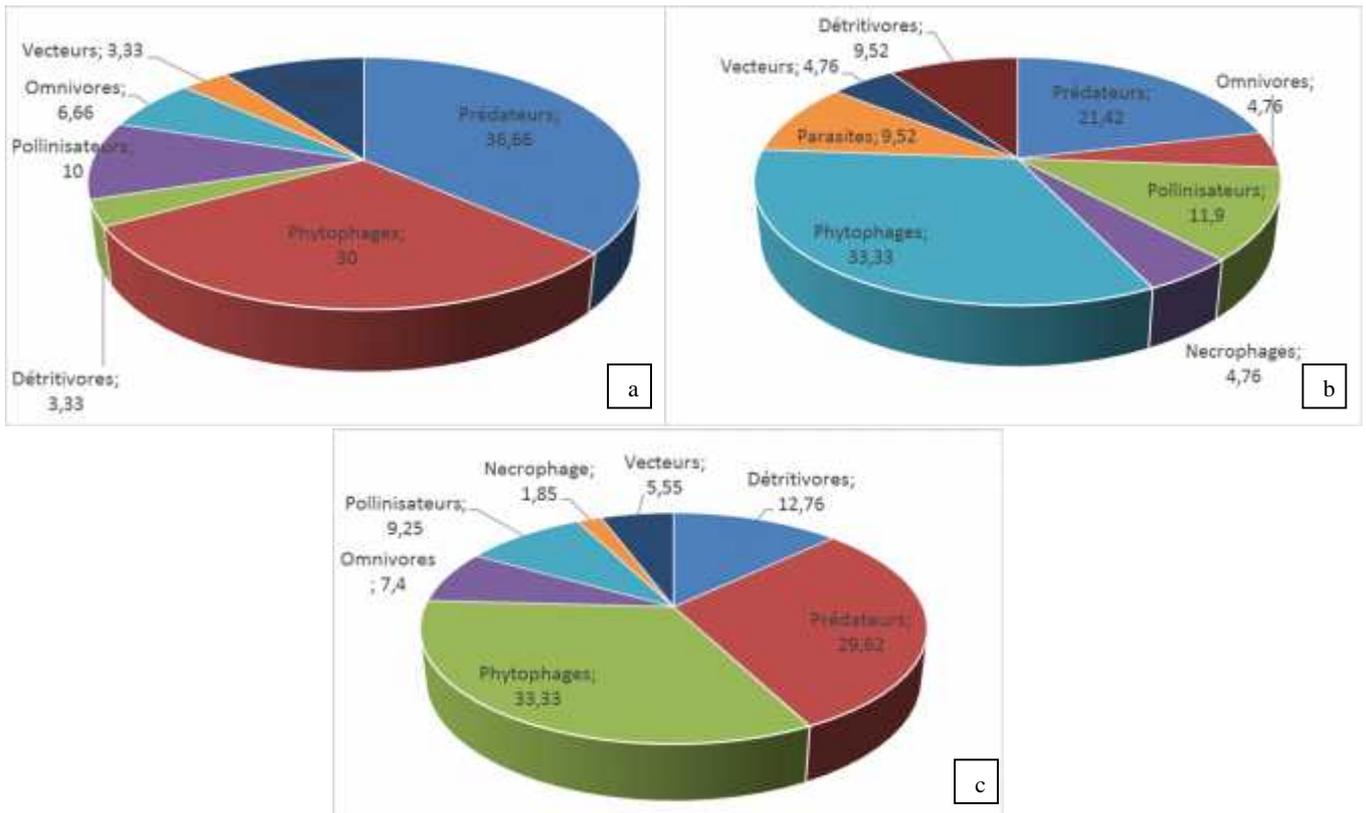
### **3.3.4. Fréquence centésimale des espèces d'arthropodes obtenus dans la serre de tomate suivant leur régime trophique**

La répartition des espèces d'arthropodes capturées suivant leur niveau trophique par l'utilisation des trois méthodes d'échantillonnages (filet fauchoir, pièges colorés et pots Barber) est illustrée dans la figure 57

Le groupe le mieux représenté par l'utilisation du filet fauchoir est celui des prédateurs et des phytophages avec 36,66% et 30% respectivement. Suivent ensuite les pollinisateurs, les parasites et les omnivores avec respectivement 10%, 10% et 6,66%. Les détritivores et les vecteurs comptabilisent des taux faibles égal à 3,33% de la totalité des captures.

Les groupes des Phytophages et des prédateurs sont les plus abondants par l'utilisation de piègeages jaunes aériens, avec une fréquence relative égale à 33,33% et 21,42% respectivement. Suivent les Pollinisateurs avec 10%, et les omnivores avec 6,66%. Les vecteurs et les détritivores sont faiblement représentés avec 3,33% chacun.

Le groupe des Phytophages est le plus comptabilisé dans les piègeages terrestres ou pots Barber avec une fréquence relative égale à 33,33%. S'ensuivent les prédateurs avec 29,62%. Les détritivores, les pollinisateurs, les omnivores et les vecteurs s'estiment à 12,76%, 9,25%, 7,40% et 5,55% respectivement. Enfin, les nécrophages comptabilisent des taux faibles avec 1,84% de la totalité des captures.



**Figure 57** : Fréquences centésimales des espèces d'invertébrés capturés dans la serre d'étude par l'emploi des différentes techniques d'échantillonnages suivant leur régime trophique.

a : Fréquences centésimales des espèces d'arthropodes capturés par filet fauchoir.

b : Fréquences centésimales des espèces d'arthropodes capturés par les pièges aériens.

c : Fréquences centésimales des espèces d'arthropodes capturés par les pièges terrestres.

Parmi les espèces recensées, beaucoup d'entre elles ont un régime alimentaire phytophage et vivent aux dépens de la culture de tomate *L.esculentum*.

### 3.4. Régimes alimentaires des espèces capturées

#### 3.4.1. Espèces à régime alimentaire phytophage

Parmi les 76 espèces recensées 26 d'entre elles ont un régime alimentaire exclusivement phytophage comme *Trochilus flavus*, *Tetranychus urticae*, *Pheidol pallidula*, *Aphodius sp*, *Curculionidae sp*, *Carpophilus sp*, *Longitarsus sp*, *Altica sp*, *Hilara sp*, *Sciara sp*, *Zygoneura sp*, *Sciara thaumae*, *Sciara maura*, *Aphis fabae*, *Lauxanidae sp*, *Dolycoris baccum*, *Dysaphis plantaginea*, *Aphis citricola*, *Caccopsylla sp*, *Hyperomyzus lactucae*, *Macrosiphum rosae*, *Misus percicae*, *Pieris brassicae*, *Tuta absoluta*, *Grillus campestris* et *Calopteryx splendens*.

### 3.4.2. Espèce à régime alimentaire insectivore

Les araignées avec la famille des Dysderidae et d'autres espèces indéterminées *Tibellus sp*, *Lycosa narbonensis*, *Salticidae sp*, *Thomisus sp*,

Les myriapodes : *Scutigera sp* joue un rôle important dans la décomposition de la matière organique.

Les insectes : *Macrothorax morbillosus*, *Harpalus paratus*, *Harpeaus latus*, *Carabus auratus*, *Bembidion sp*, *Coccinella quatuordecimpunctata*, *Harmonia axyridis*, *Thea vigintiduopunctata*, *Hippodamia variegata*, *Adalia bipunctata*, *Eristalis tenax*, *Syrphus ribesii*, *Episyrphus balteatus*, *Melanostoma scalare*, *Nysius sp*, *Reduvius sp*, *Triatoma sp*, *Chrysoperla carnea*, *Orthetrum coerulescens*

Les espèces ont un régime alimentaire insectivore et interviennent ainsi dans l'équilibre naturel des écosystèmes.

Les araignées représentent un groupe d'espèces prédatrices. Les invertébrés sont les proies les plus habituelles des araignées, et parmi ceux-ci, les insectes occupent une place importante. Dans ce groupe, nous avons recensé une espèce qui appartient à la famille des Dysderidae et plusieurs autres espèces dont l'identification n'a pas pu être réalisée.

La famille des Coccinellidae est représentée par *Coccinella algerica* prédatrice de puceron *Forficula auricularia*, *Messor barbarus* et *Formica sp* sont des espèces omnivores. Quant à *Cataglyphis bicolor* c'est une espèce carnivore se nourrissant de cadavre d'insectes mais peut aussi se rabattre sur quelques espèces végétales pour son alimentation.

*Andrena labiata*, *Panurgus calcaratus*, *Andrena fulvago*, *Halictus quadricinctus*, *Lasioglossum calceatum* et *Apis mellifera intermissa* sont des apoïdes qui jouent un rôle très important pour l'environnement par le transport de pollen d'une plante à une autre lors du butinage réalisant ainsi la fécondation chez les plantes à fleurs.

*Cules sp*, *Culex pipiens* et *Anopheles sp*. sont des insectes hématophages notamment pour les femelles qui expriment le besoin protéinique pour leur vitellogenèse. La présence de ces insectes dans la serre est encouragée par l'abondance de l'eau d'arrosage.

*Calliphora vicina* et *Calliphora vomitoria* sont des diptères nécrophages recensés dans la serre suite à la présence de cadavres d'animaux morts.

*Entomobrya nivalis*, *Armadillidium vulgare*, *Glomeris sp*, *Carpophilus sp*, *Thaumatomyia notate*, *Musca domestica*, *Drosophila sp* et *Trichoptera sp* sont des espèces détritivores présentes dans la serre et servent à la décomposition de la matière organique végétale et animale.

*Eupelmus sp*, *Trichogrammatidae sp*, *Ichneumonidae sp* et *Ophion luteus* sont des parasitoïdes intervenants dans la régulation des populations d'insectes ravageurs.

### 3.5. Exploitation des résultats par indices écologiques de structure pour les espèces échantillonnées

Les résultats obtenus sont exploités à l'aide d'indices écologiques de structure, voir les indices de diversité de Shannon et d'équitabilité.

Les résultats relatant les indices de diversité de Shannon ( $H'$ ), de la diversité maximale ( $H'_{max}$ ) et de l'équitabilité ( $E$ ) appliqués aux espèces d'arthropodes échantillonnées par les différents types de pièges au niveau des différentes serres d'études sont illustrés dans les tableaux.

**Tableau 12 :** Valeurs de diversité de Shannon  $H'$  des espèces d'invertébrés capturés à l'aide des différentes méthodes d'échantillonnages au niveau de la serre d'étude.

Type de piège	Filet fauchoir	Pièges colorés	Pots-Barber
<b><math>H'</math> (bits)</b>	2,68	4,84	4,55
<b><math>H_{max}</math> (bits)</b>	5,25	5,54	6,02

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon sont assez élevées au niveau de la serre d'étude, elles sont égales à  $H' = 2,68$  bits pour le filet fauchoir,  $H' = 4,84$  bits pour les pièges jaunes et  $H' = 4,55$  bits pour les pots Barber. La diversité maximale est égale à  $H_{max} = 5,02$  bits pour le filet fauchoir,  $H_{max} = 5,54$  bits les pièges jaunes et  $H_{max} = 6,02$  bits pour les pots Barber.

**Tableau 13 :** Valeurs de l'équitabilité des espèces d'invertébrés capturés à l'aide des différentes méthodes d'échantillonnages au niveau de la serre d'étude.

Type de piège	Filet fauchoir	Pièges colorés	Pots-Barber
<b>Equitabilité</b>	0,53	0,87	0,75

L'équitabilité obtenue pour chaque type de piège varie de  $E= 0,53$  à  $E= 0,87$ , ces valeurs tendent vers 1, ce qui traduit un équilibre entre les espèces du milieu.

#### 4. Discussion

Les espèces d'invertébrés inventoriées sont le résultat des sorties effectuées au cours de l'année 2016, sur la culture de tomate au niveau d'une serre de variété Dawson dans la région d'Azeffoun.

Durant cette période d'échantillonnage 76 espèces sont capturées, réparties en 46 familles, appartenant à 16 ordres et à 6 classes d'invertébrés (Entognates, Crustacés, Myriapodes, Arachnides, mollusque et insectes). La classe la mieux représentée est celle des insectes avec une fréquence centésimale de 89,04%, suivi par la classe des Arachnides avec une fréquence centésimale de 7,19% et les crustacées avec une valeur égale à 1,71%. Les Entognates, les Mollusques et les Myriapodes sont faiblement représentées avec une fréquence centésimale égale à 0,72%, 0,99% et 0,36% respectivement.

Ces résultats corroborent ceux des travaux réalisés durant trois années d'étude dans une serre de tomate au Burkina-Faso par SON et *al.* (2018) mettant en évidence la récolte de 1447 individus classés en 42 familles. Ces mêmes auteurs rajoutent que les ennemis naturels sont en faible abondance telle que la famille des Coccinellidae.

SON et *al.* (2018) ont mis en évidence la présence de 08 familles d'insectes nuisibles. Les mêmes résultats sont rapportés par CHOUGOUROU et *al.* (2012) au Nigeria et OFORI et *al.* (2014) au Ghana. En effet ces derniers auteurs ont inventorié sur culture de tomate, une multitude d'insectes ravageurs appartenant à diverses familles. Parmi les familles les plus inféodées à la culture de tomate, ils retrouvent les Agromizidae, les Aleyrodidae, les Aphydidae, les Gelichiidae, les Noctuidae. SHIFFERS (2011) ; MAILAFIYA et *al.* (2014) rapportent que la majorité de ces ravageurs sont présents au stade végétatif de la plante et affecte gravement sa croissance et son développement.

Les valeurs des espèces capturées une seule fois et en un seul exemplaire par les différentes méthodes d'échantillonnage au niveau de la serre d'étude sont comprises entre 0,48 et 0,66 ce qui indique que la qualité d'échantillonnage est jugée très bonne car les valeurs se rapprochent de zéro.

La richesse totale des espèces récoltées par l'utilisation des trois méthodes de capture dans la serre prospectée est en fonction du type de piège employé.

En utilisant le filet fauchoir, la richesse totale est de 32 espèces, les pots Barber ou piège terrestres ont permis de capturer un total de 64 espèces, les pièges aériens ont permis de capturer 45 espèces.

VAYSSIÈRES et *al.* (2001) ont dénombré 123 espèces d'arthropodes ravageurs et 128 espèces d'arthropodes auxiliaires sur cultures maraîchères dans l'Ile de la Réunion. Ces mêmes auteurs rapportent que les ravageurs les plus préjudiciables des Solanaceae sont : *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera:Aleyrodidae), *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae), *Neoceratitis cyanescens* (Bezzi) (Diptera: Tephritidae).

Les dégâts causés par les homoptères sont directs et se caractérisent par des prélèvements de sève et des sécrétions de miellat réduisant ainsi la photosynthèse et donc le développement du plant et sa production.

L'espèce *Myzus persicae* (Sulzer) transmet des virus selon le mode non persistant (MESSIAEN et *al.*, 1991). La grande efficacité de ce mode de transmission permet aux maladies virales de se propager avec de faibles populations du puceron. *M. persicae* est aussi un vecteur de maladies virales. La production de miellat par les larves provoque aussi des brûlures sur le feuillage et favorise le développement de fumagine (HULLE et *al.*, 1999).

MONDEDJI et *al.* (2015) rapportent une forte dominance des homoptères à travers une étude au Sud du Togo. Ces auteurs ont indiqué que les principaux insectes nuisibles aux cultures maraichères sont les larves de Lépidoptères, les Homoptères (pucerons), les Coléoptères et les Orthoptères (les criquets).

En Jordanie après prospection de cultures de tomates AL-JBOORY et *al.* (2012) ont mis en valeur la présence de trois hémiptères *Orius albidipennis*, *Orius sp.* (Anthocoridae) et *Nesidiocoris tenuis* (Miridae) ainsi que la guêpe Bracon (Hymenoptera : Brachonidae).

Les captures des insectes ont mis en évidence leur diversité importante sur les plants de tomate. Cette diversité a été rapportée par plusieurs auteurs, dont CHOUGOUROU et *al.* (2012) et c'est cette importante diversité qui est à la base de l'utilisation abusive des insecticides chimiques durant la production de la tomate.

Les abondances relatives des invertébrés récoltés au niveau de la serre d'étude par l'application des trois méthodes de capture varient d'une méthode à une autre. La dominance de certaines espèces par rapport à d'autres est fonction de la méthode de capture employée.

Les valeurs des fréquences centésimales appliquées aux ordres d'invertébrés recensés varient d'un type de piégeage à un autre, chaque méthode d'échantillonnage est relative à un groupe d'ordre représentatif ; ainsi par l'emploi du filet fauchoir, l'ordre des Araignées et des Hyménoptères domine avec une fréquence relative de 43,05% et 33,11% respectivement, suivi par celle des Diptères et les Hétéroptères avec respectivement 8,94% et 8,61%.

Les Hyménoptères, les Diptères et les Homoptères sont abondants par l'utilisation de piégeages jaunes aériens, avec une fréquence relative égale à 28,23% ; 26,57% et 22,35% respectivement, suivi par les Coléoptères avec une fréquence relative égale à 11,37%.

Les espèces appartenant à l'ordre des Hyménoptères sont les plus comptabilisées dans les pièges terrestres ou pots Barber. Cet ordre présente une fréquence relative de 44,24%, suivi par les Coléoptères avec un pourcentage de 20,74%, ensuite viennent les Diptères, les Araignées et les Homoptères avec des pourcentages de 9,06%, 8,14% et 6,91% respectivement.

L'inventaire a permis la capture de 6 espèces de pucerons qui sont *Aphis fabae*, *Dysaphis plantaginea*, *Aphis citricola*, *Myzus persicae*, *Hyperomyzus lactucae* et *Macrosiphum rosae* qui causent des dégâts importants sur la culture de tomate. Nos résultats corroborent ceux de BENHALIMA-KAMEL et BENHAMOUDA (2001) dans la région de Sousse en Tunisie. Selon les mêmes auteurs, *M.persicae* et *M.rosae* peuvent transmettre des virus aux plantes attaquées. Ces populations d'aphides sont régulées par les prédateurs notamment les coccinelles comme *Coccinella quatuordecimpunctata*, *Harmonia axyridis*, *Hippodamia variegata*, *Thea vigintiduopunctata* et *Adalia bipunctata*. Ainsi que la fourmi *Cataglyphis bicolor*. LOFINDA-LIFAKE (2018) après un inventaire sur trois plantes hôtes a échantillonné trois espèces de pucerons sur les tomates (*Aphis gossipi*, *Macrosiphum euphoribae* et *Myzus persicae*), ainsi que plusieurs espèces d'auxiliaires dont *Adalia punctata* et *Calvia guttata*.

Les régimes alimentaires des insectes sont d'une extrême diversité, du fait des structures et fonctionnement des pièces buccales, de la division structurale et fonctionnelle du tube digestif. Ainsi nous avons établi une répartition en fonction des différentes catégories

trophiques selon nos observations personnelles et la bibliographie consultée. Nous avons pu distinguer 8 grands ensembles parmi les 76 espèces d'invertébrés retenus.

Les valeurs des fréquences centésimales appliquées aux espèces d'invertébrés échantillonnées au niveau de la serre étudiée suivant leurs régimes trophiques varient d'un type de piégeage à un autre.

Le groupe le mieux représenté par l'utilisation du filet fauchoir est celui des prédateurs et des phytophages avec 36.66% et 30% respectivement. Suivent ensuite les pollinisateurs, les parasites et les omnivores avec respectivement 10%, 10% et 6,66%. Les détritivores et les vecteurs comptabilisent des taux faibles égal à 3.33% de la totalité des captures.

Les groupes des phytophages et des prédateurs sont les plus abondants par l'utilisation de piégeages jaunes aériens, avec une fréquence relative égale à 33.33% et 21,42% respectivement. Suivent les pollinisateurs avec 10%, et les omnivores avec 6,66%. Les vecteurs et les détritivores sont faiblement représentés avec 3.33% chacun.

Le groupe des phytophages sont le plus comptabilisé dans les piégeages terrestres ou pots Barber avec une fréquence relative égale à 33,33%. S'ensuivent les prédateurs avec 29,62%. Les détritivores, les pollinisateurs, les omnivores et les vecteurs s'estiment à 12.76%, 9.25%, 7.40% et 5.55% respectivement. Enfin, les nécrophages comptabilisent des taux faibles avec 1,84% de la totalité des captures.

L'espèce de Gastropoda citée est phytophage. Ses dégâts selon TRACOL et MONTAGNEUX (1987) sont très visibles sur le limbe. Ils apparaissent sous forme de larges échancrures. FAES et al. (1947) rajoutent que les mollusques terrestres peuvent occasionner des dégâts considérables sur les cultures maraîchères ; d'ailleurs, le genre *Trochylus* est l'espèce la plus nuisible.

La classe des Crustacea est représentée par la famille des Glomeridae et Armadillidae, ces derniers causent souvent des dommages aux jeunes pousses tendres des plantes (ALFORD, 2013).

Les Coléoptères sont représentés par plusieurs espèces phytophages, notamment la famille des Curculionidae qui induisent des dégâts sur la culture de la tomate.

CHOUGOUROU et al. (2012), lors d'un Inventaire préliminaire de l'entomofaune des champs de tomates au Bénin, ont identifié 37 genres et espèces d'insectes. Au total, 32 genres

et espèces d'insectes sont reconnus comme nuisibles, ravageurs de la culture de tomate. Ce nombre important de ravageurs montre que les cultures maraîchères en général et celle de la tomate en particulier abritent assez d'ennemis. Ces résultats sont semblables à ceux obtenus par ATACHI et *al.* (1989) au Bénin ; DJETO-LORDON et *al.* (2007) au Cameroun qui dans leurs différents échantillonnages ont démontré que la culture de tomate abrite une multitude d'insectes appartenant à des ordres différents. Les inventaires réalisés par JAMES et *al.* (2010) ont montré que la culture de tomate est particulièrement attaquée par divers insectes ravageurs compromettant fortement son rendement. Les principaux ordres d'appartenance des espèces obtenues par ces auteurs sont les Orthoptères, les Coléoptères, les Homoptères, les Lépidoptères, les Hétéroptères et les Diptères. Par ailleurs, TENDENG et *al.* (2017) ont réalisé un inventaire ayant contribué à la prospection de quatre familles de cultures maraichères, qui sont les Solanacée, les Cucurbitaceae, les Brassicacea et les Malvaceacea au Sénégal sur une durée d'une Année. Cette étude a permis de recenser 38 genres avec 35 espèces de ravageurs réparties en 17 familles d'insectes et une famille d'acariens. Elle a permis également d'obtenir 13 genres avec 11 espèces auxiliaires réparties en 05 familles différentes. Sur les Solanacées, les espèces répertoriées sur les cultures de tomates sont *Tripanosoma evansi*, *T. absoluta*, *Bemisia tabaci* et *Chrysodeixis chalcites*. En outre, des inventaires d'insectes inféodés au karité au Ghana, ont permis à DWOMOH (2003) d'identifier 53 genres et espèces ravageurs. Quant à ODEBIYI et *al.* (2004), ils sont parvenus à classer 33 genres et espèces pour la même plante au Nigéria. L'inventaire des insectes ravageurs et vecteurs de la panachure jaune du riz au Nord Cameroun par SADOU et *al.* (2008) a permis d'identifier 46 espèces appartenant à sept ordres et 26 familles. Les ordres des Lépidoptères et des Hémiptères sont les plus dominants.

A côté des ravageurs beaucoup d'insectes utiles (pollinisateurs, prédateurs, parasitoïdes) cohabitent dans la parcelle de tomate, ainsi les pollinisateurs jouent un rôle primordial pour la productivité (KLEIN et *al.*, 2007). En effet, YOU et *al.* (2005) rajoutent que les espèces pollinisatrices jouent un rôle important dans la polonisation des plantes maraichères. Ils estiment ainsi qu'en Chine, 85 % des plantes phanérogames sont polonisées par les insectes. D'autre part, selon WILLIAMS (1994), une autre étude en Europe a démontré que la production de 84% des plantes cultivées dépend directement de la polonisation par les insectes. Quant aux rôles des prédateurs et parasitoïdes, il est rapporté par CHAILLEUX et *al.* (2013) qui attestent que ces insectes auxiliaires contribuent à la diminution des effectifs de populations de ravageurs, réduisant le besoin d'intervenir pour maîtriser leur développement.

BREITENMOSER et BAUR (2013) confirment le rôle important de la faune auxiliaire, dans la régulation des ravageurs.

Les Caraboidea sont des Coléoptères carnivores, essentiellement prédateurs de consommateurs primaires. Leurs proies sont diversifiées et constituées surtout d'oligochètes, de limaces, d'insectes adultes et de larves

La famille des Coccinellidae est représenté par *Adalia bipunctata* prédatrice de puceron, l'abondance de cette coccinelle aphidiphage s'explique, selon la littérature scientifique, du fait que la majorité des coccinelles notamment dans le Nord de l'Algérie apparaissent au milieu du printemps, lorsque les températures minimales avoisinent 15°C (SAHARAOUI et GOURREAU, 1998). Ces mêmes auteurs rajoutent que *Adalia bipunctata* a une activité intense en Avril et en Mai.

VAYSSIÈRES et al. (2000) notent que les plus grands groupes d'insectes auxiliaires et ceux d'intérêt biologique, sont des parasitoïdes, généralement plus spécifiques d'un hôte ou d'un groupe d'hôtes. Les espèces de parasitoïdes recensées sont exclusivement constituées d'Hyménoptères

En Polynésie française sur culture de tomate RYCKWART (2004) rapporte de nombreux dégâts de mineuse ainsi que la présence d'aleurode *Bemisia tabaci* et de noctuelle de la tomate *Helicoverpa armigera*.

Dans les écosystèmes agricoles existent des interactions entre les plantes et les insectes phytophages (De MORAES et al., 2001).

LOFINDA LIFAKE et al. (2018) suggèrent une attraction entre auxiliaires et plantes dûe à la reconnaissance des molécules émises par les plantes. Les auxiliaires peuvent favoriser la réduction de la pression des ravageurs dans les agro systèmes (ALTIERI, 1991 ; STAMPS et LINIT, 1998).

HOU et al. (2002) attestent que l'application intensive d'insecticides de synthèse provoque une diminution significative de la diversité entomologique présente dans les cultures maraichères.

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver sont assez élevée au niveau de la serre d'étude, elle est égale à  $H' = 2,68$  bits pour le filet fauchoir ;  $H' = 4,55$  bits pour les pièges terrestres et de  $H' = 4,84$  bits pour les pièges aériens.

L'équitabilité obtenue pour chaque type de piège varie de  $E = 0,53$  à  $E = 0,75$ , ces valeurs tendent vers 1, ce qui traduit un équilibre entre les espèces du milieu au niveau de chaque parcelle.

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon rapportés par GUERMAH (2019) sont assez élevées au niveau de cinq parcelles de pommeraie, elles varient de  $H' = 2,69$  bits à  $H' = 5,23$  bits pour le filet fauchoir ; de  $H' = 5,82$  bits à  $H' = 7,39$  bits pour les pots Barber ; de  $H' = 4,72$  bits et de  $H' = 4,62$  bits à  $H' = 6,92$  bits pour les pièges aériens. Ce même auteur enregistre une équitabilité pour chaque type de piège, variant de  $E = 0,74$  à  $E = 0,95$ , ces valeurs tendent vers 1, ce qui traduit un équilibre entre les espèces du milieu.

GUERMAH et MEDJDOUB-BENSAAD (2016) rapportent une diversité de Shannon égale à  $H = 4,31$  bits avec une diversité maximale égale à  $H_{max} = 6,64$  bits appliqué aux arthropodes échantillonnés par l'emploi du filet fauchoir sur une parcelle de pommier dans la région de Tizi-Ouzou. En utilisant la technique des pots Barber pour l'étude de la biodiversité des arthropodes au niveau de 3 steppes dans la région de Djelfa, GUERZOU et *al.* (2014) rapportent la variation des valeurs de diversité de Shannon entre 1,9 et 3,7 bits à Taicha, 3,02 et 3,5 bits à El Khayzar, 3,6 et 4,0 bits à Guayaza (sites de leur échantillonnage). CHIKHI ET DOUMANDJI (2007) lors d'un inventaire d'une parcelle de néfliers à Maâmria notent une équitabilité égale 0,9.

---

**Chapitre VI**  
**Toxicité des huiles**  
**essentielles sur les larves de**  
***Tuta absoluta***

---

## 1. Introduction

Les produits chimiques sont utilisés d'une façon abusive et impropre dans la plupart des pays africains. Les paysans détournent souvent des pesticides à des usages autres que ceux pour lesquels ils sont destinés et utilisent les pesticides toxiques sans mesures de protection adéquates à cause des taux d'analphabétisme élevés (ISMAN, 2006).

Ainsi, l'emploi intensif de ces produits a provoqué une contamination de la biosphère et de la chaîne alimentaire, une éradication des espèces non cibles telles que la faune auxiliaire et l'apparition des microorganismes résistants (MAGAN et OLSEN, 2004).

Même si certaines formes de résistances de *T. absoluta* par rapport aux pesticides sont signalées au Brésil (SIQUIERA et al., 2000) en Argentine (LIETTI et al., 2005) et au Nigéria (OKE et al., 2017) la gestion de *T. absoluta* est faite par pulvérisation d'insecticides chimiques de diverses familles dont les plus importantes sont les organophosphorés, les pyréthrinoides et les avermectines (DIATTE et al., 2015 ; DIATTE et al., 2018). D'autres luttés chimiques sont testées par utilisation de substances actives tel que l'abamectine (POLACK, 1999) ou le spinozadés (CÁCARES, 2000).

L'abus de ces substances chimiques nuit à l'environnement et à la santé humaine. Une proposition de lutte alternative par des huiles essentielles est présentée dans cette partie, en vue de remplacer ces molécules chimiques par des produits de compositions végétales, donc naturels, mieux tolérés par l'environnement et surtout moins nocifs pour les organismes humains.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet toxique de huit huiles essentielles par inhalation à l'égard des larves du troisième et quatrième stade de la mineuse de la tomate *T. absoluta*.

## 2. Matériel et méthodes

Après récolte des larves des troisièmes et quatrièmes stades de *T. absoluta*, les effets de huit huiles essentielles sur ces larves de dernier stade seront testés au laboratoire (Fig. 58).

Cette expérimentation a nécessité le matériel suivant :

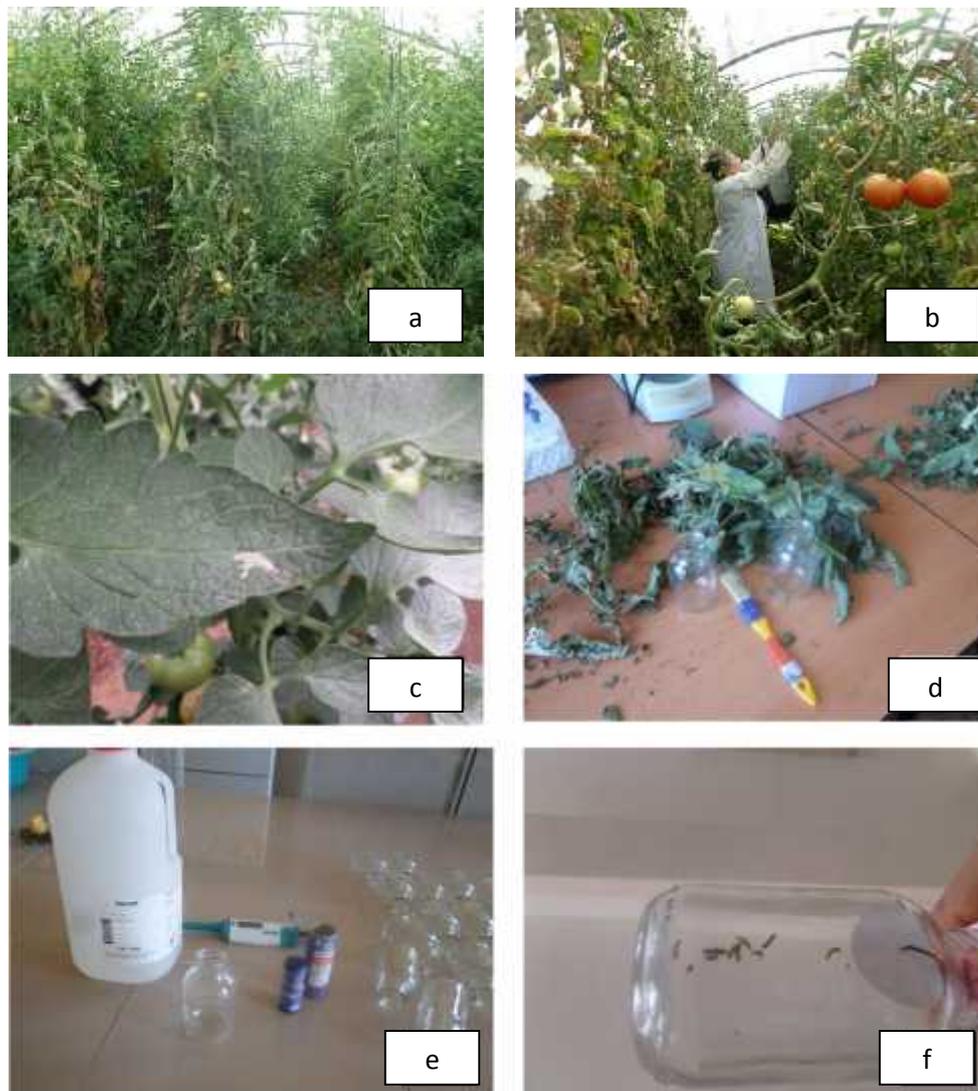
Une pipette graduée pour le dosage des huiles, ainsi qu'une micro pipette pour les micro-doses.

Du papier filtre sur lequel sera déposée l'huile essentielle.

De l'acétone est utilisée pour permettre la répartition homogène de l'huile essentielle sur le papier filtre.

Des flacons en verre hermétiquement bien fermés de 125 ml de volume.

D'autres accessoires ont été utilisés tels que : ciseaux, scotch, étiquettes, pinceau ...



**Figure 58** : Protocole expérimental entrepris pour l'étude de toxicité des huiles essentielles

a : serre saine avant infestation

b : récolte des folioles infestées

c : folioles infestées et récoltées au niveau de la serre

d : retrait des larves L<sub>3</sub> et L<sub>4</sub>

e : matériel utilisé pour l'expérimentation

f : larves de *T.absoluta* à l'intérieur du bocal

## 2.1. Matériel biologique

### 2.1.1. Insecte ravageur

L'espèce étudiée est la mineuse de la tomate *T. absoluta*. Ce micro lépidoptère est polyvoltin, dont les larves se développent aux dépens des feuilles et des fruits de sa plante hôte la tomate. Les larves sont récoltées tôt le matin dans des serres infestées par la mineuse. Des brassées de folioles sont arrachées aux plants de tomate puis ramenées au laboratoire pour la suite de l'expérimentation. Les larves sont ensuite retirées manuellement à l'aide d'une aiguille puis triées selon leur stade de développement L<sub>3</sub> ou L<sub>4</sub>.

### 2.1.2. Huiles essentielles

Nous avons testé différentes huiles essentielles, qui sont des huiles commerciales extraites par hydro distillation à partir des feuilles du basilic, du thym, de la menthe poivrée, de *eucalyptus globulus*, *radiata* et *citriodora*, du pamplemousse et du citron (Fig. 59).

#### 2.1.2.1. Description des espèces végétales utilisées

##### 2.1.2.1.1. Basilic (*Ocimum basilicum* L.)

Le Basilic (*Ocimum basilicum* L.) est une espèce de plantes herbacées thérophytes de la famille des Lamiacées (labiacées, labiées), cultivée comme plante aromatique et condimentaire (POUSSET, 2014). RUBAB et *al.* (2017) rajoutent qu'on le retrouve dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées du monde.

### ) Nomenclature

**Nom Français :** Basilic commun

**Nom Arabe :** Rayhan

**Nom Kabyle :** Lahvaq

### ) Position systématique

CRONQUIST (1981) rappelle que le basilic est classé comme suit :

Embranchement : Spermaphytes

Sous Embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiacées

Genre : *Ocimum*

Espèce : *Ocimum basilicum* L.

### ) Composition chimique

La composition chimique de l'huile essentielle du basilic est exprimée dans le tableau suivant

**Tableau 14** : Principaux composants de l'huile essentielle extraite d'*Ocimum basilicum* (en %) identifiés par CG/SM (ORIGINALE, 2016).

Composés	Concentration %
<b>Linalool</b>	50,56
<b>Eucalyptol</b>	8,62
<b>bicyclo-heptene</b>	6,87
<b>Phenol</b>	5,63
<b>Cyclohexane</b>	2,9
<b>germacrene D</b>	2,69
<b>Azulene</b>	1,45
<b>bêta-pinene</b>	1,14
<b>Borene</b>	1,09
<b>42 Autres composés en infimes concentrations</b>	19,5

### 2.1.2.1.2. Menthe poivrée (*Mentha piperita* L.)

QUEZEL ET SANTA (1962) rappellent que *Mentha piperita* est l'espèce de menthe la plus répandue, elle appartient à la Famille des Lamiacées, elle est trouvée généralement sur des terrains humides et frais, de nature argileuse et calcaire. AUBINEAU ET *al.* (2002) rajoutent que la menthe poivrée est une plante hybride issue du croisement de la menthe aquatique (*Mentha aquatica*) et la menthe verte (*Mentha spicata*), d'où le "X" présent dans sa dénomination latine.

#### ) Nomenclature

**Nom Français :** Menthe poivrée

**Nom Arabe :** Nânâ folfoli

**Nom Kabyle :** Na ne

#### ) Position systématique

OZENDA (1983) ; BRUNETON (1999) rappellent la classification de la menthe poivrée :

Embranchement : Spermaphytes

Sous Embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Sympetales

Famille : Labiées

Genre : *Mentha*

Espèce : *Mentha X piperita* L.

#### ) Composition chimique

La composition chimique de l'huile essentielle de la menthe poivrée est exprimée dans le tableau qui suit.

**Tableau 15** : Principaux composants de l'huile essentielle extraite de *Mentha X piperita* (en%) identifiés par CG/SM (ORIGINALE, 2016).

Composés	Concentration %
Menthol	34,87
l-menthol	26,36
Mentomenthol	11
Eucalyptol	7,81
trans-carane	6,85
eucaryophyllene	1,84
Pulegone	1,67
bêta-pinene	1,43
15 Autres composés en infimes concentrations	8,17

#### 2.1.2.1.3. Thym (*Thymus vulgaris*)

*Thymus* est un genre de plantes couramment appelées thym, de la famille des Lamiacées. Ce genre comporte plus de 300 espèces. Ce sont des plantes rampantes ou en coussinet portant de petites fleurs rose pâle ou blanches (AUBINEAU et *al.*, 2002). BOUKHATEM et *al.* (2014) rajoutent que ces plantes sont riches en huiles essentielles et à ce titre font partie des plantes aromatiques. La principale huile essentielle du thym commun (*Thymus vulgaris*) est un terpénoïde qui lui doit son nom, le thymol, une substance bactéricide.

#### ) Nomenclature

**Nom Français** : thym

**Nom Arabe** : Zâitra

**Nom Kabyle** : Zaatâr

### ) Position systématique

SPICHIGER et *al.* (2002) rappellent la classification du thym :

Embranchement : Spermaphytes

Sous Embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiacées

Genre : *Thymus*

Espèce : *Thymus vulgaris* L.

### ) Composition chimique

La composition chimique de l'huile essentielle du thym est exprimée dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 16** : Principaux composants de l'huile essentielle extraite de *Thymus vulgaris* (en%) identifiés par CG/SM (ORIGINALE, 2016).

Composés	Concentration %
Phenol	52,36
Benzene	20,82
Linalool	5,34
1,4-cyclohexadiene	4,77
Borneol	1,6
Ethanone	1,55
Caryophyllene	1,21
22 autres composés en infimes concentrations	12.35%

#### 2.1.2.1.4. Pamplemoussier (*Citrus paradisi* L.)

Le fruit de *Citrus paradisi* est un agrume nommé pomélo, notamment par les botanistes, tant en Europe qu'en Amérique du Nord. Cet hybride est principalement cultivé aux États-Unis, en Afrique du Sud et en Argentine (CHAUVET, 1980).

##### ) **Nomenclature**

**Nom Français :** pamplemousse, pomelo

**Nom Arabe :** Garib furut

**Nom Kabyle :** Icemmim

##### ) **Position systématique**

SPICHIGER et *al.* (2002) rappellent la classification du pamplemousse :

Embranchement : Spermaphytes

Sous Embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Sapindales

Famille : Rutacées

Genre : *Citrus*

Espèce : *Citrus paradisi* L.

##### ) **Composition chimique**

La composition chimique de l'huile essentielle de pamplemousse est exprimée dans le tableau qui suit.

**Tableau 17** : Principaux composants de l'huile essentielle extraite de *Citrus paradisi* (en%) identifiés par CG/SM (ORIGINALE, 2016).

Composés	Concentration %
D-limonene	92,19
bêta-pinene	1,96
D1-nitrophenyl	1,23
alpha-pinene	0,62
Naphthamenone	0,56
bêta-phellandrene	0,55
12 autres composés en infimes concentrations	2.89 %

#### 2.1.2.1.5. Citron (*Citrus limon*)

Le citron (ou citron jaune) est un agrume, fruit du citronnier (*C. limon*), qui existe sous deux formes : le citron doux, fruit décoratif de cultivars à jus peu ou pas acide néanmoins classés *C.limon* (L.) *Burm. f.* (classification de Tanaka) et le citron acide, le plus commun de nos jours dont le jus a un pH d'environ 2,5 (CLEMENT, 1981). Le même auteur rajoute que le fruit est ovoïde de 7 à 12 cm de longueur, à peau épaisse, adhérente, jaune clair et odorante à maturité.

#### ) Nomenclature

**Nom Français** : Citron

**Nom Arabe** : Lqares

**Nom Kabyle** : Lim

### ) Position systématique

CRONQUIST (1981) rappelle la classification du citron

Embranchement : Spermaphytes

Sous Embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Sapindales

Famille : Rutacées

Genre : *Citrus*

Espèce : *Citrus limon* L.

### ) Composition chimique

La composition chimique de l'huile essentielle du citron est exprimée dans le tableau 18.

**Tableau 18 :** Principaux composants de l'huile essentielle extraite de *Citrus limon* (en%) identifiés par CG/SM (ORIGINALE, 2016).

Composés	Concentration %
<b>D-limonene</b>	36,9
<b>linalyl acetate</b>	32,48
<b>Linalool</b>	10,54
<b>bêta-pinene</b>	6,35
<b>alpha-terpene</b>	6,08
<b>alpha-pinene</b>	1,09
<b>Cyclohexene</b>	0,57
<b>Caryophyllene</b>	0,42
<b>11 autres composants en infimes concentrations</b>	5,57%

### 2.1.2.1.6. Eucalyptus

Les Eucalyptus sont de grands arbres dont certains peuvent dépasser 100 m de hauteur, mais la moyenne des espèces les plus courantes est de 40 à 50 m, d'autres ont des dimensions plus faibles (TRAORE et *al.*, 2013). Son tronc est lisse et sa couleur varie du blanc au gris. Son écorce se détache facilement en longues bandes (KOZIOL, 2015). Les eucalyptus portent des feuilles persistantes, coriaces, glabres mais différentes en fonction de l'âge des rameaux : les jeunes rameaux possèdent des feuilles larges, courtes, opposées, sessiles, ovales, bleu-blanc et cireuses, avec un vrai limbe nervuré. Les rameaux plus âgés possèdent des feuilles aromatiques, falciformes, longues de 12 à 30 cm, étroites, pointues, épaisses, vert foncé, courtement pétiolées, alternes et pendantes verticalement (GOETZ et GHEDIRA, 2012). Les fleurs, visibles au printemps, le calice à la forme d'une toupie bosselée dont la partie large est couverte par un opercule qui se détache au moment de la floraison laissant apparaître de nombreuses étamines (BELOUED, 1998).

Le fruit ligneux est une grosse capsule glauque prenant une teinte marron à maturité, dure, anguleuse, verruqueuse, et s'ouvrant légèrement par trois, quatre ou cinq fentes (qui dessinent une étoile à son sommet) pour libérer de nombreuses graines sombres et minuscules (GOETZ et GHEDIRA, 2012).

#### ) **Nom vernaculaire**

**Nom français :** Eucalyptus commun

**Nom arabe :** Kalitus, Kalatus (GHIDIRA et *al.*, 2008).

#### ) **Position systématique**

GHIDIRA et *al.* (2008) classe l'Eucalyptus comme suit :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtacées

Genres : *Eucalyptus*

Espèce : *Eucalyptus globulus* ; *Eucalyptus radiata* ; *Eucalyptus citridora*

) **Composition chimique**

Les composés majoritaires de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*, *E. radiata* et *E. citriodora* sont illustrés dans les tableaux ci-dessous.

**Tableau 19 :** Principaux composants de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* en pourcentage identifiés par CG/SM (TALEB-TOUDERT, 2015).

Composés	Concentration %
<b>Eucalyptol</b>	47.05
<b>Globulol</b>	8.65
<b>-Pinène</b>	7.69
<b>-Terpinène</b>	3.58
<b>P.cymène</b>	3.48
<b>Terpineol</b>	2.35
<b>-Terpineol</b>	1.93
<b>Biosol</b>	1.83
<b>Epiglobulol</b>	1.65
<b>Thymol</b>	1.49
<b>Aromadendrène</b>	1,38
<b>22 autres composés en infimes concentrations</b>	18.92

**Tableau 20 :** Principaux composants de l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* en pourcentage identifiés par CG/SM (ORIGINALE, 2016).

Composés	Concentration %
<b>Eucalyptol</b>	75,49
<b>alpha-terpineol acetate</b>	9,26
<b>Carene</b>	4,58
<b>alpha-pinene</b>	2,52
<b>terpinene-4-ol</b>	1,43
<b>bêta-phellandrene</b>	1,15
<b>14 autres composés en infimes concentrations</b>	5,57%

**Tableau 21 :** Principaux composants de l'huile essentielle d'*Eucalyptus citriodora* en pourcentage identifiés par CG/SM (ORIGINALE, 2016).

Composés	Concentration %
Menthol	75,86
citronellal	7,28
citronellyl propionate	4,52
bicyclo-nonane	2,05
2,6-dimethyl 2,6-octadien	1,52
p-menthane	1,07
eucalypthol	0,68
alpha-pinene	0,68
27 autres composés en infimes concentrations	6.34%



**Figure 59 :** Différentes plantes dont les huiles essentielles ont été utilisées

a : Thym, b : basilic, c : la menthe poivrée, d : *Eucalyptus globulus*, e : *Eucalyptus radiata*, f : *Eucalyptus citriodora*, g : le pamplemousse, h : le citron.

## 2.2. Méthode d'application des bio-essais

L'ensemble des huiles essentielles sont testées séparément à différentes doses (1 $\mu$ l, 3 $\mu$ l, 5 $\mu$ l, 10 $\mu$ l) à l'égard des larves du troisième et quatrième stade de *T. absoluta*. Le test entrepris dans cette étude est le test de toxicité par inhalation. 10 larves des stades L<sub>3</sub> et L<sub>4</sub> sont mises séparément et rapidement dans chaque bocal. Un disque de papier filtre est imprégné de quelques gouttelettes d'acétone, qui permettront la diffusion homogène de l'huile essentielle utilisée, il est ensuite suspendu à un fil lui-même relié au bouchon du bocal. Quatre répétitions sont effectuées pour chaque dose et pour chaque lot témoin (Fig. 60). Les individus morts sont dénombrés d'une façon régulière (1, 3, 6, et 24 heures) du début d'exposition des essais jusqu'à la mort de la totalité des larves.



**Figure 60 :** Test par inhalation effectué sur les larves de *T. absoluta* à différentes doses (ORIGINALE, 2015).

## 2.3. Analyse statistique

Les données obtenues sont soumises à l'analyse de variance selon plusieurs critères de classification, en utilisant le logiciel STAT BOX, version 6.4. Lorsque cette analyse révèle des différences significatives, elle est complétée par le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5%, qui permet de déterminer les groupes homogènes par classification hiérarchique ascendante.

## 2.4. Estimation de la DL50 par la méthode de droite de régression

La dose létale pour 50% de la population d'insectes DL50, est la dose pour laquelle nous obtenons 50% de mortalité d'une population, les mortalités corrigées sont transformées en

probits, et les doses en logarithme décimal, qui permettent d'établir les équations de la droite de régression. La DL50 nous permet de comparer la toxicité des huiles essentielles testées.

Les pourcentages de mortalités observées sont corrigés par la formule d'Abbott qui permet d'éliminer la mortalité naturelle et de connaître la toxicité réelle du bio pesticide par l'analyse des probits (FINNEY, 1971).

La formule d'Abbott est la suivante :

$$Mc\% = (Mo - Mt) / (100 - Mt) \times 100$$

**Mc%** : Mortalité corrigée en pourcentage.

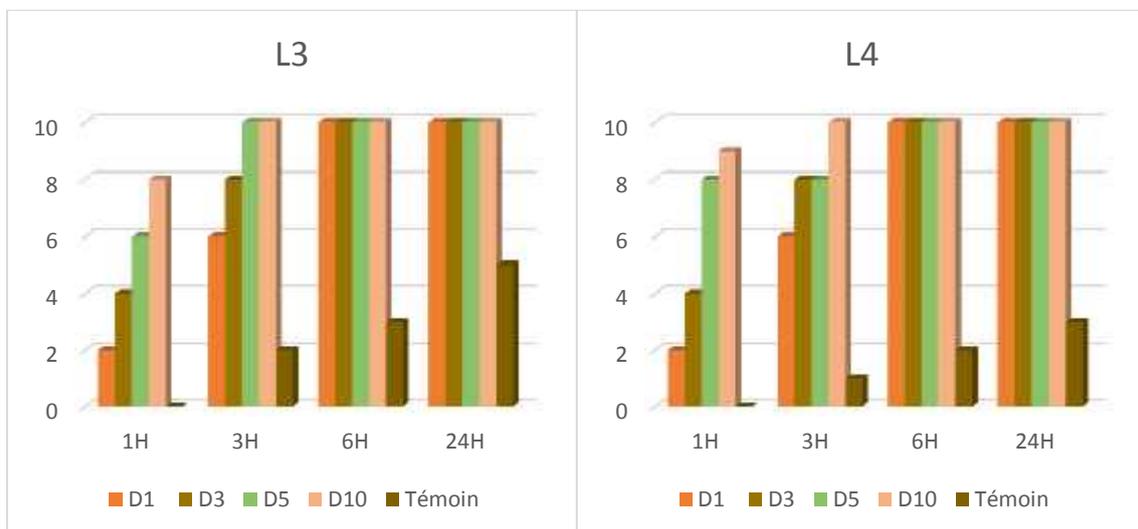
**Mo** : Mortalité observée dans la population traitée.

**Mt** : Mortalité observée dans la population témoin.

### 3. Résultats

#### 3.1. Toxicité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*

Les résultats obtenus pour l'action de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* à l'égard des larves du troisième et quatrième stade de *T. absoluta* par inhalation sont illustrés sur la figure qui suit :



**Figure 61** : Taux moyen de mortalité des larves du troisième et quatrième stade traité par inhalation à différentes doses d'huile essentielle d'*E. globulus*.

3.2. Toxicité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata*

Les résultats illustrés dans la figure ci-dessous représentent le taux de mortalité des larves L3 et L4 de *T. absoluta* suite à l'inhalation de l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* à différentes doses



Figure 62 : Taux moyen de mortalité des larves du troisième et quatrième stade traité par inhalation à différentes doses d'huile essentielle d'*E. radiata*.

3.3. Toxicité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus citriodora*

Le taux de mortalité des larves des derniers stades de *T. absoluta* après inhalation de différentes doses de l'huile essentielle d'*Eucalyptus citriodora* sont représentés sur la figure suivante.

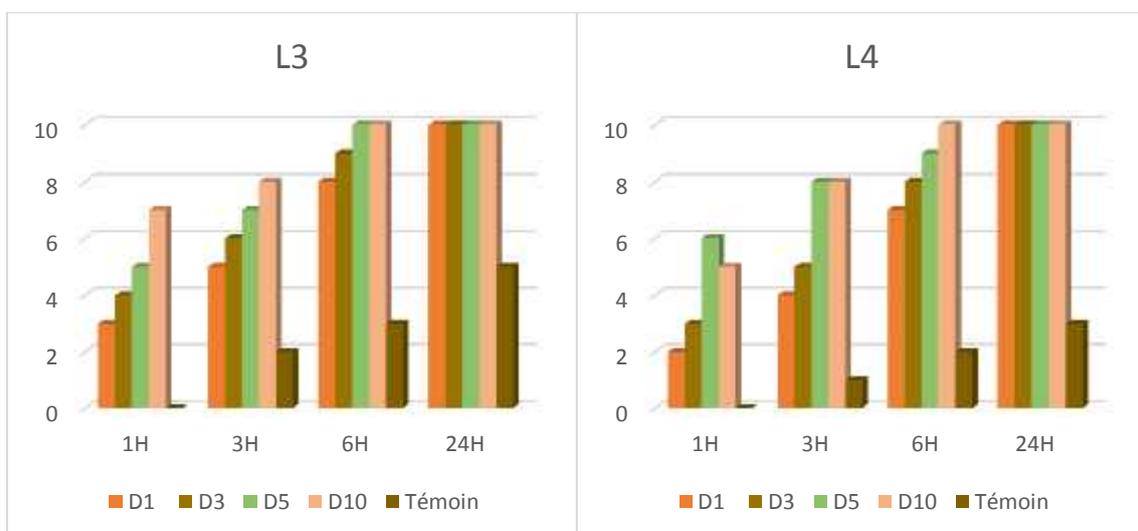


Figure 63 : Taux moyen de mortalité des larves du troisième et quatrième stade traité par inhalation à différentes doses d'huile essentielle d'*E. citriodora*.

### 3.4. Toxicité de l'huile essentielle du pamplemousse

La figure 64 illustre le taux de mortalité des larves L<sub>3</sub> et L<sub>4</sub> de *T. absoluta* suite à leur inhalation de l'huile essentielle de pamplemousse à différentes doses.



**Figure 64 :** Taux moyen de mortalité des larves du troisième et quatrième stade traité par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de pamplemousse

### 3.5. Toxicité de l'huile essentielle du citron

La figure ci-dessous représente les résultats du taux de mortalité des larves des deux derniers stades de *T. absoluta* après inhalation de l'huile essentielle du citron à différentes doses.



**Figure 65 :** Taux moyen de mortalité des larves du troisième et quatrième stade traité par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de citron

### 3.6. Toxicité de l'huile essentielle de la menthe poivrée

Les taux de mortalité des larves L3 et L4 de la mineuse de la tomate après inhalation de l'huile essentielle de la menthe poivrée à différentes doses sont représentés ci-dessous.



**Figure 66 :** Taux moyen de mortalité des larves du troisième et quatrième stade traité par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de menthe poivrée

### 3.7. Toxicité de l'huile essentielle du basilic

La figure qui suit représente les taux de mortalité des larves des deux derniers stades de *T. absoluta* après inhalation de l'huile essentielle du basilic à différentes doses.



**Figure 67 :** Taux moyen de mortalité des larves du troisième et quatrième stade traité par inhalation à différentes doses d'huile essentielle du basilic

### 3.8. Toxicité de l'huile essentielle du thym

Les taux de mortalité des larves L3 et L4 de *T. absoluta* après inhalation de l'huile essentielle du thym sont représentées ci-dessous.



**Figure 68 :** Taux moyen de mortalité des larves du troisième et quatrième stade traité par inhalation à différentes doses d'huile essentielle du thym

La toxicité moyenne des larves L<sub>3</sub> et L<sub>4</sub> de *T. absoluta* augmente proportionnellement avec les doses et les huiles essentielles utilisées ainsi que la durée d'exposition.

Nous observons une augmentation de la mortalité moyenne des larves L<sub>3</sub> et L<sub>4</sub> dès la plus faible dose (1µl), variant suivant les huiles utilisées après 1heure d'exposition. Elle varie en moyenne de 1.75 pour les L<sub>3</sub> et 1.25 pour les L<sub>4</sub> pour l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* ; 2 pour les L<sub>3</sub> et 2.5 pour les L<sub>4</sub> pour l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* ; 2.75 pour les L<sub>3</sub> et 2 pour les L<sub>4</sub> pour l'huile essentielle d'*Eucalyptus citriodora* ; 6.25 pour les L<sub>3</sub> et 3.75 pour les L<sub>4</sub> pour l'huile essentielle de pamplemousse ; 4.5 pour les L<sub>3</sub> et 5.25 pour les L<sub>4</sub> pour l'huile essentielle du citron ; 1.5 pour les L<sub>3</sub> et 2 pour les L<sub>4</sub> pour l'huile essentielle de la menthe poivrée ; 1.5 pour les L<sub>3</sub> et 2 pour les L<sub>4</sub> pour l'huile essentielle de basilic et 5.25 pour les L<sub>3</sub> et 7.75 pour les L<sub>4</sub> pour l'huile essentielle du thym.

La plus forte dose de 10µl réduit la longévité moyenne à 0jours après 24heures d'exposition et ceux pour toutes les huiles utilisées et pour les deux stades larvaires.

La mortalité chez les lots témoins est très minime. La dernière larve L<sub>3</sub> est restée vivante jusqu'à 6 jours, soit 144 heures après le début de l'expérimentation. Quant aux larves L<sub>4</sub>, elles continuent leur croissance et muent en chrysalides à l'intérieur des bocal.

L'analyse de la variance à deux critères de classification concernant les larves du troisième stade ne montre aucune différence significative pour le facteur dose ( $P=0,57$ ), et montre des différences hautement significatives pour le facteur huile ( $P=0,06$ ).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, fait ressortir 4 groupes homogènes pour le facteur dose caractérisé par le groupe A pour la dose 1, le groupe B pour la dose 2, le groupe C pour la dose 3 et le groupe D pour la dose 4 (Tab. 22). Pour le facteur huile, 4 groupes sont rapportés et sont caractérisés par le groupe A pour les huiles du thym, de pamplemousse, la menthe poivrée, l'*Eucalyptus radiata* et le citron ; le groupe B pour les huiles d'*Eucalyptus radiata*, l'*Eucalyptus globulus* et le citron ; le groupe C pour les huiles d'*Eucalyptus globulus* et l'*Eucalyptus citriodora* ; le groupe D pour l'huile du basilic (Tab. 23).

**Tableau 22** : Résultats du classement du test de Newman et Keuls concernant le facteur dose.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPE HOMOGÈNES			
4.0	d4	9,07	A			
3.0	d3	8,297		B		
2.0	d2	7,539			C	
1.0	d1	7				D

**Tableau 23** : Résultats du classement du test de Newman et Keuls concernant le facteur huile.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPE HOMOGÈNES			
8.0	H8	8,797	A			
4.0	H4	8,641	A			
6.0	H6	8,5	A			
2.0	H2	8,313	A	B		
5.0	H5	8,188	A	B		
1.0	H1	7,484		B	C	
3.0	H3	7,297			C	
7.0	H7	6,594				D

L'analyse de la variance à deux critères de classification concernant les larves du quatrième stade ne montre aucune différence significative pour le facteur dose ( $P=0,3097$ ) ainsi que pour le facteur huile ( $P=0,7295$ ).

### 3.9. Estimation de la DL50 des huiles essentielles testées sur les larves de *T. absoluta*

Afin de déterminer les doses létales sur 50% des individus des larves de *T. absoluta* et pour classer les huiles essentielles selon leur toxicité nous avons fait appel à la méthode de FINNEY (1971), qui permet de transformer les pourcentages de mortalité des larves après 24 heures d'exposition en probits. Les droites de régression de ces données en fonction du logarithme décimal des doses en huiles essentielles ont permis d'obtenir les équations qui sont configurées dans les figures (69 et 70).

Les droites de régression enregistrent une forte corrélation entre la mortalité et les doses d'huiles essentielles utilisées, plus la dose augmente plus le taux de mortalité augmente.

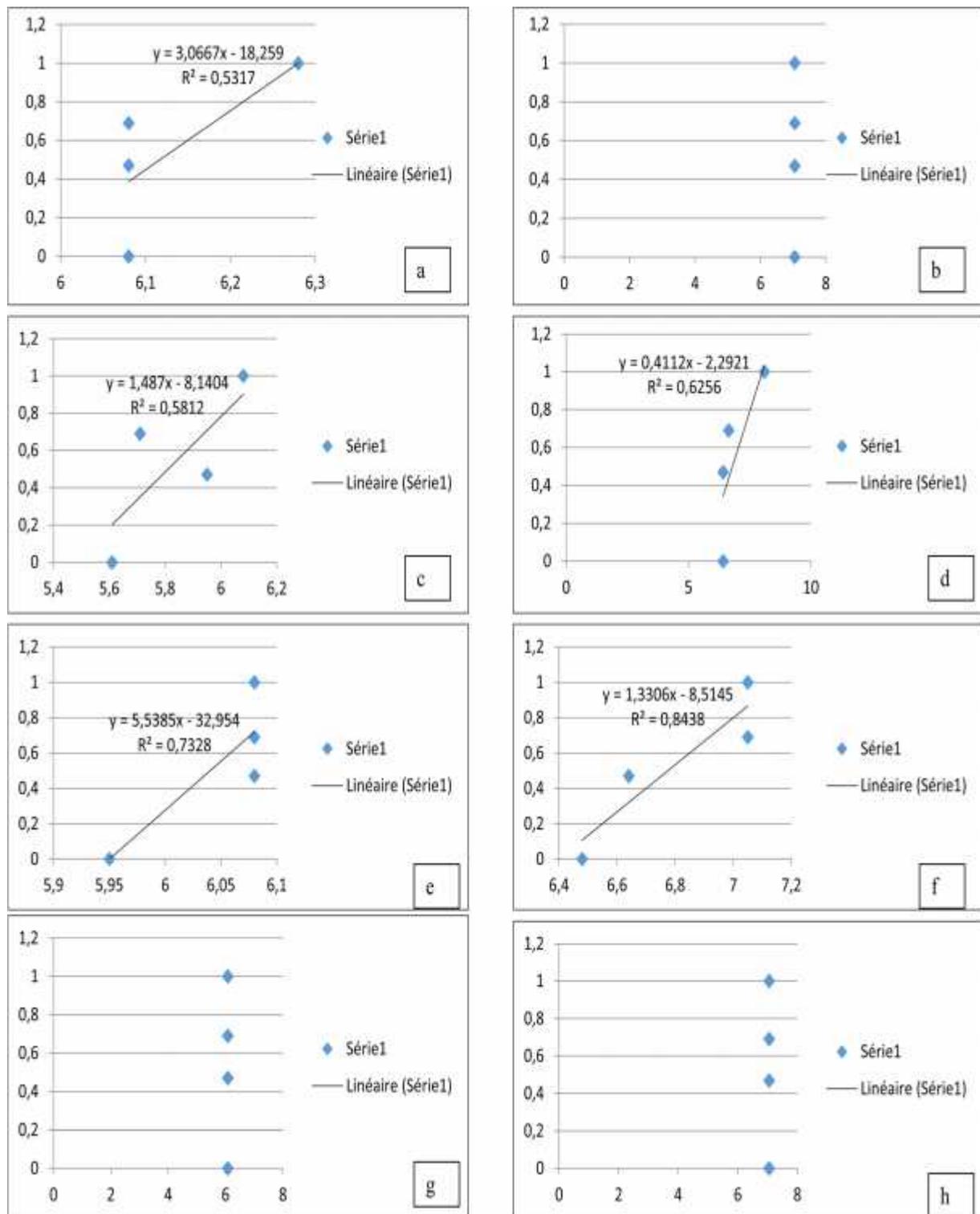
Les coefficients de corrélation se rapprochent de 1 pour les larves du troisième stade ainsi que les larves du quatrième stade, ce qui signifie qu'il y a une corrélation importante entre les deux variables quantitative (doses et moyennes de mortalité).

Les équations obtenues par les droites de régression nous ont permis de déterminer les doses létales qui tuent 50% des individus (DL 50) et ainsi classer les huiles essentielles selon leur ordre d'efficacité ou toxicité.

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau (23).

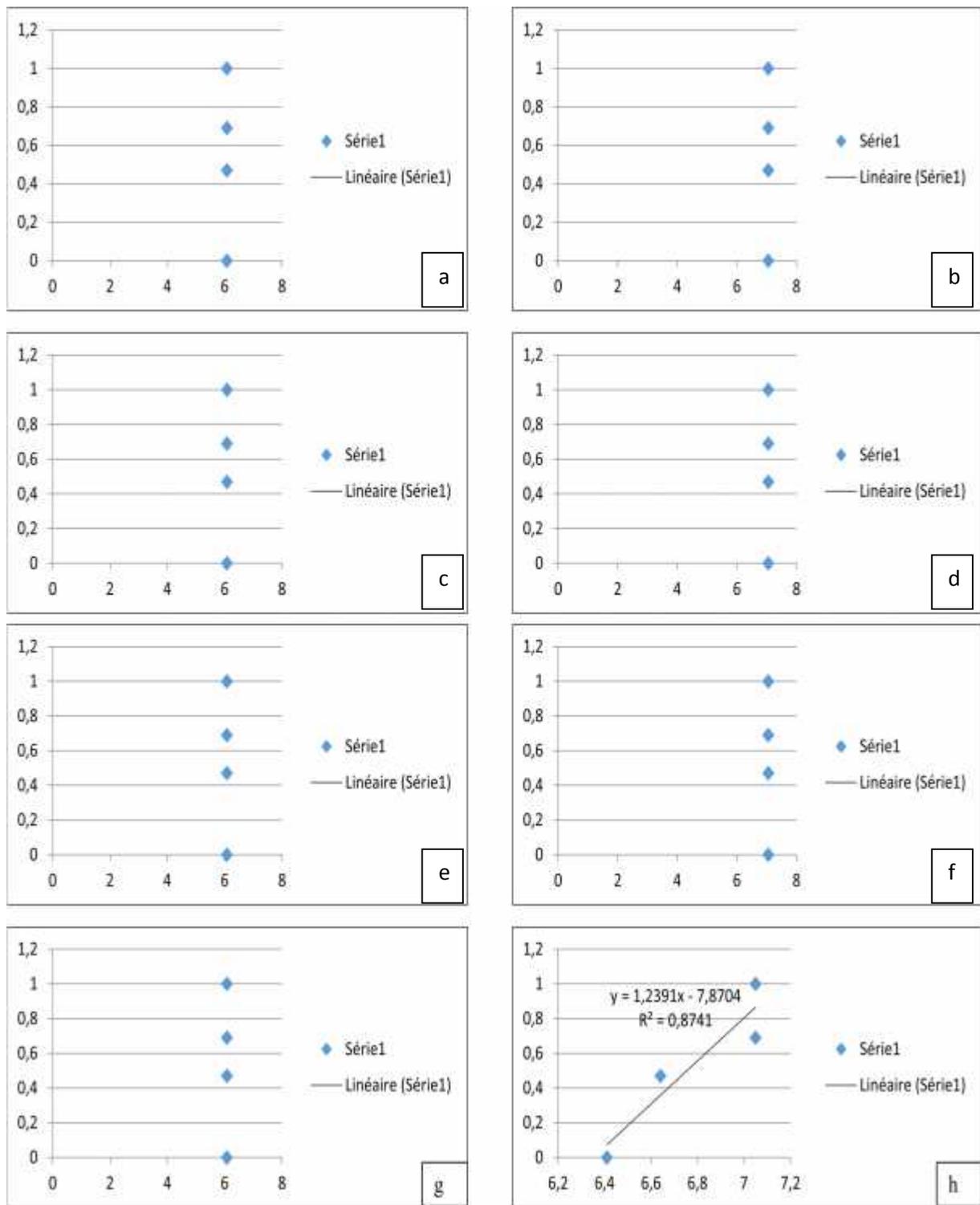
Les valeurs obtenus pour les DL50 calculées après 24 heures d'exposition, nous ont permis de conclure que les huiles essentielles testées présentent l'ordre d'efficacité suivant :

Les trois espèces d'eucalyptus (*E. globulus*, *E. radiata*, *E. citriodora*), pamplemousse, citron, Thym, menthe poivrée et basilic avec DL50 de 1.17, 1.17, 1.17, 1.17, 1.17, 0.87, 0.92, et 0.83  $\mu\text{l/l}$  d'air respectivement pour les larves du troisième stade et DL50 de 1.53, 1.53, 1.53, 1.53, 1.01, 1.53, 1.24, et 0.89  $\mu\text{l/l}$  d'air respectivement chez les larves du quatrième stade.



**Figure 69 :** Droites de régression Log doses/ mortalités (probit) chez les larves de *T. absoluta* Soumises à l'action des huiles essentielles par inhalation après 24h.

(a) thym L<sub>3</sub> ; (b) thym L<sub>4</sub> ; (c) menthe poivrée L<sub>3</sub> ; (d) menthe poivrée L<sub>4</sub> ; (e) basilic L<sub>3</sub> ; (f) basilic L<sub>4</sub> ; (g) *E.globulus* L<sub>3</sub> ; (h) *E.globulus* L<sub>4</sub>



**Figure 70 :** Droites de régression Log doses/ mortalités (probit) chez les larves de *T. absoluta* Soumises à l'action des huiles essentielles par inhalation après 24h.

(a) *E.radiata* L<sub>3</sub> ; (b) *E.radiata* L<sub>4</sub> ; (c) *E.citriodora* L<sub>3</sub> ; (d) *E.citriodora* L<sub>4</sub> ;  
 (e) pamplemousse L<sub>3</sub> ; (f) pamplemousse L<sub>4</sub> ; (g) citron L<sub>3</sub> ; (h) citron L<sub>4</sub>.

**Tableau 24** : Classement des huiles essentielles selon leur ordre d'efficacité sur les larves de *T. absoluta*.

Huiles essentielles testées	DL 50 L <sub>3</sub>	DL50 L <sub>4</sub>
<i>Eucalyptus globulus</i>	1,17	1,53
<i>Eucalyptus radiata</i>	1,17	1,53
<i>Eucalyptus citriodora</i>	1,17	1,53
Pamplemousse <i>C.parasidi</i>	1,17	1,53
Citron <i>Citrus limon</i>	1,17	1,01
Thym <i>Thymus vulgaris</i>	0,87	1,53
Menthe poivrée <i>Mentha piperita</i>	0,92	1,24
Basilic <i>Ocimum basilicum</i>	0,83	0,89

#### 4. Discussion

MOUSSA et *al.* (2013) rapportent que les pesticides offrent aux producteurs de tomates des outils pour contrôler les ravageurs. Leur judicieuse utilisation réduit le développement de la résistance chez le ravageur.

Afin de contrer l'abus des produits chimiques dans les luttes phytosanitaires contre les ravageurs, plusieurs travaux visant l'utilisation des produits naturels sont menés. En effet, l'alternative de remplacement de ces pesticides par des huiles essentielles moins nocives pour l'environnement et la santé humaine a fait l'objet de plusieurs essais (BELMAIN et *al.*, 2001 ; KELLOUCHE ET SOLTANI, 2004 ; SANON et *al.*, 2006)

Les résultats obtenus par jumelage de l'analyse à chromatographie gazeuse et la spectrométrie de masse (CG/SM) menées sur les huiles essentielles de nos huit échantillons, nous ont permis de mettre en évidence les principaux constituants pour chaque huile : du linalool à raison de 50,5% pour le basilic *Ocimum basilicum*, menthol à 34,87% et I menthol à 26,36% pour *Mentha piperita*, du phénol à raison de 52,36% et benzène pour le thym *Thymus vulgaris*, du D-limonène à 92,19% pour le pamplemoussier *Citrus paradisi* L., du D-limonène à 36,9% et linalyl acetate à 32,48% pour le citron *Citrus limon*, de l'eucalyptol à 47,05% pour *Eucalyptus*

*globulus*, de l'eucalyptol à 75,49% pour *Eucalyptus radiata* et du Menthol à 75,86% pour *Eucalyptus citriodora*. La composition de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est confirmée par TALEB-TOUDERT (2015).

BRUNETON (1993) rappelle que les huiles essentielles renferment des principes actifs volatils contenus dans les végétaux, qui sont toutefois modifiés au cours de leur préparation. FIGUEREDO (2007) rejoint l'idée de l'auteur précédent en attestant que la composition des huiles essentielles est très fluctuante. En effet, elle dépend d'un certain nombre de facteurs d'ordre naturel (génétique, sol, climat...) ou technologiques (modes de culture, stockage ou extraction).

Dans cette présente étude huit huiles essentielles extraites des plantes aromatiques méditerranéennes et arbres sub-tropicaux ont fait l'objet de tests par inhalation à l'égard des larves des stades L<sub>3</sub> et L<sub>4</sub> de *T. absoluta*, en vue d'observer l'effet insecticide qu'auraient ces huiles sur les chenilles des derniers stades larvaires de ce microlépidoptère. L'essai n'aurait pu être réalisé sur les premiers stades larvaires. En effet, les larves du stade L<sub>1</sub> et L<sub>2</sub> sont de taille très petite, leur vulnérabilité rendrait ce test très difficile, voire impossible à réaliser. Différentes doses sont utilisées pour chacune des huiles, elles sont de 1, 3, 5 et 10 µl.

Nos résultats rejoignent ceux de BENCHOUIKH et *al.* (2006) qui ont utilisé l'huile essentielle du giroflier (*Syzygium aromaticum* L.) contre les larves de *T. absoluta* et qui ont enregistré après deux heures d'exposition aux différentes doses de cette huile, un effet de répulsion de 75% généré par les larves de ce ravageur. Ces mêmes auteurs certifient que l'huile essentielle de cette huile a une forte activité insectifuge et est observée une forte mortalité en fonction des doses.

La toxicité moyenne des huit huiles essentielles utilisées à l'égard des larves du troisième et quatrième stade de la mineuse de la tomate *T. absoluta* augmente proportionnellement avec les doses ainsi que la durée d'exposition.

Toutefois, la composition des huiles essentielles est généralement très complexe, cela est éventuellement dû à la diversité considérable de leur structure et par le nombre élevé de constituants. Les travaux de TAADAOUIT et *al.* (2011) illustrent parfaitement ce qui est rappelé ci-dessus. En effet, l'évaluation de la toxicité des extrait méthaloniques et éthaloniques de *Thymus vulgaris* et *Argania spinosa* sur les larves de *T. absoluta* montrent une différence de toxicité au sein de la même plante. Ainsi *Thymus vulgaris* a occasionné un

taux de mortalité remarquable qui dépasse 90% de mortalité pour les deux solvants alors qu'*A.spinosa* n'a présenté qu'une faible toxicité ne dépassant pas 30% pour les extraits éthaloniques et 44% pour les extraits méthaloniques. Dans la même optique TCHOUMBOUGNANG et al. (2007) relie la toxicité de *Thymus vulgaris* à sa richesse en molécule de terpène. L'activité insecticide des huiles essentielles de la famille des lamiacées exemple *Mentha piperita* sur la mortalité des larves de *T. absoluta* est due peut-être à leur richesse en menthol, phénol qui sont des composants connus pour leurs propriétés insecticides grâce aux monoterpènes qu'elles possèdent (REGNAULT-ROGER et al., 2012). Les mêmes auteurs rajoutent qu'au niveau des huiles essentielles se trouvent des mélanges monoterpéniques qui sont des neurotoxiques. Par exemple, le linanool et l'estragole sont des constituants essentiels d'*O.basilicum* qui perturbent l'activité neuronale des insectes. GOUCEM-KHELFANE (2014) confirme l'action du linalool qui induit de forte mortalité sur les adultes de *Acanthocelides obtectus* soumis à l'action des huiles essentielles de Myrtacées. HEDJAL-CHEBHEB (2014) signale l'effet toxique de l'eucalyptol sur les larves de *Callosobruchus maculatus* soumise au test par inhalation de l'huile d'Eucalyptus. CASIDA (1990) explique que les effets toxiques est répulsif des huiles essentielles pourraient dépendre de leurs compositions chimiques et du niveau de sensibilité des insectes.

L'activité létale et sub-létale de l'huile essentielle de peau d'agrumes sous forme d'émulsions et inclu dans les nanoparticules de polyéthylène glycol (PEG) (OE-NP) a été déterminée contre *T. absoluta*. En effet, COMPOLO et al. (2017) ont montré une bonne activité insecticide globale des composés testés avec une mortalité par contact sur les œufs et les larves de *T. absoluta* par des émulsions d'huile essentielle. La nanoformulation a également réduit de manière significative les effets toxiques visibles sur les plantes.

D'autres travaux ont été menés de par le monde sur les effets larvicides des huiles essentielles sur les chenilles de la mineuse de la tomate. CAJAS (2013) au Chili signale que l'huile essentielle d'une Fabacée (*Lonchocarpus guarencis*) a eu une forte activité larvicide avec un pourcentage élevé sur les larves de *T. absoluta*. En Tunisie ZARRAD et al. (2017) ont menés des essais en utilisant l'huile essentielle d'orange amère *Citrus arantium* contre les adultes et les larves de *T. absoluta* par contact et par fumigation. L'huile et son principal composé se sont révélés toxiques aussi bien pour les larves que pour les adultes dans les analyses de fumigeant. Les concentrations létales médianes (CL50) étaient respectivement de 0,21 et 0,75 µl/ml d'air pur pour l'huile essentielle de *C.arantum* et le limonène pur. Dans le test de

toxicité, les adultes mineurs de la tomate étaient plus sensibles à l'huile essentielle qu'à son principal composé même à la concentration la plus faible.

Dans la région de l'Ouest Algérien, BOUAYAD ALAM (2015) a enregistré une bonne activité larvicide des extraits du thym à têtes (*Thymus capitatus*), d'une ombellifère (*Daucus crinitus*) et du cyprès de l'Atlas (*Tetraclinis articulata*) sur la mineuse de la tomate avec un taux de mortalité de 70% et 90%. Le même auteur rajoute que le taux de mortalité affectant les larves du stade L<sub>3</sub> et L<sub>4</sub> à une concentration de 5 µl était de 80 %, alors que le taux affectant le stade L<sub>1</sub> était de 100% aussi bien pour *T. capitatus* et *T. articulata*. Toujours dans l'Ouest Algérien BERGHEUL (2018), après une série de tests par contact réalisés sur les larves de différents stades de *T. absoluta*, a pu démontrer que l'huile essentielle de deux Rutacée *Ruta chalepensis*, et *Haplophyllum tuberculatum* manifestent un effet larvicide vis-à-vis de *T. absoluta* avec un taux de mortalité corrigé de 40% pour *R. chalepensis* à la concentration de 10µl/ml et 55% pour *H. tuberculatum* à la concentration de 10µl/ml. Les deux huiles essentielles étant très riches en polyphénols et flavonoïdes.

A l'Est Algérien les travaux d'AMARA (2020) prouvent une forte mortalité des larves de *T. absoluta* après contact avec l'huile essentielle de la lavande papillon (*Lavandula stoechas* L.). La mortalité du bioagresseur a été mise en valeur après application d'une dose pure et 03 concentrations appliquées sur les feuilles infestées de *T. absoluta*.

Par ailleurs, parmi les cinq huiles que BITTER et al. (2008) ont testé sur *Sitrophilis zeamais* les huiles essentielles extraites d' *Eucalyptus globulus* et *Thymus vulgaris* se sont révélées toxiques sur cet insecte avec une forte mortalité aux plus fortes dose testées. NILAHYANE et al. (2012) quant à eux, ont signalé une mortalité de 95% de l'insecte soumis à l'huile essentielle de *T. vulgaris*, alors que l'utilisation de l'huile essentielle du ricin commun *Ricinus communis* n'a engendré que 58% de mortalité pour le même insecte.

Les droites de régression enregistrent une forte corrélation entre la mortalité et les doses d'huiles essentielles utilisées, plus la dose augmente plus le taux de mortalité augmente.

Les coefficients de corrélation se rapprochent de 1 pour les larves du troisième stade ainsi que les larves du quatrième stade, ce qui signifie qu'il y a une corrélation importante entre les deux variables quantitative (doses et moyennes de mortalité).

Les résultats obtenus montrent que les huit huiles testées par inhalation présentent un effet larvicide sur les chenilles des derniers stades de *T. absoluta*. Les coefficients de corrélation en association avec l'équation d'ajustement  $R^2$  oscillent entre 0,53% et 0,87%, indiquent que les taux de mortalité des larves augmentent au fur et à mesure que les doses des huiles utilisées augmentent. Ces résultats rejoignent ceux de HAMANI-AOUDJIT (2019) qui a testé par inhalation les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, et d'*Origanum vulgare*, *Thymus vulgaris*, et *Mentha piperita* sur les adultes de *Bruchus rufimanus*.

Les équations obtenues par les droites de régression nous ont permis de déterminer les doses létales qui tuent 50% des individus (DL 50) et ainsi classer les huiles essentielles selon leur ordre d'efficacité ou toxicité.

Les valeurs obtenus pour les DL50 calculées après 24 heures d'exposition, nous ont permis de conclure que les huiles essentielles testées présentent l'ordre d'efficacité suivant :

*E. globulus*, *E. radiata*, *E. citriodora*, pamplemousse, citron, Thym, menthe poivrée et basilic avec DL50 de 1.17, 1.17, 1.17, 1.17, 1.17, 0.87, 0.92, et 0.83  $\mu\text{l/l}$  d'air respectivement pour les larves du troisième stade et DL50 de 1.53, 1.53, 1.53, 1.53, 1.01, 1.53, 1.24, et 0.89  $\mu\text{l/l}$  d'air respectivement chez les larves du quatrième stade.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus sur la bruche du haricot *A. obtectus* par de nombreux auteurs notamment REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1995), BOUCHIKHITANI et al. (2011) et GOUCEM-KHELFANE (2014), qui ont montré que les huiles essentielles de nombreuses plantes aromatiques ont un effet insecticide par inhalation. Selon REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1993) les différentes huiles extraites par hydro distillation de plantes de la famille des Lamiacées, Myrtacées, Lauracées et des graminées présentent une toxicité inhalatrice sur *A. obtectus*, notamment les huiles essentielles de *T. serpyllum*, *T. vulgaris* et *L. angustifolia* (Lamiacées) qui causent une mortalité de 95% après 24 heures d'exposition et une mortalité de 100% après 48 heures d'exposition pour des concentrations respectives de 160mg/dm<sup>3</sup>, 136,1mg/dm<sup>3</sup> et 145mg/dm<sup>3</sup>. De même ces auteurs ont signalé que les mâles présentent une grande sensibilité vis-à-vis des huiles essentielles par rapport aux femelles. La même sensibilité des mâles a été confirmée par les travaux de PAPACHRISTOS et STAMOPOUOSO (2002) sur la bruche de l'haricot *A. obtectus*, testée avec les huiles essentielles de *Citrus sinensis*, *Pistacia terebinthus* et *Thuja orientalis*.

BOUCHIKHI TANI et al. (2011) ont pour leur part étudié et comparé l'effet biocide des plantes aromatiques des six huiles essentielles dont les Lamiacées, Rutacées, Cistacées et Astéracées par ordre croissant dans leur efficacité et se présente comme suit, sur les adultes d'*A. obtectus* et de la mite des vêtements (*Tenia. bisselliella*). Ils ont démontré que les huiles essentielles extraites des trois plantes *Rosmarinus officinalis* (Lamiacées) *Origanum glandulosum* (Lamiacées) et *Artemisia herba-alba* (Astéracées) sont les plus toxiques sur les deux insectes traités comparativement aux autres huiles. Selon les mêmes auteurs ces huiles essentielles sont classées par ordre croissant dans leur efficacité et se présentent comme suit, sur les adultes d'*A. obtectus* : *Artemisia herba-alba*, *Origanum glandulosum*, *Rosmarinus officinalis* (DL50 de 1,69µL/30gde graines, 1,44 µL/30g de graines, 0,59µL/30g de graines respectivement). Sur les adultes de *T. bisselliella* : *Rosmarinus officinalis*, *Artemisia herba-alba*, *Origanum glandulosum* (DL50 de 1,26µL/50,24cm<sup>2</sup>, 1,25µL/50,24cm<sup>2</sup>, 1,23µL/50,24cm<sup>2</sup> respectivement).

Par ailleurs les travaux d'AKKAL (2019) ont démontré l'effet de deux extraits de plantes l'inule visqueuse (*Inula viscosa*) et la sauge (*Salvia officinalis*) sur *T. absoluta*. Les résultats obtenus peuvent constituer un moyen de lutte intéressant dans un temps cours allant à 4 jours. Cependant, ces plantes nécessitent une DL50 qui dépasse 75% pour tuer 50% des insectes traités.

D'autres travaux ont été conduits pour prospecter l'effet des huiles essentielles sur *T. absoluta*. GOUDARZVAND CHEGINI et ABASSIPOUR (2017) ont testé l'huile essentielle de cardamome *Elletaria cardamomum* (Maton) (Zingiberales : Zingiberacea) sur œufs et 2<sup>ème</sup> stade larvaire et adultes de *T. absoluta*. Cette huile est composée essentiellement d'acétate de Terpinènyle (36, 61%) et de 1-8 cinéole à (30,42%). Elle s'est avérée toxique pour *T. absoluta*. Elle a également un potentiel élevé pour être utilisée pour le contrôle du ravageur dans les zones protégées.

Des essais combinés tels que ceux de DERBALAH et al. (2012) mélangeant des insecticides avec de l'huile essentielle d'*Artemisia cina* ont été menés contre *T. absoluta*. Ce mélange a amélioré l'efficacité contre l'insecte testé par rapport à l'utilisation d'insecticides seuls (Indoxarbe, Imidaclopride). Les résultats suggèrent une utilisation possible des produits naturels testés et nasosilice comme alternative de lutte contre *T. absoluta*.

---

# Conclusion

---

Cette présente étude est scindée en trois principales parties menées sur le terrain et au laboratoire. En premier lieu, nous avons étudiés la bioécologie de *Tuta absoluta* sous serre sur deux différents sites de Kabylie, en l'occurrence une région littoral Azeffoun et une au sublittoral Sidi Naâmane durant l'année 2015 sur 4 variétés de tomates : Cartier, Tavira, Tomallow et Dawson.

La deuxième partie est un inventaire mené durant l'année 2016 dans une serre de la variété Dawson à Azeffoun, après l'utilisation de trois méthodes d'échantillonnage : filet fauchoir, pièges jaunes ainsi que les pots Barber.

La troisième et dernière partie est une expérimentation menée au laboratoire elle consiste en un test par inhalation à l'égard des larves du troisième et quatrième stade de la mineuse de la tomate *T. absoluta* par l'utilisation de huit huiles essentielles : le Thym, Le Basilic, la Menthe poivrée, l'*Eucalyptus globulus*, *E. radiata*, *E. citriodora*, le Pamplemousse et le Citron.

Les résultats obtenus sur le suivi des courbes de vol des adultes de la mineuse de la tomate montrent que les facteurs climatiques (températures et humidités) n'ont pas d'influence sur l'effectif des populations de *T. absoluta* dans les serres de nos deux régions d'étude.

La période d'échantillonnage effectuée dans les deux sites d'étude, nous a permis de conclure une succession de plusieurs générations de *T. absoluta* au niveau des serres étudiées.

Les résultats obtenus pour les différents stades larvaires, révèlent que l'évolution larvaire de *T. absoluta* devient de plus en plus importante tout au long de notre étude. En effet, la période entre début juin et fin juillet est marquée par une alternance active des quatre stades larvaires et chrysalides pour toutes les variétés de tomate étudiées.

Nous avons constaté durant notre expérimentation que les larves du stade L<sub>2</sub> sont les plus fréquentes par rapport aux larves des stades L<sub>1</sub>, L<sub>3</sub> et L<sub>4</sub>. Les larves du stade L<sub>4</sub>, sont faiblement comptabilisées pour toutes les variétés, tout au long de l'échantillonnage, ceci pourrait être expliqué par la courte durée de leur développement pour passer au stade nymphal, bien que la larve L<sub>4</sub> soit bien active.

Durant toute notre étude, nous avons comptabilisé un nombre faible de chrysalides uniquement pour les variétés étudiées. Cet effectif de chrysalides sur les feuilles, s'explique par la nymphose qui peut se dérouler aussi sur le sol.

Selon le niveau de distribution des œufs sur les feuilles de tomate, nos résultats ont révélé que les femelles de *T. absoluta* préfèrent pondre sur les feuilles apicales et intermédiaires pour les variétés Cartier, Tavira et Dawson. Pour la variété Tomallow, les femelles de ce microlépidoptère préfèrent pondre sur les feuilles basales.

Les résultats obtenus concernant la ponte des femelles de *T. absoluta* sur les deux faces foliaires, inférieures et supérieures montrent différents degrés d'infestation.

Le deuxième volet de notre étude concerne l'inventaire des espèces d'invertébrés après des sorties hebdomadaires effectuées au cours de l'année 2016, sur la culture de tomate sous serre au niveau d'une serre de variété Dawson dans la région d'Azeffoun.

Durant cette période d'échantillonnage 76 espèces sont capturées, réparties en 46 familles, appartenant à 16 ordres et à 6 classes d'invertébrés (Entognates, Crustacés, Myriapodes, Arachnides, mollusque et insectes). La classe la mieux représentée est celle des insectes avec une fréquence centésimale de 89,04%, suivi par la classe des arachnides avec une fréquence centésimale de 7,19% et les crustacées avec une valeur égale à 1,71%. Les entognates, les mollusques et les myriapodes sont faiblement représentées avec une fréquence centésimale égale à 0,72%, 0,99% et 0,36% respectivement.

Les valeurs des espèces capturées une seule fois et en un seul exemplaire par les différentes méthodes d'échantillonnage au niveau de la serre d'étude sont comprises entre 0,48 et 0,66 ce qui indique que la qualité d'échantillonnage est jugée très bonne car les valeurs se rapprochent de zéro.

En utilisant le filet fauchoir, la richesse totale est de 32 espèces, les pots Barber ou piège terrestres ont permis de capturer d'un total de 64 espèces, les pièges aériens ont permis de capturer 45 espèces.

Les valeurs des fréquences centésimales appliquées aux ordres d'invertébrés recensées varient d'un type de piégeage à un autre, chaque méthode d'échantillonnage est relative à un groupe d'ordre représentatif ; ainsi par l'emploi du filet fauchoir, l'ordre des Araignées et des Hyménoptères domine avec une fréquence relative de 43,05% et 33,11% respectivement, suivi par les Diptères et les Hétéroptères avec respectivement 8,94% et 8.61%.

Les Hyménoptères, les Diptères et les Homoptères sont abondants par l'utilisation de piègeages jaunes aériens, avec une fréquence relative égale à 28,23% ; 26,57% et 22,35% respectivement, suivi par les Coléoptères avec une fréquence relative égale à 11,37%.

Les espèces appartenant à l'ordre des Hyménoptères sont les plus comptabilisées dans les pièges terrestres ou pots Barber. Cet ordre présente une fréquence relative de 44,24%, suivi par les Coléoptères avec un pourcentage de 20,74%, ensuite viennent les Diptères, les Araignées et les Homoptères avec des pourcentages de 9,06%, 8,14% et 6,91% respectivement.

Les valeurs des fréquences centésimales appliquées aux espèces d'invertébrés échantillonnées au niveau de la serre étudiée suivant leurs régimes trophiques varient d'un type de piègeage à un autre.

Le groupe le mieux représenté par l'utilisation du filet fauchoir est celui des prédateurs et des phytophages avec 36,66% et 30% respectivement. Suivent ensuite les pollinisateurs, les parasites et les omnivores avec respectivement 10%, 10% et 6,66%. Les détritivores et les vecteurs comptabilisent des taux faibles égal à 3,33% de la totalité des captures.

Les groupes des phytophages et des prédateurs sont les plus abondants par l'utilisation de piègeages jaunes aériens, avec une fréquence relative égale à 33,33% et 21,42% respectivement. Suivent les pollinisateurs avec 10%, et les omnivores avec 6,66%. Les vecteurs et les détritivores sont faiblement représentés avec 3,33% chacun.

Le groupe des phytophages sont le plus comptabilisés dans les piègeages terrestres ou pots Barber avec une fréquence relative égale à 33,33%. S'ensuivent les prédateurs avec 29,62%. Les détritivores, les pollinisateurs, les omnivores et les vecteurs s'estiment à 12,76%, 9,25%, 7,40% et 5,55% respectivement. Enfin, les nécrophages comptabilisent des taux faibles avec 1,84% de la totalité des captures.

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver sont assez élevée au niveau de la serre d'étude, elle est égale à  $H' = 2,68$  bits pour le filet fauchoir ;  $H' = 4,55$  bits pour les pièges terrestres et de  $H' = 4,84$  bits pour les pièges aériens.

L'équitabilité obtenue pour chaque type de piège varie de  $E = 0,53$  à  $E = 0,75$ , ces valeurs tendent vers 1, ce qui traduit un équilibre entre les espèces de du milieu au niveau de chaque parcelle.

Quant à la troisième expérimentation qui consiste en l'inhalation de différentes huiles essentielles à différentes doses par les larves des deux derniers stades de *T. absoluta*, elle nous a permis d'observer une diminution de la longévité moyenne des larves L<sub>3</sub> et L<sub>4</sub> dès la plus faible dose (1µl), variant suivant les huiles utilisées après 1 heure d'exposition.

La plus forte dose de 10µl réduit la longévité moyenne à 0 jours après 24 heures d'exposition et ceux pour toutes les huiles utilisées et pour les deux stades larvaires. L'analyse de la variance à deux critères de classification ne montre aucune différence significative pour le facteur dose (P=0,3097) ainsi que pour le facteur huile (P=0,7295).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, ne montre aucune différence significative.

Les résultats obtenus montrent que les huit huiles testées par inhalation présentent un effet larvicide sur les chenilles des derniers stades de développement de *T. absoluta*. Les coefficients de corrélation en association avec l'équation d'ajustement R<sup>2</sup> oscillent entre 0,53% et 0,87%, indiquent que les taux de mortalité des larves augmentent au fur et à mesure que les doses des huiles utilisées augmentent.

Les valeurs obtenues pour les DL50 calculées après 24 heures d'exposition par inhalation, nous ont permis de conclure que les huiles essentielles testées présentent l'ordre d'efficacité suivant :

*E. globulus, E. radiata, E. citronella, pamplemousse, citron, Thym, menthe poivrée et basilic*

Au terme de notre étude, nos recommandations vont à l'égard des agriculteurs. Respecter les techniques culturales et brûler les plants infestés seraient plus qu'une priorité. Le choix variétal pourrait être une option pour un meilleur rendement.

Pour les travaux futurs, nous proposons d'étendre les échantillonnages sur les cultures de tomate en plein champ, pour évaluer les dégâts de *T. absoluta* en dehors de la serre, en effet les conditions climatiques en plein champs sont différentes de celles de la serre. Les dommages que causerait ce ravageur seraient peut-être amoindris.

L'utilisation des huiles essentielles se révèle être une alternative à l'emploi des produits phytosanitaires, nous préconisons essais et utilisations d'autres huiles essentielles extraites des plantes locales sans oublier de rappeler l'importante diversité végétale de l'Algérie et d'envisager l'application des résultats sur le terrain afin de freiner l'action du ravageur et d'améliorer la qualité et les rendements de la production de tomate.

---

# **Références bibliographiques**

---

## Références bibliographiques

---

**ABBES K. et CHERMITI B., 2011.** Comparaison de l'efficacité de deux marques de capsules à phéromones sexuelles commercialisées en Tunisie pour la surveillance et la lutte pour le piégeage de masse contre *Tuta absoluta* sous serres. *Tunisian Journal of Plant Protection* **6**, 133-148.

**AIT TAADAOUT N., NILAHYANE A., HSAINE M., ROCHDI A., HORMATALLAH A. et BOUHARROUD R., 2011.** L'effet des extraits végétaux sur la mineuse de la tomate (Lepidoptera : Gelechiidae). Actes du premier congrès international de l'Arganier. Agadir, 15-17 décembre 2011.

**AKKAL M., 2019.** Essai de deux extraits de deux plantes *Inula viscosa* et *Salvia officinalis* sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*. Mémoire de Master. Université de Bouira. <http://dspace.univ-bouira.dz:8080/jspui/handle/123456789/4919>.

**ALFORD D., 2013.** Ravageurs des végétaux d'ornement, arbres, arbustes et fleurs. Ed Quae, 468p.

**AL-JBOORY I.J., KATBEH BADER A. et SHAKIR E.Z., 2012.** First observation and identification of some natural enemies collected from heavily infested tomato by *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae) in Jordan. *Middle East Journal of Scientific Research* **11** (6), 787-790.

**ALLACHE F., HOUHOUM A., OSMANE I., NAILI L., et DEMNATI F., 2012.** Suivi de l'évolution de la population de *Tuta absoluta* (Meyrick, Gelechiidae) un nouveau ravageur de la tomate sous serre à Biskra (sud-est d'Algérie). *Faunistic entomology* **65**, 149-155.

**ALLACHE F., DEMNATI F. et HOUHOUM A., 2017.** Population changes of *Tuta absoluta* (Gelechiidae) and fruit loss estimates on three tomatoes cultivars in greenhouses in Biskra, Algéria. *Environmental and Experimental Biologie* **15**, 201-208.

**ALLAL C., 2009.** « Fiche technique tomate sous serre » maladies des plantes, agriculture et écologie. MADRPM/DPV/DH.13P.

**ALLILI D., DOUMADJI A., BENRIMA A., DOUMANDJI S.E. et DOUMANDJI B., 2014.** *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) sous serre et au champ à Fouka Marine, piégeage par phéromone et par filet insect-proof. *Bull. Soc. Zool. Fr* (1-4), 71-81.

## Références bibliographiques

---

**ALTIERI M.A., 1991.** Increasing biodiversity to improve insect pest management in agro-systems. In: Hawksworth DL (ed) the biodiversity microorganisms and invertebrates: its role in sustainable agriculture. CAB International, Wallingford, 165-182.

**AMARA N., 2020.** Valorisation de l'huile essentielle de la lavande comme bio insecticide. *Algerian Journal of Natural Products* **8** (1), 733-739.

**ANONYME, 1999.** Transfert de technologie agriculture. MADRPM/DERD. Fiche n° 57 : Tomate sous serre. PNTTA. 12p.

**ANONYME, 2009.** [http://tomodori.com /phpBB2/viewtopic.php. gov.t=4567](http://tomodori.com/phpBB2/viewtopic.php?gov.t=4567). 2009.

**ANONYME, 2011.** *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) la mineuse de la tomate. FREDON, Corse. Teghia BP-15 CAURO, 2p.

**ANONYME 1, 2013.** <http://archive2013.ministère de l'agriculture/économie/algérie/html>.

**ANONYME 2, 2013.** [http://inra.fr /Tomate-physiologie-des-fruits](http://inra.fr/Tomate-physiologie-des-fruits).

**ANONYME, 2015.** [http://ephytia.inra.fr/ tomate/mineuse de la tomate](http://ephytia.inra.fr/tomate/mineuse de la tomate).

**APABLAZA J., 1992.** La polilla del tomate y su manejo. *Tattersal* **79**, 12-13.

**ARNO J., et GABARRA R., 2011.** Lutte contre *Tuta absoluta*, un nouveau ravageur qui envahi l'Europe. ENDURE, Formation en Lutte Intégrée. No5, Edition IRTA, Cabrils, Espagne, 08p.

**ATHERTON D.G. et HARRIS G.P., 1986.** Flowering in the tomato crop. a scientific basic for improvement. Ed, Atherton J.G and Rudich J. London, New York, 200p.

**ATACHI P., DESMIDTS M. et DURNEZ C., 1989.** Les papillons piqueurs (Lepidoptera : Noctuidea) ravageurs des agrumes au Benin : dégâts qu'ils occasionnent et caractéristiques morphologiques. *FAO Plant Prot. Bull* **37** (3), 10.

**AUBINEAU M., BERMON A., BOUGLER J., NEY B. et ROGER-ESTRAD J., 2002.** Larousse agricole. 4ème Edition, 750p.

## Références bibliographiques

---

**BACI L., 1995.** Les contraintes au développement du secteur des fruits et légumes en Algérie : faiblesse des rendements et opacité des marchés. Les agricultures Maghrébines à l'aube de l'an 2000. Options méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches, n°14. Montpellier, CIHEAM, 271-272.

**BADAOUI M.I. et BERKANI A., 2011.** Morphologie et comparaison des appareils génitaux de deux espèces invasives *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) et *Phthorimaea operculella* Zeller 1873 (Lepidoptera : Gelechiidae). Université Abdelhamid Ibn Badis, 1-3P.

**BADAOUI M.L., 2004.** Etude de certains caractères biologiques, morphologiques systématiques et biochimiques de *phthorimaea operculella* Zeller (Lépidoptère : Gelechiidae) de différentes régions d'Algérie. Université de Mostaganem. Thèse de Magistère, 66p.

**BAGNOULS F. et GAUSSEN H., 1953 :** « Saison sèche et indice xérothermique ». *Bulletin Société histoire naturelle, Toulouse*, 193 - 239.

**BALACHOWSKY A., 1966 :** « Traité d'entomologie appliquée à l'agriculture ». T2, Lépidoptères, Vol.1 Ed. Masson, Paris, 1057p.

**BALASUNDRAM N., SUNDRAM K. et SAMMAN S., 2006.** Phenolic compounds in plants and agri-industrial by products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food chemistry* **99** (1), 191-203.

**BAMOUI A., 1999.** Bulletin réalisé à l'institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 32p.

**BARBAULT R., 1981.** Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits. Edition, Masson, Paris, 208p.

**BARBAULT R., 2008.** Ecologie générale : structure et fonctionnement de la biosphère. 6<sup>ème</sup> Edition, Dunod, Paris, 390p.

**BARRIENTOS Z.R., APABLAZA H.J., NORERO S.A. et ESTAY P.P., 1998.** Threshold temperature and thermal constant for development of the South American tomato moth *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Cienciae Investigacion Agraria* 133-137

## Références bibliographiques

---

- BASU A. et IMRHAN V., 2006.** Tomatoes versus lycopène in oxidative stress and carcinogenesis: conclusion from clinical trial. *European journal clins nutrition*, 16p.
- BELLOUED A., 1998.** Plantes médicinales d'Algérie. Office des Publications Universitaires (O.P.U), Alger, 227p.
- BELMAIN S.R., NEAL G.E., RAY D.E. et GOLAB D., 2001.** Insectidal and invertebrated toxicity associated with ethnobotanical used as post-harveset protectents in Ghana. *Food and chimical toxicology* **39**, 287-291.
- BENCHOUIKH A., ALLAM T., KRIBI A. et OUNINE K., 2016.** Etude de l'effet insecticide de l'huile essentielle *Syzygium aromaticumm* L. contre les larves de *Tuta absoluta*. *International of innovation and scientific research* Vol **20** (1), 188-194.
- BENHALIMA-KAMEL M. et BENHAMOUDA M.H., 2001.** Aphidis of fruit trees in Tunisia: in Aphidis in new millenium. VI International Symposium on Aphidis, at Rennes, France.
- BENKHELIL M.L., 1992.** Les techniques de récoltes et de piégeages utilisées en entomologie terrestre. Ed, Office des publications universitaires, Alger, 68p.
- BERGHEUL S., 2018.** Etude de l'activité antimicrobienne et bio insecticide de *Ruta chalepensis* L., *Rhus augustifolia* Pers et *Haplophyllum tuberculatum* (Forsk) A. Juss vis-à-vis de quelques bioagresseurs de la culture de tomate (*Lycopersicon esculentum*). Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Université Abdel Hamid ibn Badis. Mostaganem.
- BERKANI A., et BADAoui M.I., 2008.** La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae). Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie, 16p.
- BETANCOURT C.M. et SCATONI B., 1995.** Lepidopteros de importancia economica. Ed. Hemispherio Sur facultad de Agronomica. Montevideo. Uruguay.
- BIONDI A., GUEDES R.N.C., WAN F.H. et DESNEUX N., 2018.** Ecology, world wide spread and management of the invasive South American pinworm *Tuta absoluta* : Past, present and future. *Revue annuelle d'Entomologie* **63**, 239-258.

## Références bibliographiques

---

**BITTNER M. L., CASANUEVA M. E., ARBERT C. C., AGUILERA M. A., HERNÁNDEZ V. J., et BECERRA J. V., 2008.** Effects of essential oils from five plant species against the granary weevils *Sitophilus zeamais* and *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera). *J. Chil. Chem. Soc* **53** (1), 1455-1459.

**BLANCARD D., LATTEROT H., MARCHAUD G. et CANDRESSE T., 2009.** Les maladies de la tomate. Ed, Quae, Paris, 679p.

**BLANCARD D., 2013.** Mouches mineuses et *Tuta absoluta*. Identifier, connaître et contrôler. EPHYTIA-INRA, France, 3P.

**BLONDEL J., 1979.** Biogéographie et écologie. Edition, Masson, Paris, 173p.

**BODENDÖRFER J., GUY C., CHRISTOPHE A. et FABIENNE E., 2011-***Tuta absoluta* - mineuse de la tomate, Bilan 2010, perspectives 2011, préconisations. Civam, Biocorse. Canico, FREDON CORSE, 2 p.

**BOGORNI-SILVA P.C.R.A. et CARVALHO G.S., 2003.** Leaf mesophil consumption by *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) in three cultivars of *Lycopersicon esculentum* Mill. *Ciencia rural, Santa Maria* vol **23** (1), 7-11.

**BORGUINI R. et TORRES E., 2009.** Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. *Food Rev. Int* **25**, 313–325.

**BOSSE-PLATRIERE A., 2008.** L'agenda du jardin bio. Edition, Terre vivante, Paris, 500p.

**BOUALEM M., ALLAOUI H., HAMADI R., et MEDJAHED M., 2012.** Biologie et complexe des ennemis naturels de *Tuta absoluta* à Mostaganem (Algérie). *EPPO Bull* **42** (2), 268-274.

**BOUAYAD ALLAM S., 2015.** Activité microbienne et insecticides de *Tetraclinis articulata* sur la mineuse *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) et la micro-flore pathogène de la tomate *Solanum esculentum*. Thèse de Doctorat, université de Tlemcen, 120 p.

**BOUCHIKITANI Z., KHELIL M.A., BENDAHOU M. et PUJADE V., 2011.** Lutte contre les trois bruches *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831), *Bruchus rufimanus* (Bohman, 1833), *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera : Chrysomelidae : Bruchidae) par les huiles essentielles extraites d'*Origanum glandulosum*. *Bull. Ins. Cat. Hist. Nat* **76**, 177-186.

## Références bibliographiques

---

- BOUHROUD R., 2011.** Principales maladies fongiques. INRA, Agadir, 1p.
- BOUKHATEM M.N., FERHAT M.A., KAMELI A., SAIDI F., TAIBI H. et TEFFAHI DJ., 2014.** Valorisation de l'essence aromatique du thym (*Thymus vulgaris*) en aromathérapie infectieuse. *International Journal of Innovation and Applied Studies* Vol **8** (14), 1418-1431.
- BREITENMOSER S. et BAUR R., 2013.** Influence des insecticides sur les auxiliaires dans les céréales et pommes de terre. *Rech. Agron. Suisse* **4** (9), 376-383.
- BRUNETON J., 1993.** Eléments de phytochimie et de pharmacologie. Lavoisier, 2ème Ed, 1120 p.
- CABURET A. et HEKIMIAN LETHEVE C., 2003.** Les légumineuses à grains In Memento de l'agronome, Paris-France, CIRAD-GRET, 878p.
- CACERES S., 2000.** La polilla del tomate : manejo químico cultural. Hoja de Divulgacion 15. Estacion experimental Agropecuaria Bella Vista, INTA, 5p.
- CASIDA J.H., 1990.** Pesticide mode of action, evidence for implication of a finite number of biochemical targets in **CASIDA J.E.** (ED). Pesticide and alternative. Innovative chemical and biological approach to pest control. Elsevier, Amsterdam, 11-22.
- CAFFARINI PM., FOLCIA AM., PANZARDI SR. et PEREZ A., 1999.** Insidencia de bajos niveles de daño foliar de *Tuta absoluta* (Meyrick 1917) en tomate. *Bol San. Veg Plagas.* Vol **25**, 75-85.
- CAJAS A., 2013.** Actividade biologica de *Lonchocarpus guaricensis* Pittier en el control de larvas de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917). *FCA UNCUYO* **45** (1), 117-125.
- CAPPAROS MEGIDO R., HAUBRUGE E et VERHEGGEN F.J. 2012.** Pheromone-based management strategies to control the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelichiidae). *Biotechnol, Agro, Soc, Environ* **17** (3), 475-482.
- CHAILLEUX A., BEAREZ P., PIZZOL J., AMIENS DESNEUX E. et RAMIREZ-ROMERO R.D.N., 2013.** Potentiel of combined use of parasitoids and generalist predators for biological control of the key invasive tomato pest *Tuta absoluta*. *Journal of Pest Science* **86** (3), 533-541.

## Références bibliographiques

---

**CHAUVET M., 1980.** Pamplemousse ou Pomelo : un cas exemplaire de conflit entre usage et norme. *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée* **27** (1), 55-81.

**CHAUX C.L. et FOURY C.L., 1994.** Production légumières et maraichères, tome III : légumineuses potagères, légumes fruits. Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 563p.

**CHERIF A., MANSOUR R. et LEBDI-GRISSA., 2013.** Biological aspect of tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera; Gelechiidae) in conditions Northeastern Tunisia: Possible implications for pest management. *Environmental and Experimental Biology* **11**, 179-184.

**CHIKHI R. et DOUMANDJI S., 2010.** La diversité faunistique et relation trophique dans un verger de néfliers à Rouiba (Mitidja Orientale) et le problème des dégâts des oiseaux. Journées Nationales Zoologie agricole et forestière, 19 - 21 avril 2010. Département de Zoologie agricole forestière, ENSA d'El Harrach, 58p.

**CHIRON F., 2012.** La tomate en 2011- Bilan de campagne. France Agri Mer. Consulté le 29 avril 2013, depuis <http://www.franceagrimer.fr/content/download/19398/156631/file/Bil-tomate>.

**CHOUDOUROU D.C., AGBAKA A., ADJAKPA J.B., KOUTCHIKA R.E., et ADJALIAN E.J.N., 2012.** Inventaire préliminaire de l'entomofaune des champs de tomates *Solanum Lycopersicum* (Mill) dans la commune de Djakotomey au Bénin. *International journal of biological and chemical sciences* **6** (4), 1798-1804.

**CHOUGAR S., 2011.** Bioécologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) sur trois variétés de tomate sous serre (Zahra, Dawson et Tavira) dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de Magister en Sciences Biologiques. Université de Tizi-Ouzou, 122p. [http://www.ummtto.dz/IMG/pdf/Tuta\\_absoluta.pdf](http://www.ummtto.dz/IMG/pdf/Tuta_absoluta.pdf).

**CHOUGAR S. et MEDJDOUB-BENSAAD F., 2019.** Population dynamics of tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917), on two tomato varieties Tomallow and Cartier in the Kabylia region (Algeria). *Bulletin of Pures and Applied Sciences Section A- Zoology* Vol **38** A (2), 161-169.

**CIRAD** (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement France) et **GRET** (Groupe de Recherche et d'Echanges Technologique, Ministère des Affaires Etrangères), **2002.** Mémento de l'agronomie. Ed Quae, 1046p.

## Références bibliographiques

---

- CLEMENT J.M., 1981.** Dictionnaire des industries alimentaires. Edition, Masson, 1146p.
- COLLAVINO M.D., et GIMENEZ R.A., 2008.** Efficacy of imidacloprid to control the tomato borer *Tuta absoluta* Meyrick. *Idesia (Chile)* **26** (1), 65-72.
- COMPOLO O., CHERIF A., RICUPERO M. et LEBDI-GRISSA K., 2017.** Citrus peel essential nanoformulations to control the tomato borer, *Tuta absoluta* : chemical properties and biological activity. *Scientific reports* **7** (1), 1-10.
- CORBAZ R., 1990.** Principes de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes. Edition, Presses Polytechniques, 286p.
- CRONQUIST A., 1981.** An integrated system of classification of following plants. Colombia University, 1256p.
- CUTHBERTSON A.G.C., MAHERS J.J., BLACKBURN L.F.M., COCKCINSKA W.L., LUO W., JACOBSON R.J. et NORTHING P., 2013.** Population development of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under simulated UK glasshouse conditions. *Insects* **4**, 185-197.
- DAJOZ R., 1971.** Précis d'écologie. Ed, Dunod, Paris, 434 p.
- DAJOZ R., 1979.** Précis d'écologie. Ed., Dunod, Paris. G. V, 549p.
- DAJOZ R., 2003.** Précis d'écologie. Ed, Dunod, Paris, 498p.
- DAJOZ R., 2006 :** Précis d'écologie. 7<sup>ème</sup> Edition, Dunod, Paris, 630p.
- DE LANNOY D., 2001.** Légume. Tomate In Agriculture en Afrique Tropicale. Edition, DGCI, Bruxelles, 503-512.
- DE MORAES C.M., MESCHER M. et TUMLINSON J.H. 2001.** Caterpillar Induced nocturnal plant volatils repel conspecific females. *Nature* **410** (6828), 577-580.
- DERBALAH A.S., MORSEY S.Z et EL-SAMAHY M., 2012.** Some recent approaches to control *Tuta absoluta* in tomato under greenhouses conditions. *African Entomology* **20** (1), 27-34.

## Références bibliographiques

---

**DERKAOUI K.M., 2011.** Les réponses morphologiques, physiologiques et anatomiques des racines de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) vis-à-vis du stress salin. Mémoire de Magister, Université d'Oran-Senia, 111p.

**DESMAS S., 2005.** Analyse comparative de compétitivité : le cas de la filière tomate dans le contexte Euro-méditerranéen. Thèse ingénieur en Agriculture, Institut d'Agronomie Méditerranéen. Montpellier, France, 100p.

**DESNEUX N., WAJNBERG E., WYCKHUYS K.A.G., BURGIO G., ARPAIA S., NARVAEZ-VASQUEZ C.A., GONZALEZ-CABRERA J., RUESCAS D.C., TABONE E., FRANDON J., PIZZOL J., PONCET C., CABELLO T. et URBANEJA A., 2010.** Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of pests Sciences* **83**, 197-215.

**DIATTE M., BRÉVAULT T., SYLLA S., TENDING E., SALLY-SY D. et DIARRA K., 2015.** New insect pest assemblage threatens field-grown tomato production in Senegal. *International journal of tropic insect Sciences (In press)*.

**DIATTE M., BREVAULT T., SALL-SY D. et DIARRA K., 2016.** Des pratiques culturelles influent sur les attaques de deux ravageurs de la tomate dans les Niayes du Sénégal. *International journal of Biological and Chimical Sciences* **10** (2), 681-693.

**DIATTE M., BREVAULT T., SYLLA S., TENDENG E., SALLY-SY D. et DIARRA K., 2018.** Arthropod pest complex and associated damage in field grown tomato in Sénégal. *International Journal of Tropical Insect Sciences* **38**, 243-253.

**DIRECTION DES SERVICES AGRICOLE DE TIZI-OUZOU (DSA), 2017.** Surface et production de la tomate dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Bilan de statistiques agricoles, 10p.

**DJIETO-LORDON C., ALEN D.C. et REBOUL J.L., 2007.** Contribution à la connaissance des insectes associés aux cultures maraichères dans les environs de Yaoundé-Cameroun. *Cam. Journal. Biol. Biochem., Soc.* **15**, 1-13.

**DOORENBOS J. et KASSAM A.H., 1987.** Réponse de rendement à l'eau. *Bulletin FAO d'irrigation et de drainage* **33**, 233-235.

## Références bibliographiques

---

**DOUMANDJI-MITICHE B., CHENNOUF R. et DOUMANDJI S.E., 2010.** Capture de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) par trois types de pièges à phéromones et estimation des dégâts à Ouergla. Joint International Symposium on Management of *Tuta absoluta* in collaboration with IRAC and IBMA. Morocco, 110p.

**DUPONT F. et GUIGNARD J.I., 2012.** Botanique. Les familles des plantes, 15<sup>ème</sup> Edition, Elsevier Masson, 300p.

**DUVIARD D. et ROTH M., 1973.** Utilisation des pièges à eau colorés en milieu tropical. Exemple d'une savane préforestière de la Côte d'Ivoire. Cahiers ORSTOM, série Biologie, N°18, 91-97.

**DWOMOH A.E., 2003.** Insect species associated with sheanut tree (*Vitellaria paradoxa*) in Northern Ghana. *Tropical Science* **43**, 70-75.

**EL ARNOUTY S.A., PIZZOL J., GALAL H.H., KORTAM M.N., AFFIFI A.I. et BEYSSAT V., 2014.** Assessment of two trichogramma species for the control of *Tuta absoluta* in North African to greenhouses. *African Entomology* **22**, 801-809.

**ELIANI R., 2011.** Les aspects pratiques de la lutte contre *Tuta absoluta*. Cas de la région de Souss (Maroc). Control Stratégies Integrated Pest Management (IPM)-EPPO/IOBC/FAO/NEPPO. Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato bour, Lepidoptera : Gelechiidae). Agadir, Marrocco, p44.

**EMBERGER L., 1952 :** « une classification biogéographique des climats ». Université de Montpellier. Série botanique. Fac 7.

**EPPO.,2014.**[www.pearltrees.com/...t/situation-recommandations](http://www.pearltrees.com/...t/situation-recommandations)

**ERDOGAN P. et BABAROGLU N.E., 2014.** Life table of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae). Gaziosmanpa a Universitesi Ziraat. Fakültesi Dergisi *31* (2), 80-89.

**ESPINAL-CORREAL C., 2010.** Analyse de l'évolution des populations du *Granulovirus phop* GV en contact avec les hôtes alternatifs *Phthorimaea operculata* et *Teria solanivora* (Lepidoptera : Gelechiidae). Thèse de Doctorat. Ecole Supérieure des Mines, Saint-Etienne, 192p.

## Références bibliographiques

---

- ESTAY P.P., 2000.** Pollila del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). *Informativo la Platina*, **9**, 1-4.
- ESTAY P.P., et BRUNA A., 2012.** Insectos, acaros y enfermedades asociadas al tomate en Chile. Santiago, INIA Centro regional de investigacion, la platina, 111p.
- ESTIENNE P ET GODARD A, 1970.** Climatologie. Paris, Armand Colin, collection U, 365p.
- ETTAIBI R., BELKADHI M.S. et BEN BELGACEM A., 2016.** Indigenous predator *Nesidiocoris tenuis* on *Tuta absoluta* pest of geothermal culture in the South of Tunisia. *Journal of Entomology and Zoology studies* **4**, 692-695.
- FAES H., STAEHELIN M. et BOVEY P., 1947.** La défense des plantes cultivées. Ed, Payot, Lausanne, 644p.
- FAO, 2008.** L'actualité agricole en Méditerranée. Ed, Ciheam, 33p.
- FAVIER J., IRELAND-RIPPERT J., TOQUE C., et FEINBERG M., 2003.** Répertoire Général des Aliments. Ed, Ciquial, 40-48p.
- FERA M., 2009.** The first outbreak in the UK of *Tuta absoluta*. The South American tomato moth. *The Food and Environment Research Agency*.
- FERNANDEZ S. et MONTAGNE A., 1990.** Biología del minador del tomate, *Scrobipalpula absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bulltin d'entomologia Venezolana* **5** (12), 89-99.
- FIGUEREDO G., 2007.** Etude chimique et statistique de la composition de l'huile essentielle d'origan (Lamiaceae) cultivée issue de graines d'origine méditerranéenne. Thèse de Doctorat en Chimie Organique. Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand, 417p.
- FINNEY D.J., 1971.** Statistical method and biological assay. Second Edition, Griffin, London, 333p.
- FRANÇA F.H., 1993.** Por quanto tempo conseguiremos conviver com a traça do tomateiro? *Hort. Bras* **2**, 176-178.
- FRAVAL A., 2009.** Un insecte à la page. La mineuse Sud-Américaine de la tomate malvenue dans l'ancien monde. *Insecte* **12** N° 154, 23p.

## Références bibliographiques

---

- FRUSCIANTE L., CARLI P., ERCOLANO M.R., PERNICE R., DI MATTEO A., FOGLIANO V. et PELLEGRINI N., 2007.** Antioxydant nutritional quality of tomato. *Moll Nutr, Food Res* **51**, 609-617.
- GALARZA J., 1984.** Laboratory assessment of some Solanaceous plants as possible food plants of the tomato moth *Scrobipalpula absoluta*. IDIA N° 421/424, 30-32.
- GALLAIS A. et BANNEROT H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées objectif et critère de sélection. INRA, Paris, 765p.
- GARTEMAN K.H., KIRCHNER O., ENGEMANN J., GRAFEN I., EICHENLAUB R. et BURGER A., 2003.** *Clavibacteri Michiganensis sub sp*: First steps in the understanding of virulence of Gram-positive phytopathogenic bacterium. *Journal of biotechnology* **106**, 179-191.
- GHARKHANI G.H et SALEK-IBRAHIMI H., 2014.** Life table parameters of *T. absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on different varieties of tomato. *Journal, Econ, Entomol* **107**, 1765-1770.
- GHEDIRA K., GOETZ P. et LE JEUNE R., 2008.** *Eucalyptus globulus* labill. *Monographie Médicalisé Phytotherapie* **6**, 197-200.
- GHONEIM K., 2014.** Parasitic insects and mites as potentiel biocontrol agents for a devastive pest of tomato, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) in the world: a review. *Journal of Entomology and Zoology studies*, IJRRAS Vol 119, Islamabad, 36-68.
- GILLIAN F., 2009.** La mineuse de la tomate. Cycle évolutif et stratégies de protection de tomate de serre au Canada. <http://www.omafra.gov.on.ca>.
- GOMGNIMBOU A.P., SAVADOGO P.W., NIANOGO A.J. et MILLOGO-RASOLODIMBY J., 2009.** Usage des intrants chimiques dans un agro système tropical : diagnostic du risque de pollution environnementale dans la région cotonnière de l'Est du Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Société Environ* **13** (4), 499-507.

## Références bibliographiques

---

- GONTIJO-LABORY C.R., SANTA CECILIA L.V.C., MALUF W.R., CARDOSO M., BEARZOTTI G., BEARZOTTI E. ET SOUZA J.C., 1999.** Selação indireta para teor e sua relação com a resistência à traço do tomateiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **34**, 733-740.
- GONZALEZ-CABRERA J., MOLLA O., MONTON H. et URBANEJA A., 2011.** Efficacy of *Bacillus thuringiensis* (Berliner) in controlling the tomato borer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Biocontrol* **56**, 71-80.
- GOUCEM-KHELFANE K., 2014.** Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles et des poudres de quelques plantes à l'égard de la Bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) et comportement de ce ravageur vis-à-vis des composés volatils de différentes variétés de la plante hôte (*Phaseolus vulgaris* L.). Thèse de Doctorat ès sciences. U.M.M.T.O, 144p.
- GOUDARZVAND CHEGINI S. et ABBASIPOUR H., 2017.** Chemical composition and insecticidal effects on the essential oil of cardamom *Ellataria cardamomum* on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*. *Toxin Reviews* **36** (1), 12-17.
- GRUBBEN G.J.H. et DENTON O.A., 2004.** Plant resources of Tropical Africa 2. *Nordic Journal of botanic*, 298p
- GUEDES R.N.C. et PICANÇO M.C., 2012.** The tomato borer *Tuta absoluta* in South America: pest status, management and insecticide resistance. *EPPO Bulletin* **42** (2), 211-216.
- GUENAOUI Y., 2008.** Nouveau ravageur de la tomate en Algérie. Première observation de *Tuta absoluta*, mineuse de la tomate invasive, dans la région de Mostaganem. *Phytoma la défense des végétaux*, 16-19.
- GUENAOUI Y. et GUELLAMALLAH A., 2008.** *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) nouveau ravageur de la tomate en Algérie. Premières données sur la Biologie en fonction de la température. Conférence Proceeding, 8p.
- GUERMAH D., 2019.** Bioécologie du carpocapse du pommier *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera : Tortricidae) et inventaire de la faune arthropodologique dans les vergers de pommiers traités et écologiques dans la région de Tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat LMD en Sciences Biologiques. UMMTO, 159p.

## Références bibliographiques

---

- GUERMAH D. et MEDJDOUB BENSAAD F., 2016.** Inventory of arthropoda fauna in apple plot of Dorset golden variety in Tizi-Ouzou region of Algeria. *BEST: Journal of Humanities, Arts, Medicine and Sciences* (BEST: JHAMS) Vol 2 (1), 57-62.
- GUERZOU A., DERDOUK W., GUERZOU M. et DOUMANDJI S.E., 2014.** Arthropod diversity in 3 step region of Djelfa area (Algeria). *International journal of zoology and research* 4, 41-50.
- GUISTOLIN T.A., VENDRAMIN J.D., ALVES S.B., VIEIRA S.A. et PEREIRA R.M., 2001.** Susceptibility of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) reared on two species of *Lycopersicon* to *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*. *J. Appl. Ent* 125, 551-556p
- GOETZ P. et GHEDIRA K., 2012.** Phytothérapie infectieuse. Springer Verlag, France, Paris, 272p.
- HALL R.D., BROUWER I.D. et FITZGERALD M.A., 2008.** Plant metabolomics and its potential application for human nutrition. *Physiol plant* 132, 162-175.
- HAMANI-AOUDJIT S., 2019.** Bio-écologie et biocontrôle de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (Coleoptera : Chrysomelidae) dans la région de Bouira. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, UMMTO, 153p.
- HAN P., BAYRAM Y., SHALTIEL-HARPAZ L., SOHRABI F., SAJI A., TAIRESENALI U., JALILOV A., ABID A., SHASHANK P.R., ISMOILOV K., LU Z.Z., WANG S., ZHANG G.F. et WAN F.H., 2019.** *Tuta absoluta* continues to disperse in Asia damage ongoing management and future challenge. *Journal of Pest Sciences* 92, 1317-1327.
- HEBER D., et LU Q.Y., 2002.** Overview of mechanisms of action of lycopène. Ed, Bioled, 900p.
- HEDJHAL-CHEBHEB M., 2014.** Identification des principes actifs des huiles essentielles de quelques résineux et plantes aromatiques de provenance Algérienne et Tunisienne. Etude de leurs activités biologiques à l'égard d'un insecte ravageur des graines stockées, *Callosobruchus maculatus* F. 1775 (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, UMMTO, 103p.

## Références bibliographiques

---

- HILL D.S., 1997.** The economic importance of insects. Chapman et Hall, London. 377p.
- HMIMINA M., 2009.** La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917). Eléments de biologie et bases pour la lutte. *Agriculture du Maghreb* **37**, 54-59.
- HOU Y.M, YOU M.S, PANG X.F et LIANG G.W., 2002.** Characteristics of arthropod community and their diversity restoration in leafy vegetable fields. *Entomologica Sinica* **9** (2), 35-42.
- HUAT J., 2008.** Diagnostic sur la variabilité des modes de conduite d'une culture et de leurs conséquences agronomiques dans une agriculture fortement soumise aux insecticides : cas de la tomate en plein champ à Mayotte. Thèse Doctorat. Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Agro Paris Tech, 264p.
- HULLE M., TURPEAU E. et LECLANT F., 1998.** Les pucerons des arbres fruitiers : Cycles biologiques et activités de vol, INRA, 80 p.
- HUNTER A.F., MARTIN J. et LEEHOWIE Z., 1991.** Foliage quality changes during canopy development of some northern hardwood trees-Biology development. *Canada Ecologica* **89**, 316-323.
- ITCMI., 2010.** Guide de production des plants et des cultures sous serres. Edition, ITCMI (Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles). Staoueli, Alger, 13p.
- INDERMOUCHE S., 2011.** Biologie et écologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lépidoptère : Gelechiidae) dans la région de Boumerdès. Mémoire de Magister. ENSA, El Harrach, 103p.
- ISMAN M.B., 2006.** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Ann, Rev, Entomol* **51**, 45-66.
- IVANOVIC J. et NENADOVIC V., 1999.** The effect of diet and temperature on the life cycle of phytophagous insects, *Pesticides* **14**, 309-327.
- JACOB B.J., 1978.** Les cultures maraichères spécialisées, les solanacées. INA, Alger, 6p.
- JEANNEQUIN B., DOSBA F. et AMIOT-CARLIN M.J., 2005.** Fruits et légumes caractéristiques et principaux enjeux. Collection « un point sur les filières », INRA, Paris, 200p.

## Références bibliographiques

---

**JAMES B., ATCHA-AHOWE C., GODONOU I., BAIMEY H., GOERGEN G., SKIROU R. et TOKO M., 2010.** Gestion intégrée des nuisibles en production maraichères : Guide pour les agents de vulgarisation en Afrique de l'Ouest. Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) : Ibaden, Nigeria, 120p.

**KELLOUCHE A. et SOLTANI N., 2004.** Activité biologique des poudres des cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elles à l'égard de *Callosobruchus maculatus*. *International Journal of Tropical Insect Science* **24** (1), 184-191.

**KENNEDY G.G., 2003.** Tomato pest parasitoids and predators: tritrophic interactions involving the genus *Lycopersicon*. *Annual review of entomology* **48** (1), 51-72.

**KILIÇ T., 2010.** First record of *Tuta absoluta* in Turkey. *Phytoparasitica*, **30** (3), 243-244.

**KOLEV N., 1976.** Les cultures maraichères en Algérie. Tome I. Légumes fruits. Ed. Ministère de l'Agriculture et des Reformes Agricoles, 52p.

**KOZIOL N., 2015.** Huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, d'*Eucalyptus radiata* et de *Corymbia citriodora* : qualité, efficacité et toxicité. Thèse de Doctorat d'Etat en Pharmacie. Université de la Lorraine, France, 129p.

**KOUL O., WALIA S. et DHALI WAL G.S., 2010.** Essential oils as green pesticides: Potential and constraints. *Biopesticides International* **4** (1), 63-84.

**KRECHEMER F.D.A. et FORESTER L.A., 2015.** *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): Thermal requirements and effect of temperature on development survival, reproduction and longevity. *Eur. Journal. Entomol* **112** (4), 658-663.

**KLEIN A.M., VAISSIERE BE., CANE JH. STEFFAN-DEWENTER A., CUNNINGHAM S.A., KREMEN C. et TSCHARNTKE T., 2007.** Pollinisators in changing Landscarpe for world crops. Proceeding of the royal society B: biological sciences **274** (1608), 303-313.

**LACORDAIRE A., et FEUVRIER E., 2010.** *Tuta absoluta* : suivi de 16 exploitations de production de tomate pour savoir où et comment chercher pour trouver *Tuta* tôt et tester un prédateur. *Phytoma, la défense des végétaux* **632**, 40-44.

## Références bibliographiques

---

- LAMARA MAHAMAD R., 2015.** Bioécologie de la teigne de pomme de terre *Phthorimaea operculata* Zeller (Lepidoptera : Gelichiidae) sur trois variétés de pomme de terre (la Spunta, la Désirée, la Burren) dans la région des Issers et Draa Ben Khedda et inventaire de l'entomofaune au niveau des parcelles des Issers. Mémoire de Magistère en Sciences Biologiques, UMMTO, 112p.
- LAMOTTE M. et BOURLIERE F., 1969** – Problèmes d'écologie – l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres. Edition, Masson et Cie, Paris, 303 p.
- LANGE W.H., et BRONSON L., 1981.** Insect pests of tomatoes. *Annual review of entomology* **26**, 345-375.
- LATIGUI A., 1984.** Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse Magister, INA El-Harrach, 180p.
- LAUMONIER R., 1979.** Cultures légumières et maraichères. Tome III. Edition, Baillière, Paris, 279p.
- LEBDI GRISSA K., SKANDER M., MHAFDHI M., et BELHADJ R., 2011.** Lutte intégrée contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera : Gelechiidae) en Tunisie. *Faunistic entomology* **63** (3), 125-132.
- LEBEOUF J.M., 2004.** Effets des températures extrêmes sur les cultures de tomate et de poivron. L'Ontario, Canada, 5-18p.
- LEBERRE J.R. et ROTH M., 1969.** Les méthodes de piégeage des invertébrés. Les pièges à eau « Extrait des problèmes d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres ». Edition, Masson, Paris, 78p.
- LEITE G.L.D., PICANCO M., GUEDES R.N.C. et ZANUNCIO J.C., 2000.** Role of plant age in the resistance of *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* to the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) *maculatus*. *International Journal of Tropical Insect Science* **24** (1), 184-191.
- LEITE G.L.D., 2003.** Intensity of *T.absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) and *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) attacks on *Lycopersicum esculentum* Mill. Leaves. *Cienc. Agrotec, Lavras* vol **28** (1), 42-48.

## Références bibliographiques

---

**LEITE G.L.D, PIKANÇO M., JHAM G.N. et MARQUINI F., 2004.** Intensity of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) and *Lyromyza* spp. (Diptera : Agromyzidae) attacks on *Lycopersicon esculentum* Mill. Leaves. *Siência e agrotechnologia* **28** (1), 42-48.

**LIETTI M.M., BOTTO E., et ALZOGARAY R.A., 2005.** Insecticide resistance in argentine population of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotrop entomology* **34** (1), 113-119.

**LIU Q., SUZUKI K., NAKAJI S. et SUGAWARA K., 2000.** Antioxydant activities of natural 9-cis and synthetic all-trans carotene assessed by human neutrophil chemiluminescence. Ed, Nutrition Research, 300p.

**LOFINDA LIFAKE M., MONDE DE KAZANBGA G. et HANCE T., 2018.** Evaluation de la diversité des *Aphididae* et leurs ennemis naturels en culture de bananier à proximité de plantes de bordure. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vet* **6** (4), 575-580.

**LOZANO D.P., BOSQUEE E., LOPES T., CHEN J., FA C.D., FANG-QIANG Z., HAUBRUGE E., BRAGARD C. et FRANCIS F., 2013.** Evaluation de la diversité de l'entomofaune en cultures maraîchères dans l'Est de la chine. *Faunistic entomology* **66**, 27-37.

**MAGAN N. et OLSEN M., 2004.** Mycotoxins in food detection and control. Ed, CRC Press, Boca Raton, Boston, New York, Washinton DC, 511p.

**MAHDI K., 2011.** Quelques aspect de la bioécologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Povolny, 1994) et essai de lutte dans l'Algérois. Thèse Magister, ENSA El Harrach, 284p.

**MAHDI K., DOUMANDJI-MITICHE B. et DOUMANDJI S.E., 2011.** Effets de la température sur le cycle de développement de *Tuta absoluta* dans l'Algérois. AAFP. Neuvième Conférence Internationale sur les ravageurs en agriculture. Montpellier 26 et 27 Octobre 2011.

**MAHDI K. et DOUMANDJI S.E., 2013.** Research on temperature: Limiting factor of development of tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). (IJASR) **4** (1), 81-88.

## Références bibliographiques

---

- MAILAFIYA D.M., DEGRI M.M, MAINA Y.T., FA C.D, YOUNG L., FANG-QUIANG Z., HAUBRUGE E., BRAGARD C. et FRANCIS F., 2014.** Preliminary studies on insect pest incidence on tomato in Bama, Borno State. Nigeria. *International Letters of Natural Sciences* **5**, 45-54.
- MARCANO R., 2008.** Minador pequeñ de la hoja del tomate, palomolla pequena, minador del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). Plagas Agrícolas de Venezuela. In <http://www.plagas-agricolas.info.ve/fichas>. 200p.
- MARCHIORI C.H., SILVA C.G. et LOBO A.P., 2004.** Parasitoids of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato in lavras, state of minas gerais, Brazil. *Braz.J.Biol* **64** (3A), 551-552.
- MARGARIDA M.A., 2008.** Meneira do romateira (*Tuta absoluta*). Uma nova ameaça a produção de tomate. (PDF).10p.
- MEDEIROS M.A., VILELA N.J., et FRANÇA F.H., 2006.** Technical and economic efficiency of biological control and the South American tomato pinworm in protected environment. *Horticultura Brasileira* **24** (2), 180-184.
- MELLEA A.R., MACULA G.S., GARCIA S.J.G., BAHAMONDES L.A., et SUAREZ J.H., 1972.** *Nicotiana tabacum* var virginica, a new host of, *Scrobipalpula absoluta*. *Revista de la facultad de Ciencias Agrarias* **18**, 13-15, Univesidad Nacional de Cuyo.
- MERIGUET B. et ZAGATTI P., 2001.** Inventaire entomologique sur l'Aqueduc de la Dhuis de Carnetin Courtry (Seine et Marne), office pour l'information éco-entomologique, réalisé pour l'agence des espaces verts de la région Ile-de-France, 9 p.
- MEYRICK E., 1917.** Description of South America Microlepidoptera. *Trans. Ent. Soc*, London, 1-52p.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DU DEVELOPPEMENT RURAL EN ALGERIE (MADR), 2018.** Production de la tomate en Algérie, 3p.
- MESSIAEN C.M., BLANCARD D., ROUXEL F. et LAFON R., 1991.** Les maladies des plantes maraichères. INRA, Paris, 547p.

## Références bibliographiques

---

- MIRANDA M.M., PICANCO M., ZANUNCIO JC. et GUEDES R., 1998.** Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Biocontrol. Sci. Technol.*, 606p.
- MOHAMED E.S.I., MOHAMED M.E et GAMIEL S.A., 2012.** First record of the tomato leaf miner (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Sudan. *EPPO Bulletin* **42** (2), 325-327.
- MOLLA O., MONTON H., BEITIA F., et URBANIJA A., 2008.** La pollila del tomate, una nueva plaga invasora, *Tuta absoluta* (Meyrick) EDS. Agrotécnicas, SL.CIF, Terallia, 69p.
- MONDEDJI A.D., NYAMADOR W.S., AMEVOIN K., KETOH J.K et GLITHO I.A., 2015.** Analyse de quelques aspects du système de production légumière et perception des producteurs de l'utilisation d'extraits botaniques dans la gestion des insectes ravageurs des cultures maraichères au Sud du Togo. *International Journal Biology Chemistry SC* **9** (1), 98-107.
- MOTTA M.M.M., PICANÇO M.C., ZANUNCIO J.C., BACCI L. et SILVA E.M., 2005.** Impact integrated pest management on the population of leaf miners fruits borers and natural enemies in tomato. *Ciencia Rural* **35** (1), 204-208.
- MOUSSA S., SHARMA A., BAIOMY F. et EID EL-ADI F., 2013.** The status of tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) potentiel effective pesticide. *Academic Journal of Entomology* **6** (3), 110-115.
- MUNRO B. ET SMALL E., 1997.** Les légumes du Canada. Ministère des Approvisionnement et Services Canada, 436p.
- NAIKA S., DE JEUD J.V.L., DE JEFFEAU M., HILMI M. et VANDAM B., 2005.** La culture de tomate, production, transformation et commercialisation. Ed. Wageningen, Pays-Bas. 105p.
- NAVA D.E., PARRA J.R.P., DIEZ-RODRIGUEZ G. et ES BENTO J.M.S., 2005.** Ovoposition behavior of *Stenomoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae): chemical and physical stimuli and del pattern of egg laying. *Entomol. Soc.Am* **98** (3), 409-414.
- NILAHYANE A., BOUHARROUD R., HORMATALLAH A. et AIT TAADAOUT N., 2012.** Larvicidal effect of plants extracts on *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) *IOBC/WPRS bulletin* **80**, 305-310.

## Références bibliographiques

---

**NOTZ A.P., 1992.** Distribution of eggs and larvae of *Scrobipalpula absoluta* in potato plants. *Revista de la facultad d'Agronomia* (Marcay) **18**, 425-432.

**NYABYENDA P., 2006.** Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique. Ed, Gembloux, France, 241p.

**ODEYEBI J.A, BADA S.O., OMOLOYE A.A, AWODOYIN R.O. et ONI P.P., 2004.** Vertebrate and insect pests and hemi-parasitic plants of *Parkia biglobosa* and *Vitellaria paradoxa* in Nigeria. *Agroforestry systems* **60**, 51-59.

**OEPP, 2008.** Fiches informatives sur les organismes de quarantaine. Bulletin OEPP 35 : 434-449.

**OFFORI ESK. , YEBOAH S., NUNOO J., QUARTEY EK, TORGBY-TETTEH W, GASU EK ET EWUSIE EA, 2004.** Preliminary studies of insect diversity and abundance on twelve accessions of tomato *Solanum lycopersicon* L. in a Coastal Savannah Agro ecological zone. *Journal of agriculture sciences* **6** (8), 72-82.

**OKE O.A., OLADIGBOLU A.A. et HAMISU H.S., 2017.** The first evaluation of different insecticides on *Tuta absoluta* populations from the major tomato growing states of Nigeria. 22<sup>nd</sup> Meeting and Conference of the African Association of Insects Scientists (AAIS-2017). Abstract book, Wad Medani, p91.

**OLIVEIRA, I. R., 1999:** Fatores que afetam a intensidade do ataque de *Liriomyza trifolii* (Burgess) ao repolho. Ed Dissertação (Mestrado em Entomologia) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 43 f

**OLIVEIRA C.R.F., CYSNEIRES M.C.H. et HATANO E., 2007.** Occurrence of *pimotes* sp on *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917). *Brasilian Archives of Biology and Technology* Vol **50** (6), 929-932.

**OZENDA P., 1983.** Flore du Sahara septentrional. Ed, CNRS, Paris. 486p.

**OZGÖKCE M.S, BAYINDIR A. et KARACA I., 2016.** Temperature dependent development of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato *Lycopersicon esculentum* Mill. (Solanaceae). *T rk, entomol, deg* **40** (1), 51-59.

## Références bibliographiques

---

**PAPACHRISTOS D.P et STAMOPOULOS D.C., 2002.** Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research* **38** (2), 117-128.

**PEREIRA P.C. et SANCHEZ N.E., 2006.** Effect of two Solonaceous plants on developmental and populations parameters of the tomatoleaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical entomology* **35** (5), 671-676.

**PEREIRA DOS S.J., 2008.** Incidence of adult males of tomato moth in conventional and integrated tomato production systems in Caçador. *SC. Agropec. Catarin* Vol **21** (1), 66-73.

**PERIAGO M.J., GARCÍA-ALONSO J., JACOB K., OLIVARES A.B., BERNAL A.J. et INIESTA M.D., 2009.** Bioactive compounds, folates and antioxidant properties of tomatoes (*Lycopersicum esculentum*) during vine ripening. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 694–708.

**PIERES D.S.L.M., 2008.** Effects of the fungi *Metarhizium anisopliae* (METSCH) SORK and *Beauveria bassiana* (BALS) VUIL on *Tuta absoluta* (Meyrick) and their compatibility with insecticides : these apresentada ao programa de pos-Graduação em entomologia Agrícola, da Universidade Federal Rural de pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de doutor em Entomologia Agrícola. Recife-pe e Fevereiro, 72 p.

**PIRES D.S.L.M., MARQUES E.J., OLIVEIRA J.V. et ALVES S.B., 2010.** Selection of isolats of entomopathogenic fungi for controlling *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) and their compatibility with insecticides used in tomato crop. *Neotropical Entomology* **39** (6), 977-984.

**PINCEBOURDE S. et WOODS H.A., 2012.** Climate uncertainty on leaf surface: the biophysics of leaf microclimates and ther consequences of leaf-dwelling organism. *Funct. Ecol* **26**, 844-853.

**POLACK LA, 1999.** Ensayos d'eficacia de plaguicidas empleados contra la polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). Buenos Air, Centro Agrícola El Pato, INTA. 2p.

**POLESE J.M., 2007.** La culture de la tomate. Ed, Artémis, 95p.

## Références bibliographiques

---

- POUSSET J., 2004.** Les plantes médicinales d'Afrique : comment les reconnaître et les utiliser. Ed, Edisad, 187p.
- POVLOVNY D., 1994.** *Gnorimo shemini* of South America VI: Identification keys checklist of neotropical taxa and general considerations (Insecta, Lepidoptera: Gelechiidae). *Streens trupia* **20** (1), 1-42.
- QUEZEL P. et SANTA S., 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions méridionales. 2 vol (CNRS), PARIS, 1087p.
- RAKOTOSON M. et RAZAFINDRABE K., 2009.** Amélioration génétique de la tomate (*Lycopersicon sp*). Revue, 17p.
- RAMADE F., 1984.** Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Mc Graw- Hill, Paris, 397 p.
- RAMADE F., 1993.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ed, Edi-Science Internationale, Paris, 822 p.
- RAMADE F., 2003.** Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale, 3<sup>ème</sup> édition, Dunod, France, 690p.
- RAMEL J.M., 2010.** *Tuta absoluta* (Meyrick, 2017). L.N.P.V. Station d'entomologie. Montpellier. RHM. *Revue Horticole* **512**, 23-25
- RAMEL J.M. ET OUDARD E., 2008.** *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) Eléments de reconnaissance L.N.P.V, S.R.P.V. Avignon, 2p.
- RANC N., 2010.** Analyse de polymorphisme moléculaire de gène de la composante de la qualité de fruits dans les ressources génétiques sauvages et cultivées de tomate : recherches d'association gènes/QTL. Thèse de Doctorat, Montpellier, 192p.
- RAVIDAT M.L., 2010.** Information *Tuta absoluta*. Direction générale de l'alimentation de l'Agriculture et la Forêt d'Aquitaine. St Livarde.
- RAZURI V. et VARGAS E., 1975.** Biologica y comporta miento of *Scorobipalpula absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) en tomatera. *Rev, Peruana, Entomol* **18** (1), 84-89.

## Références bibliographiques

---

**REGNAULT-ROGER C., VINCENT C. et ARNASON J., 2012.** Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annu. Rev. Entomol* **57**,404-424.

**REGNAULT-ROGER C. et HAMRAOUI A., 1995.** Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal Stored Products Research* **31**, 1232-1244.

**REY Y. et COSTES C., 1965.** La physiologie de la tomate. Etude bibliographique. INRA, 111p.

**REY F., CARRIERE J., GINESE A., GIRRAUD M., GOILLON C., GOUDE M, LAMBION J., LEFEVRE A., SEGURE E.T., TABONE E., TERRENTROY A., et TROTIN CAUDAL Y., 2014.** Stratégies de protection de culture de tomate sous abris contre *Tuta Absoluta*. Protection biologique intégrée, agriculture biologique. Cahier technique TUTAPI, Paris, Itab, 16p.

**RICKWARD P., 2004.** Rapport de mission à Tahiti du 22 Mars au 2 Avril. CIRAD. FLHOR Réunion, 3p.

**RISSO S., BOUVIERE E. et LANZA R., 2011.** *Tuta absoluta*. Article de presse, 2p.

**ROTH M., 1963.** Comparaison de méthodes de capture en écologie entomologique. *Rev. Path. .veg. Entomol. Agric. France* **42**, 177-197.

**ROTH M., 1971.** Contribution à l'étude éthologique du peuplement d'insectes d'un milieu herbacé. Ed. O.R.S.T.O.N., Paris, France, 118p.

**RUBAB S., IRSHAD H., BARKAT A.K., AYAZ A.U., KHAWAJA A.A., KHICHI Z.H., KHAN N., SHAZEA K., KHALIL UR R. et HAROUN K., 2017.** Biomedical description of *Ocium basilicum* L. JIIIMC (*Journal of Islamic International Medical College*) Vol **12** (1), 59-67.

**RUOCCO M., MASSIMO G., OSCAR A., BERNARD B. et JURGEN K., 2010.** Food quality safety. Lutte biologique .Tome 2.CNR, Italie, UE.104p.

**SACCHI C.F. et TESTARD P., 1971.** Ecologie Animale et Environnement : organismes et milieux. Edition, DOIN, Paris, France. 480p.

## Références bibliographiques

---

- SADOU I., WOIN N., GHOGOMU TR. et DJONMAILA KM., 2008.** Inventaire des insectes ravageurs et vecteurs de la panachure jaune du riz dans les périmètres irrigués de Maga (Extrême Nord Cameroun). *Tropicultura* **26** (2) : 84-88.
- SAHARAOU L. et GOURREAU J.M., 1998.** Les coccinelles d'Algérie : inventaire préliminaire et régime alimentaire. *Bulletin de la société entomologique de France* **103** (3), 213-124.
- SANKARGANESH E., FIRAKE D.M., SHARMA B., VERMA V.K et BEHERA G.J., 2017.** Invasion of the South American tomato pinworm *Tuta absoluta* in Northeastern India, new challenge and biosecurity concern. *Entomologica Generalis* **36** (14), 335-345.
- SANON A., OUEDRAOGO A.P., TRICULT Y., CREDLAND P.F. et HUIGNARD J., 1998.** Biological control of bruchid in cowpea stores by release of *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae) adult. *Environ. Entomol.*, 717- 725.
- SANTOS DOS A.C., BUENO RCO DE F., VIEIRA S.S. et BUENO A., 2011.** Efficacy of insecticides on *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae) capturados en trampas con feromonas en cultivos de tomate en Quibor, Venezuela. *Bioagro* **19** (3), 143-147.
- SCHIFFERS B., 2011.** Itinéraire technique de la tomate cerise (*Lycopersicon esculentum*). COLEACP/PIP, 46p.
- SCHOEN L, 2008.** *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) : la chenille mineuse venue d'ailleurs. n°232, 503/09.
- SCHULTZ J.C., 1983.** Impact of variable plant defensive chemistry on susceptibility of insects to natural enemies. ColombiaUniversity, 120p.
- SHANKARA N., JOEP VAN LIDT DE JEUDE., DE GOFFAU M., HILMI M. et VAN DAM B., 2005.** La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation 5<sup>ème</sup> édition, Agromisa Foundation, 105p.
- SHARONI Y. ET LEVI Y., 2006.** Cancer prevention by dietary tomato lycopene and its molecular mechanisms. In A. V. Rao. Ed. Tomatoes, lycopene & human health. Barcelona, Caledonian Science Press, 111–125p.

## Références bibliographiques

---

**SHEHATA I., EBADA I., ISMAIL I.A., FOUUDA M. et SALAMA H.S., 2016.** On the population dynamics of tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Egypt. *Ecologica Balkanica* **8** (2).

**SILVA A.F., 2005.** Estimate of *Trichogramma pretiosum* to control *Tuta absoluta* in stalked tomato. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 715-718

**SIQUEIRA H.A.A., GUEDES R.N.C., et PICANÇO M.C., 2000.** Insecticide resistance in population of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agricul for Entomology* **2** (2), 147-153.

**SOHRABI F., NOOYAZDA N.H, GHARATI B. et SAEIDI Z., 2016.** Evaluation of ten tomato cultivars for resistance against tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae): under field infestation conditions. *Entomologica Generalis* **36**, 163-175.

**SOLTNER D., 2003.** Les bases de la production végétale : le sol, le climat, les plantes. Tome I. 18<sup>ème</sup> édition, Science Technique Agricole, 464p.

**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, 52p.

**SON D, YAROU BB, BAYENDI SML, VERHEGGEN F, FRANCIS F, LEGRÈVE A, SOMDA I, et SCHIFFERS B, 2018.** Détermination par piégeage de la diversité et de l'abondance des familles d'insectes associées à la culture de tomate *Solanum Lycopersicum* L. au Burkina Faso. *Faunistic entomology*, 71-85.

**SOUZA J.C., REIS P.R., 1986.** Controle de traça de tomateiro em minas gerais. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* **21**, 343-354.

**SPICHIGER R., CALENGE C. et BISE B., 2004.** Geographical zonation in the neotropics of tree species characteristic of the Paraguay paranà basin. *Journal of Biogeography*, **31** (9), 1489-1501.

**STAMPS W.T. et LINIT M.J., 1998.** Plant diversity and arthropod communities: implication for temperat agroforestry. *Agroforestry systems* **39**, 73-89.

## Références bibliographiques

---

**STRATEN VAN DER M.J., POTTING R.P.J. et LINDEN VAN DER A., 2011.** Introduction of the tomato leafminer *Tuta absoluta* into Europe. Proceeding of the Netherlands Entomological Society Meeting **22**, 23-30.

**SUTY L., 2010.** La lutte biologique. Ed, Quae, 321p.

**SYLLA S., BREVAULT T., BOCAR BAL A., CHAILLEUX A. et DIATTE M., 2017.** Rapid spread of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) an invasive pest in Sub Saharan African. *Entomologica generalis* **36** (3), 269-283.

**SYLLA E.S, 2018.** Invasion de la mineuse de la tomate (Lepidoptera : Gelechiidae) au Sénégal : dynamique des populations, gamme d'hôte potentiel de la régulation biologique. Thèse de Doctorat en Horticulture et Agriculture Urbaine et Periurbaine. Université Cheikh Anta Diop. Dakar. Senegal. 192P.

**TALEB-TOUDERT K., 2015.** Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de leurs effets sur la bruche du Niébé *Callosobrochus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques. U.M.M.T.O. 206p.

**TCHOUMBOUNOUG F., JAZET DONGMO P.M., SAMEZA M.L., MBANJO N'KOUAYA E.G., TIAKO FOSTO G., AMVAM ZOLLO P. et MENUT C., 2007.** Activité larvicide sur *Anopheles gambia* Giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun. *Biotechno. Agron.Soc.Enviro* **13** (1), 77-84.

**TONNANG H.E.Z., MAHAMED S.F., KHAMIS F. et QUINTERO L.S.F., 2015.** Identification and risk assessment for worldwide invasion and spread of *Tuta absoluta* with a focus on Sub-Saharien Africa; implication for Phytosanitary measures and management. *Plos one* **10** (8), 1-19.

**TORRES J.B., FARIA C.A., JR W.S.E. et PRATISSOLI D., 2001.** Within plant distribution of the leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) immature in processing tomatoes, with notes on plant phenology. *International Journal of Pest Management*, **47** (3), 173-178.

## Références bibliographiques

---

**TRACOL A. et MONTAGNEUX G., 1987.** Les animaux nuisibles des plantes ornementales. Ed, MAT, 434p.

**TRAN V.L., 1977.** Morphologie des pièces génitales et nervation alaire des principales pyrales foreurs du riz en Côte d'Ivoire. Description de quelques hyménoptères parasites. Cahiers ORSTOM, série Biologie N°12, 29-45.

**TRAORE N., SIDIBE L., BOUARE S., HARAMA D., SOMBORO A., FOFANA B., DIALLO D., FIGUEREDO G., et CHALCHAT J.C., 2013.** Activités antimicrobiennes des huiles essentielles d'Eucalyptus *Citriodora Hook* et *Eucaluptus houseana* W.Fitzg. Maiden. *Int. J. Biol. Chem. Sci* 7 (2), 800-804.

**TRIPATHI S., MEHROTRA G.K. et DUTTA P.K., 2009.** Physicochemical and bioactivity of cross-liked Chitosan-PVA film for foos pachaging application. *International Journal of Biological Macromolecules*, 45 (4), 372-376.

**TROTTIN-CAUDAL Y., CHARBIERE C. et TERRENTROY A., 2010.** *Tuta absoluta*. Biologie du ravageur et stratégies de protection : situation actuelle et perspectives. Carquefou, 29p.

**UMEH V.C., KUKU F.O., NWANGUMA E.I., ADEBAYO O.S. et MANGA A.A., 2002.** The survey of the insect pest and farmer's pratices in the cropping of tomato in Nigeria. Tropicultura trimestriel (Octobre-Novembre-Décembre), avec le soutien de la Direction Générale de la Coopération Internationale (DGCI). Verantwoordelijke Uitgever : J. Vercruysse, 181-186.

**URBANEJA A., GONZALEZ-CABRERA J., ARNO, J. et GABARRA R., 2012.** Prospects for biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin. *Pest. Manag. Sci*, 1222p.

**VALLADARES G.R., 2007.** Leafminer parasitoids and pest management. *Cien.Inv.Agro* 34 (3), 167-185.

**VAN DEVANTER P., 2013.** Plant Research International, Fruits et Veg Tech. Vol 2, 150p.

## Références bibliographiques

---

- VAN ECK J., KIRK D.D. et WALMSLEY A.M., 2006.** Agrobacterium protocol. Seconde Edition, Kan Wang, Humana Press Inc. Volume 1, 507p.
- VARGAS H., 1970.** Observaciones sobre la biología y enemigos naturales de la polilla del tomate, *Gnorimoschema absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelichiidae). *IDESIA* **1**, 75-110.
- VAYSSIERES J.F., DELVARE G., MADES J.M et ABERLENC H.P., 2001.** Inventaire préliminaire des arthropodes ravageurs et auxiliaires des cultures maraichères sur l'île de la Réunion. *Int. J. Trop. Insect Sci* **21**, 1-22.
- VERCHER R., CALABUIG A.Y., et FELIPE C., 2010.** Ecología, muestreos y umbales de *Tuta absoluta* (Meyrick). *Phytoma Espana* **217**, 23-26.
- VERHEGGEN F. et FONTUS B., 2019.** First record of *Tuta absoluta* in Haïti. *Entomologica Generalis*. <http://handle.net/2268/234019>.
- VIEIRA M.M., 2007.** Mineira do tomateiro *Tuta absoluta* uma nova ameaça à produção de tomate. V seminário internacional do tomate d'industria, Mora, 23p.
- WILLIAMS I.H., 1994.** The dependence of crop production within the European Union on pollination by honey bees. *Agricultural Zoology Review* **6**, 229-257.
- WILLIAMSON B., TUDZYNSKI B., TUDZYNSKI P. et VAN KAN J.A.L., 2007.** *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*, 580p.
- WYCHUYS K., BORDAT D., DESNEUX N. et FUENTES QUINTERO L.S., 2013.** *Tuta absoluta* (Meyrick) 2 : Un ravageur invasif des cultures maraichères pour l'Afrique subsaharienne. COLEACP. Agritrop.Cirad. Fr.
- YOU M., XU D., CAI H. et VASSEUR L., 2005.** Practical importance for conservation of insect diversity in China. *Biodiversity and Conservation* **14**, 723-737.
- ZAID R., GAUTHIER N. et DJAZOULI Z.H., 2019.** Dynamique des populations et infestations de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* sur trois cultures maraichères en Algérie : influence de la plante hôte et des variations de la température. *Revue Agrobilologica* **9** (2), 1715-1730.

## Références bibliographiques

---

**ZARRAD K., CHAIB I., BENHAMOUDA A., BOUSLAMA T. et LAARIF A., 2017.** Chemical composition and insecticidal effects of *Citrus aurantium* of essential oil and its powdery formulation against *Tuta absoluta*. *Tunisian Journal of Plant Protection* **12**, 83-94.

**ZAPPALA L., SISCARO G., BIONDI A., MOLLA O., GONZALEZ-CABRERA J. et URBANEJA A., 2012.** Efficacy of sulphur on *Tuta absoluta* and its side effects on the predator *Nesidiocoris tenuis*. *J. Appl. Entomol*, 409p.

**ZELLA L. et SMADHI D., 2009.** Micro irrigation de la tomate sous serre. INRA, station de Baraki, Alger, 119p.

**ZIRI S., 2011.** Contribution à la lutte intégrée contre *Tuta absoluta* sur tomate en plein champ. Mémoire de Magister. ENSA El-Harrach, 92p.

---

# **Annexes**

---



## Annexes

### Annexe 3 : Résultats obtenus sur la variété Tavira (site d'Azeffoun)

dates	T°C	H%	Nbre œufs	Face sup	Face inf	Nbre œuf moyen	Larve	L1	L2	L3	L4	Chrysalide	Chrysalide moyen	Nbre adultes	Nbre mines
28 avril	26.4	53	1	1	0	0.006	1	0	1	0	0	0	0	4	32
5 mai	27.9	47	9	5	4	0.06	2	0	0	1	1	0	0	40	12
12 mai	31.1	97	9	3	6	0.06	9	4	1	1	3	0	0	18	17
19 mai	24.6	64	4	2	2	0.026	1	0	1	0	0	1	0.006	1	304
26 mai	28.3	72	6	2	4	0.04	5	0	1	2	2	2	0.013	20	256
02 juin	17.8	85	4	1	3	0.026	14	4	1	4	5	0	0	72	41
09 juin	22.4	79	3	1	2	0.02	16	3	2	6	5	1	0.006	41	61
16 juin	28.6	72	2	1	1	0.013	19	4	7	4	4	2	0.013	22	165
23 juin	32	63	0	0	0	0	22	7	9	5	1	0	0	10	268
30 juin	32	60	0	0	0	0	15	0	7	5	3	8	0.053	27	175
07 juillet	35.5	45	4	1	3	0.026	41	5	21	3	5	7	0.046	20	281
14 juillet	37,6	39	0	0	0	0	90	36	37	7	10	26	0.173	18	432

### Annexe 4: Résultats obtenus sur la variété cartier (site de Sidi-Namaâne)

dates	T°C	H%	Nbre œufs	Face supérieure	Face inférieure	Nbre œuf Moyen	Larves	L1	L2	L3	L4	Chrysalides	Chrysalides moyen	Nbre adultes	Nbre mines
28 Avril	27,6	47	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
05 mai	28,5	43	05	03	02	0,033	00	00	00	00	00	00	00	00	06
12 mai	30,2	93	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	02
19 mai	26,2	66	02	02	00	0,013	00	00	00	00	00	00	00	00	182
26 mai	28,3	72	01	01	00	0,007	00	00	00	00	00	00	00	15	21
02 juin	17,7	82	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	26	11
09 juin	22,4	79	02	01	01	0,013	02	01	01	00	00	00	00	17	196
16 juin	28,6	72	05	02	03	0,033	06	02	01	02	01	01	00	11	227
23 juin	29,9	64	07	04	03	0,047	11	05 03s	05s	01i	00	01s	0,007	03	377
30 juin	35,9	54	07	04	03	0,047	07	03 02i	00	04s	00	00	00	05	519
07 juillet	28,2	67	02	01	01	0,013	04	00	02 01i	01s	01s	00	00	02	461
14 juillet	38	61	00	00	00	00	04	03 02s	01	00	00	07 03s	0,047	00	351
21 juillet	30,7	64	00	00	00	00	08	06 03s	01s	01	00	00	00	00	151
28 juillet	36,2	63	03	01	02	0,020	10	02	04	03	01	00	00	00	159
04 août	32,6	69	05	00	05	0,033	12	01s	08 02s	02 01s	01	00	00	00	166

## Annexes

---

**Annexe 7 :** Différences entre une serre saine en début d'échantillonnage (photos à gauche), et une serre infestée par *T. absoluta* à la fin de l'étude (photos à droite) (ORIGINALE, 2015)



# Bulletin of Pure and Applied Sciences Section A - Zoology

---

July-December 2019  
Volume 38A, Number 2

(A Peer Reviewed and Refereed Journal)

Editor-in-chief:  
Dr. Sushil Kumar Upadhyay

Website:  
[www.bpasjournals.com](http://www.bpasjournals.com)



## Population Dynamics of Tomato Leafminer *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae), On Two Tomato Varieties Tomallow and Cartier in the Kabylia Region (Algeria)

<sup>1</sup>Chougar Safia

<sup>2</sup>Medjdoub-Bensaad Ferroudja\*

### Author's Affiliation:

<sup>1</sup>Laboratory of Production, Safeguarding endangered species and crops. Influence of climatic variations. Biology department. Faculty of Biological Sciences and Agronomic Sciences. Mouloud Mammeri University of Tizi-Ouzou 15000 (Algeria)

E-mail: Safia\_chougar@yahoo.fr

<sup>2</sup>Laboratory of Production, Safeguarding endangered species and crops. Influence of climatic variations. Biology department. Faculty of Biological Sciences and Agronomic Sciences. Mouloud Mammeri University of Tizi-Ouzou 15000 (Algeria)

E-mail: medjdoubferroudja@yahoo.fr

### \*Corresponding Author:

**Medjdoub-Bensaad Ferroudja**, Laboratory of Production, Safeguarding endangered species and crops. Influence of climatic variations. Biology department. Faculty of Biological Sciences and Agronomic Sciences. Mouloud Mammeri University of Tizi-Ouzou 15000 (Algeria).

E-mail: medjdoubferroudja@yahoo.fr

Received on 10.10.2019

Accepted on 22.12.2019

### Abstract:

The tomato leafminer *Tuta absoluta* is a potentially dangerous pest for growing greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill). The objective of this study is to follow the bioecology of the tomato leafminer on two hybrid varieties of tomato Cartier and Tomallow under greenhouse in the region of Azeffoun on the coast of Kabylia. The study showed that the evolution over time of the numbers of adult males of the leafminer is under the control of the climatic conditions, in particular the temperature and the air humidity. The presence of this pest was noted for most of the sampling period. Five generations are registered on both varieties. Observations indicate that there expresses a preference for the Tomallow variety. Otherwise, the infestation is more important on the intermediate and apical leaflets, the females of this pest express a preference for the underside of the leaflets to deposit their eggs and this for both varieties studied.

**Keywords:** *Tuta absoluta*, populations, tomato, variety, littoral, Kabylia

## 1. INTRODUCTION

Among the insect pests attacking the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) *T. absoluta* who is a microlepidopteran belonging to the family Gelechiidae classified in Annex A1 of the EPPO (quarantine organism of the European and Mediterranean organization) (Guedes and Picanço, 2012). Indeed, the tomato miner *T. absoluta* settled in several foci along the Mediterranean coast from 2007 and considered like an invasive species (Desneux and al., 2010). In Algeria its first appearance was in Mostaganem in March 2008, then it spread in the rest of the country to Tunisia during the same year (Guenaoui, 2008, Lebdi-Grissa and al., 2011). It causes losses of 80 to 100% in the tomato growing (Alili and al., 2014). Blancard and al. (2009) recalls that *T. absoluta* is a pest with great potential for spread, mainly related to its biological characteristics, its ability to acclimate and also to trade. The management of this pest is based mainly on prophylactic measures, early detection by sex pheromone

traps and the use of insecticides (Collavino and Gimenez, 2008). According to Siquiera and *al.* (2000), the insect is highly resistant to certain insecticides.

In view of the serious damage caused to greenhouse tomato cultivation, we proposed to carry out a study on this pest in a region on the Kabylia's coast (Azeffoun). The purpose of this study is, firstly, to follow the population dynamics of this insect and to determine the number of generations as well as the rate of infestation on the different leaf stages for two tomato's varieties Cartier and Tomallow grown in the same greenhouse, to better guide the fight.

## **2. MATERIAL AND METHODS**

The study is conducted under greenhouse conditions on two hybrid tomato varieties Cartier and Tomallow, in Azeffoun a Kabylia's littoral area. The study area is located in the village of M'letta 4km from the town of Azeffoun at an altitude of 50m 36° 53'46 " North Latitude and 4° 25 '13" East Longitude. The observations are focused on the population dynamics of *T.absoluta* to determine the number of generations and to anticipate the most resistant variety to this pest over a period stretching from April to August 2014.

### **Sampling technique**

Capture of adult males of *T. absoluta* pheromone traps are sexual traps, they are used to capture adult males. The traps used during the experiment are water traps, which are circular containers, containing water mixed with a little soap, and a pheromone, which is attached to the top of the container. The male butterflies thus attracted by the synthetic female hormone are drowning. The traps are placed in the middle of the greenhouse at 1.5 m height of the plants, the contents of the trap is renewed each week, and the renewal of pheromones every 5 weeks.

### **Observation of the different stages of development of *T. absoluta***

Throughout the experimental period, weekly tomato leaf samples are taken for each of the two varieties. The sampling is random. 50 leaves of each variety are taken from each leaf stage (apical, intermediate and basal). Samples are put in labeled plastic bags and possibly put in the cool to avoid drying out. The observation is made in the laboratory under a binocular loupe and the different stages of development of the leafminer (eggs, larvae and pupae) are noted. Also note the installation of a thermohygrometer in the greenhouse to record temperature and humidity.

### **Statistical analyzes**

The linear correlation coefficient is calculated to determine if there is a relationship between the number of male adults and the climate conditions of the greenhouse. Analysis of variance (ANOVA) is calculated for ovi position between the two lower and upper sides of the leaflets, the infestation of the different leaf stages and the choice of the variety when the differences are significant, the calculation is followed by the Newman and Keuls test to determine homogeneous groups with the software Stat Box version 6.4.

## **3. RESULTS**

The number of male adults caught by the trap, the temperature values and the humidity levels recorded in the study greenhouse (Fig. 1)

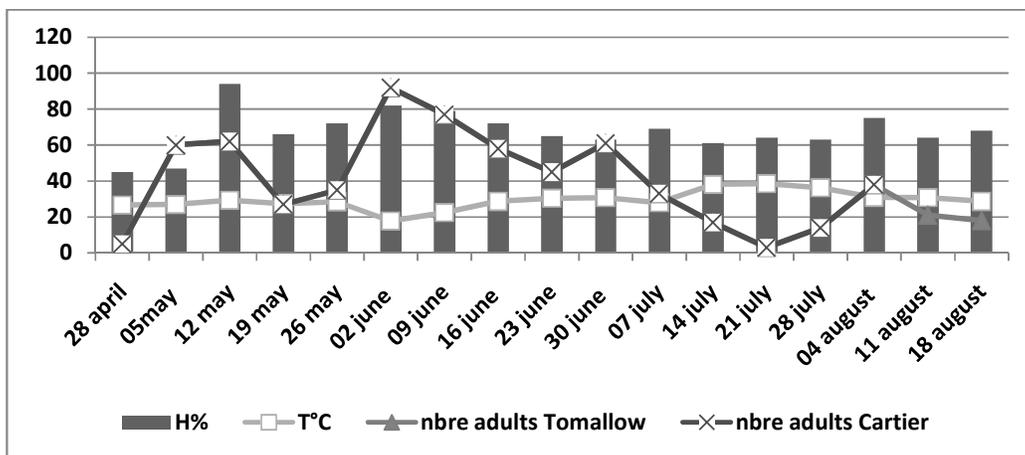


Figure 1: Temporal evolution of the number of male adults caught and temperature variations and moisture levels in both tomato varieties Cartier and Tomallow.

The number of male adults caught in this greenhouse has fluctuated during all months of sampling. After one week of setting up the pheromone traps 5 individuals are caught at a temperature of 26.5°C and a humidity of 45%. A maximum of 92 male butterflies were noted on June 2 at 17.7°C and 82% humidity. The minimum of 03 individuals is observed on July 21 when the temperature reached 38.5°C with 64% of humidity. To check if there is a significant relationship between the temperature and the number of adult males caught from *T. absoluta*, the linear regression test is calculated, with a regression coefficient  $y = 3.531x + 145.2$  with  $R^2 = 0.533$  and  $y = 3.537x + 142.9$  with  $R^2 = 0.493$ ,  $R^2 = 0.75$ .

**Temporal evolution of the number of eggs laid on leaflets in both tomato varieties**

On the Cartier variety, the density of eggs laid by leaflet has several peaks throughout the study period. An average of 0.02 eggs/leaflet is counted during only the second week of observation. Subsequently 5 peaks are counted and the highest density of 0.04 eggs/leaflet is recorded on 19 May. For the Tomallow during the first two weeks of sampling, the leaflets are totally devoid of eggs. Oviposition did not begin until May 12<sup>th</sup> (Fig. 2). The number of eggs laid per leaflet rose in the fourth week to reach the peak of 0.086 eggs / leaflet. From this week, a remarkable fall is observed with a succession of three peaks until not having any eggs during the last week of observation. Tomallow's variety is most infested then the Cartier's variety ( $p=0,00$ ) Tomallow is classed in the group A by the Newman and Keuls test.

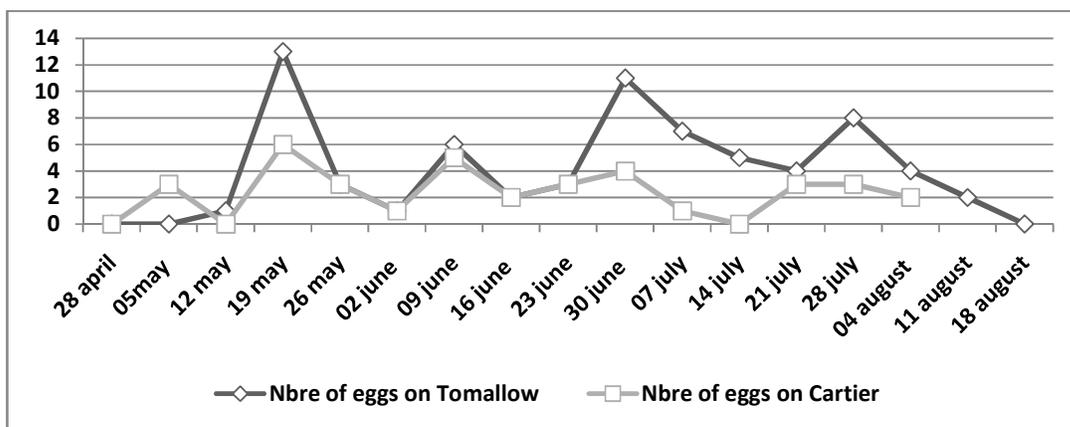


Figure 2: Temporal evolution of the number of eggs laid on the leaflets in the two tomato varieties Cartier and Tomallow.

**Temporal evolution of the number of eggs laid on the lower and upper sides of the leaflets in both tomato varieties**

Subsequently, 04 peaks are visible on the graph representing the upper face, the first of which is spread over two consecutive weeks on the dates of 19 and 26 May. The second peak is observed on June 09, the two peaks have a maximum value of 0.013 eggs / leaflets. A density of smaller eggs laid with a value of 0.006 eggs/leaflets representing the third peak noted for June 30 and for the fourth peak that spans three consecutive weeks at the dates of 21, 28 July and 04 August. Regarding the underside of leaflets 05 peaks are recorded. A value of 0.02 eggs/leaflet is marked for three peaks recorded on May 05, June 09 and during the two consecutive weeks on June 23 and 30. A maximum value of 0.026 eggs/leaflet is noted on May 19<sup>th</sup>. The fifth peak is an estimated density of 0.013 eggs/leaflet that spans two successive weeks on the dates of July 21<sup>st</sup> and 28<sup>th</sup>.

On the variety Tomallow infestation is observed on the faces of the leaflets only from the third week of observation for the lower faces and the fourth week for the upper faces. Four peaks are observed on the representative graph of the upper face, the first peak with 0.013 eggs/leaflet noted on 19 May. The second peak is recorded on June 09 with an average density of 0.02 eggs/leaflets while the third and fourth peaks have the same value of 0.026 eggs/leaflets recorded respectively on July 07<sup>th</sup> and 28<sup>th</sup>.

For the underside of leaflets, 04 peaks are also observed with the first recorded on May 19 with an average of 0.073 eggs/leaflets. An average of 0.02 eggs/leaflets and 0.066 eggs/leaflets noted respectively on 09<sup>th</sup> June 30<sup>th</sup>. The last peak with 0.026 eggs/leaflet is recorded on July 28<sup>th</sup> (Fig. 3) The lower face is more infested than the upper face significant difference  $P = 0.0$  lower face classified in group A by Newmann and Keuls test.

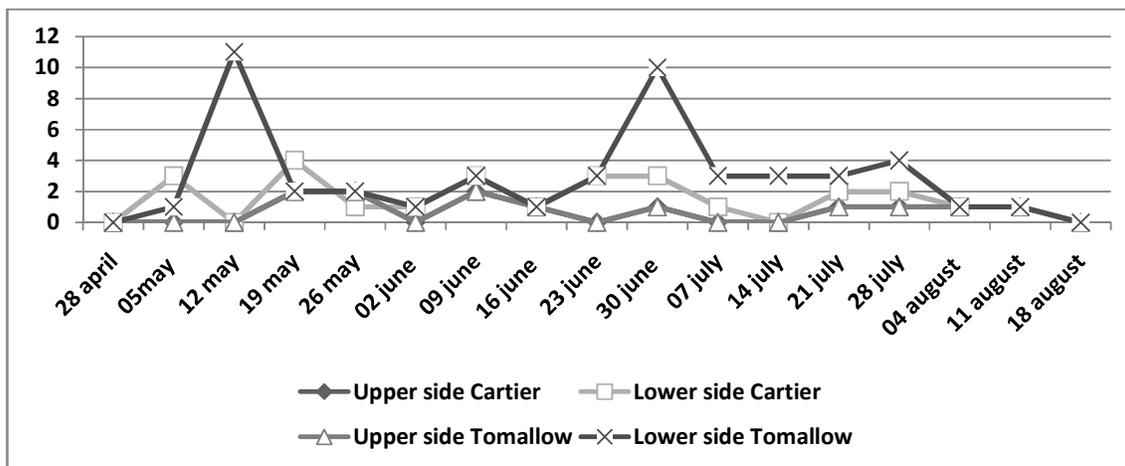


Figure 3: Temporal evolution of the number of eggs laid on the upper and lower sides of the leaflets of the two tomato varieties Cartier and Tomallow.

**Temporal evolution of the number of 4 larval and pupae stages on both tomato varieties**

The first L<sub>1</sub> larvae is observed on May 26<sup>th</sup> and three peaks are noted from this date. A single larva is observed over three consecutive weeks at the dates of 26 May, 02 and 09 June for the first peak and at the dates of 23 and 30 June for the second peak. The third peak with a maximum of 8 larvae L<sub>1</sub> is recorded on July 21<sup>st</sup>, and from this date a gradual decline in L<sub>1</sub> is noted to cancel at the end of the study on the Cartier's variety. Second instars' larvae are observed for the first time on 05 May. 04 peaks are noted of which the first three corresponding to the dates of May 12, 02 and June 23 marked by 2 L<sub>2</sub> larvae and the fourth largest peak with 05 larvae. A gradual decline to a single larva is noticed at the last sampling week. The presence of 3rd instars' larvae is noted during the second week with a 3 invidious, 3 other peaks succeed one of which is noted a single larva L<sub>3</sub> recorded on May 19 for the first, 09 and 16 June for the second and July 28 for the third. No L<sub>3</sub> larva was observed during the last week of observation. It's only from the fourth week that the fourth instars' larvae is noted. 3 peaks are

with 2 L<sub>4</sub> larvae for the last peak which spans two consecutive weeks on the dates of 21<sup>st</sup> and 28<sup>th</sup> July. No L<sub>4</sub> larvae were seen during the last week of observation.

In the first five weeks of the study no pupa is observed. The first 03 pupae are observed on June 2nd and only 2 pupae are counted during the last two weeks of observation (Fig. 4).

On the Tomallow variety, the 1st larvae of the 1st L<sub>1</sub> stage are observed on May 19th, then no larvae are observed during the following three weeks. From June 30, an increase in the number of L<sub>1</sub> is noticed to reach 10 larvae noted on July 21st. No L<sub>1</sub> is observed in the last week of the study.

The first larva of the 2nd stage L<sub>2</sub> is observed on May 26th and their absence is noticed during the first two weeks that follow. Two peaks are recorded on June 30 with 15 larvae and the other on July 21 with 16 larvae. A total absence of L<sub>2</sub> is noted during the last three weeks of observation. The third stage larvae L<sub>3</sub> are totally absent for the first 6 weeks of sampling. L<sub>3</sub> are noted between 09 June and 28 July to reach a peak of 11 larvae registered on 14 July. A total absence of L<sub>3</sub> is noted during the last three weeks of the study (Fig. 4). During the first five weeks of observation no fourth instars larva L<sub>4</sub> is noted. The first L<sub>4</sub> was recorded during the two consecutive weeks on June 2nd and July 9th and no larvae were noted within the next three weeks. The presence of L<sub>4</sub> larvae is noted in the July samples, with a maximum of 5 hoppers recorded on July 14th. L<sub>4</sub> are absent in the last three weeks.

The first pupa is noted on May 19th. During the period between May 26 and July 07, the presence of single pupae on June 23 is marked. One of 5 pupae is observed on July 14th. The absence of pupae during the last two weeks of observation is noted.

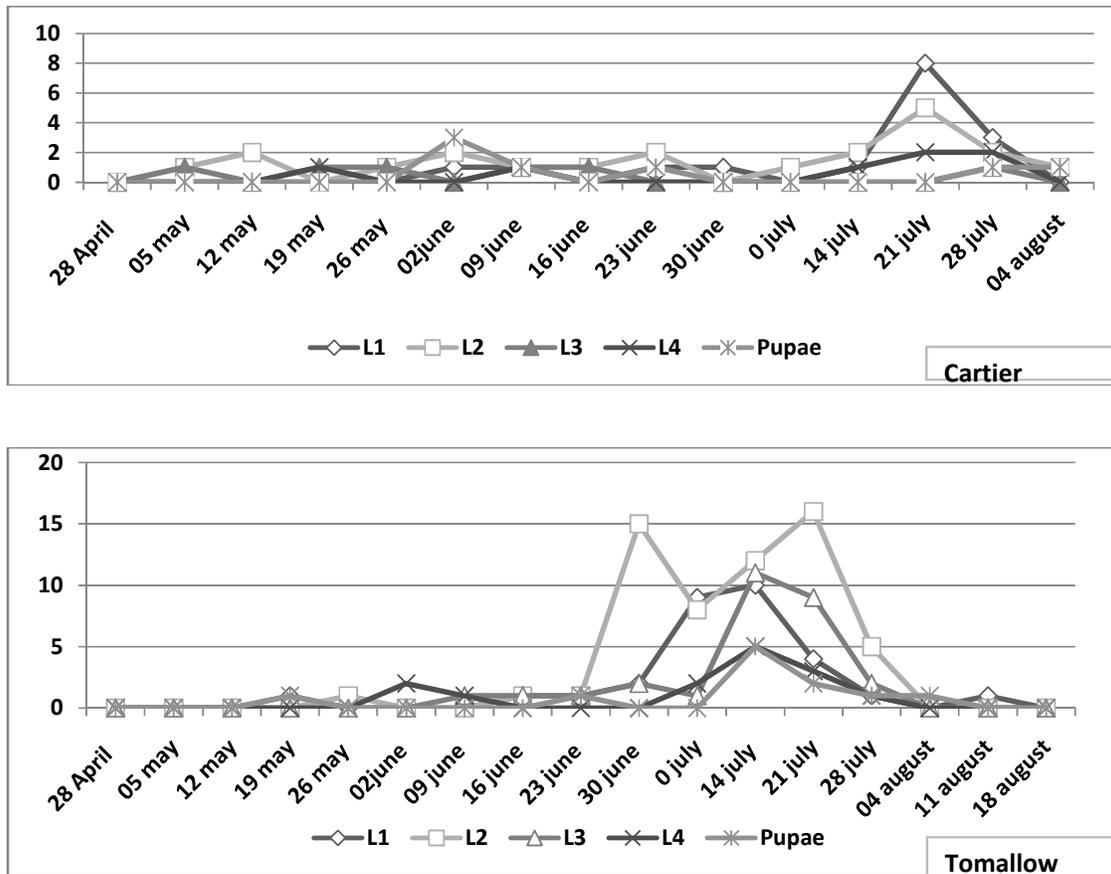


Figure 4: Temporal evolution of the number of the 4 larval and pupae stages of the two varieties Cartier and Tomallow.

**Temporal evolution of egg distribution by height of plants in both tomato varieties**

On the Cartier variety, the histogram clearly shows that the *T. absoluta* females prefer to lay on the intermediate leaves with respect to the other apical and basal leaves. On the Tomallow variety the histogram clearly shows that *T. absoluta* females prefer to lay on basal leaves compared to the other two leaf stages (middle leaf and base leaves) (Fig. 5). The upper and middle floors are the most infested by this pest, compared to the basal stage  $P=0,00425$ , these two stages are classified in the homogeneous group A by Newman and Keuls test

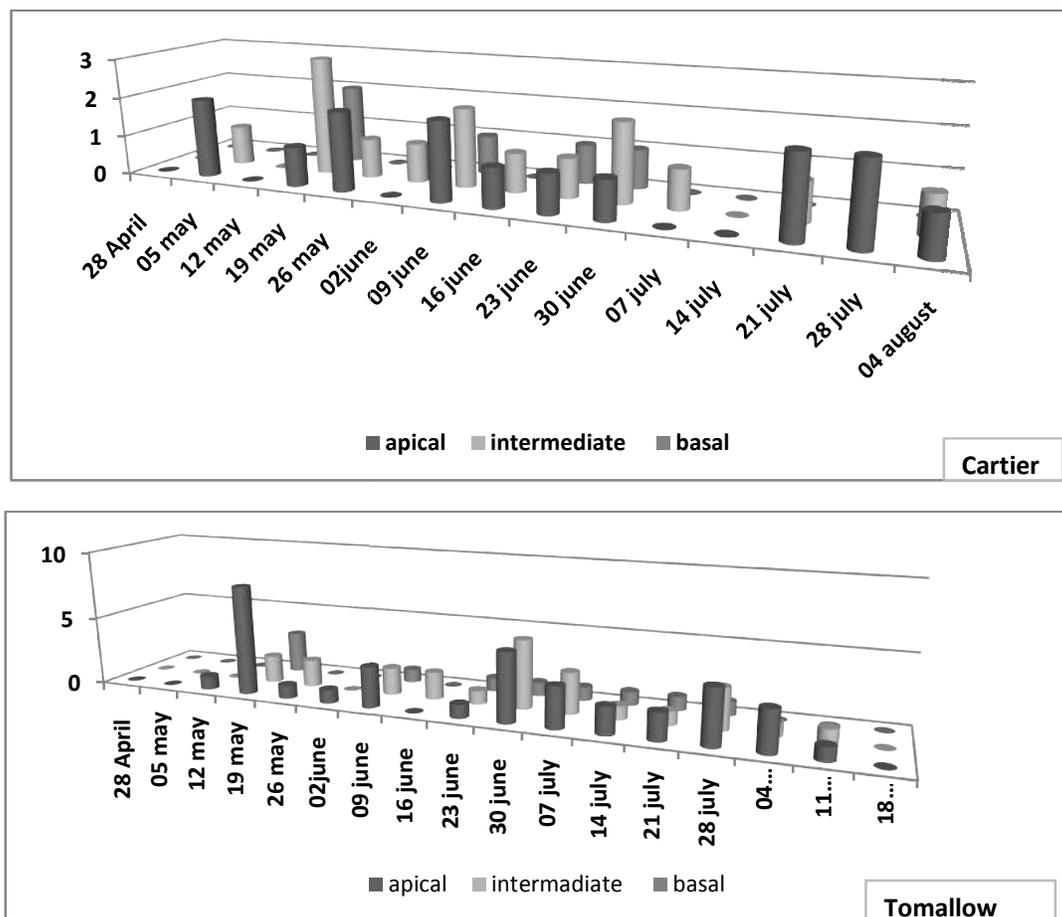


Figure 5: Temporal evolution of the distribution of eggs according to the height of the plants in the two tomato varieties Cartier and Tomallow.

**4. DISCUSSION**

Monitoring the population dynamics of the tomato leafmineris carried out on two tomato varieties under greenhouse Cartier and Tomallow. The sexual pheromone trap allowed the capture of 627 males on the Cartier and 666 males on the Tomallow variety respectively. The results obtained by the linear regression line show that temperature and humidity influence the number of adults caught in the greenhouse. Our results corroborate those of Estay (2009) who indicate that *T. absoluta* populations are not very active, do not mate and do not lay enough eggs at low temperatures.

Guenauoi (2008) shows that tomato leafminer populations are regulated by climatic factors, in particular temperature and humidity. Jacobson (2012) states however that 10°C is the lower end of the favorable temperature range for the development of this insect. Our results are comparable with the reports of producers in southern Italy who observed that the population of *T. absoluta* is large in the

early summer and at its end with respite to summer, which also joins the results of Silva (2008). Reminding that the life span is 10 to 15 days for females and 6 to 7 days for males (Estay 2000).

According to Mahdi and al. (2011), *T. absoluta* is a polyvoltine species that can have 10 to 12 generations per year. The duration of the development cycle greatly depends on environmental conditions, with an average development time of 76.3 days at 14°C, 39.8 days at 19.7°C and 23.8 days at 27.1°C (Barrientos and al., 1998) Life span ranges from 10 to 15 days for females and 6 to 7 days for males. During the months of study, we found an overlap of generations on both varieties.

Viaene (1992) recalls that the duration of a generation depends on climatic factors and the host plant. Our results show the existence of 5 generations for the two varieties. Three generations have been highlighted on tomato under glass in Biskra (Algeria) (Allache and al., 2012). The overall analysis of the results obtained on the different larval stages on the two varieties reveals that the number of larvae of *T. absoluta* becomes more and more important, going from the beginning to the end of the culture. During our experiment, the larvae of the L<sub>2</sub> stage are the most frequent compared to the larvae of the 3 other stages L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> and L<sub>3</sub>. Larvae of the L<sub>4</sub> stage are less frequent, we counted an average number of 07 larvae for the variety Cartier and 13 larvae for the variety Tomallow, which is explained by the studies undertaken by Price (1984) which shows that during From the fourth stage, there is more competition for food so the larvae need to spread on the tomato plant and evolve. However, during our study the time between 02 successive samplings is one week, a sufficient time to allow the larva L<sub>4</sub> to turn into a chrysalis, this is confirmed by Trottin Caudal and al. (2010) who reports that at a temperature between 27°C and 30°C, the development time of larval stages is between 9.5 and 11 days. Indeed, throughout our sampling the average temperature in the greenhouse was 28.1°C.

Meriguet and Zagatti (2001) reported that pupation can occur on the ground, on the leaves or inside mines. For this reason, during our study, we noted a low presence of pupae on the leaves. As for the varietal preference, our results show the two varieties studied are attacked by *T. absoluta* with a preference for Tomallow variety on which the sampling time is longer, it is 17 weeks compared to the Cartier variety of 15 weeks before the total destruction of the crop by the damage caused by the leafminer which are observed on the foliage forming galleries and on the ripe and immature fruits by forming exit holes of the larvae of the last stadium. Shultz (1983) explains that the heterogeneity of foliage quality between leaf stages is binding for insects, making high quality foliage difficult to find. Larvae are forced to move frequently for quality foraging, this may explain the difference in spatio-temporal distribution of populations on both varieties and the three leaves. The reduced egg-laying on the apical leaves may be due to their exposure while the females are often looking for shelter to protect their eggs from various climatic contingencies. While Lacordaire and Feuvier (2010) found that the *T.absoluta* damage on the lower floors is significantly higher than the attacks of the middle and upper stages of the plant. On the other hand for Hunter and al. (1991) a higher infestation is observed more on the apical leaves than on the basal and intermediate leaves. The very high infestation rate could also be explained by migrations of the larvae to flee the aggressions either by stripping on basal leaves, heat or pesticides.

With regard to the lay rates on both upper and lower faces, the Newman and Keuls test allowed us to conclude that the females have a preference for laying on the lower faces for the two varieties Cartier and Tomallow, which is explained by the shelter that females provide to their eggs by fleeing the upper faces most exposed to the various external threats. According to Bodendörfer and al. (2011), which certify that it is often the underside that is most infested with respect to the upper surface of the leaves. In addition, Andrew and al. (2013) demonstrate that eggs are robust but are located in exposed positions on the leaf surface, where they are vulnerable to parasitoid attacks and moreover Torres and al. (2001). Indeed, at the time of egg laying, the female always selects the most favorable sites for the development of her offspring and for the protection of eggs from bad weather and predators.

Prophylactic measures and biotech control would be needed to assess the risks of *T. absoluta*. The results of the life cycle examination of this pest performed by Biondiand al. (2012) indicate that

control measures should target larvae without touching the tomato. Urbaneja and al. (2012) propose several biological control agents that can attack larvae of *T.absoluta* in leaves including predatory bugs, *N.coristenuis* and *M.pygmaeus*. This non-polluting control method would regulate the attacks of this pest on the tomato crop, effectively without causing adverse effects on human health and the environment.

## REFERENCES

1. Allache F., Houhou M.A., Osmane I., Naili L. and Demnati F., 2012. Suivi de l'évolution de la population de *Tuta absoluta* Meyrick (Gelechiidae), un nouveau ravageur de la tomate sous serre à Biskra (sud-est d'Algérie) *Entomologie faunistique - Faunistic Entomology* 2012 65, 149-155
2. Alili D., Doumandji A., Benrima A., Doumandji S.E. et Doumandji B., 2014. *Tuta absoluta* (meyrick, 1917) sous serre et au champ à Fouka marine : piégeage par phéromones et par filet insect-proof. *Bull. Soc. zool. Fr.*, 2014, 139(1-4) : 71-81.
3. Andrew G.S.C., Mathers J.J., Blackburn L.F., Korycinska A., Luo W., Jacobson R.J., and Northing P., 2013. Population development of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under Simulated UK Glasshouse Conditions. *Insects* 4(2): 185-197
4. Barrientos Z.R., Apablaza H.J., Norero S.A. et Estay P.P., 1998. Threshold temperatur£ and thermal constant for development of the southamerican tomato moth, *Tuta absoluta* (Lepidoptera:Gelechiidae). Departamento de Ciencia Vegetal, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. *Ciencial nvestigación Agraria*, Vol.25, N°3, Pp.133-137.
5. Biondi A., Desneux N., Siscaro G. and Zappalà L., 2012. Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: Selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius. laevigatus* .*Chemosphere* . 812p.
6. Blancard D., Latterot H., Marchaud G. and Candresse T., 2009. Les maladies de la tomate, identifier connaitre et maitriser. Ed. QUAE. 157p.
7. Bodendörfer J., Guy C., Christophe A. and Fabienne E., 2011. *Tuta absoluta*, mineuse de la tomate, perspectives 2011. *Fredoncorse*, 2p.
8. Collavina M. D. and Gimenez R. A., 2008. Efficacy of imidacloprid to control the tomato borer (*Tuta absoluta* Meyrick). *Idesia* (Chile) 26(1). Pp 65-72.
9. Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K.A.G., Burgio, G., Arpaia, S., Narvaezvasquez, C.A., Lez-Cabrera, J.G., Ruescas, D.C., Tabone, E. Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T. and Urbaneja, A., 2010.-Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *J. Pest. Sci.*, 83, 197-215.
10. Estay P., 2009. Polilladel Tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). docs/Informativos/Informativo 09.pdf (accessed on 10th April 2009).
11. GuedesR. N. C. and PicançoM. C., 2012. The tomato borer *Tuta absoluta* in South America: pest status, management and insecticide resistance. *EPPO Bulletin* 42(2), p. 211-216.
12. Guenaoui Y., 2008. Première observation de la mineuse de la tomate invasive, dans la région de Mostaganem, au printemps 2008. *Phytoma*, N°:617. 18-19.
13. Hunter A. F., Martin J. and Lefhowie Z., 1992. Foliage quality changes during canopy development of some northern hardwood trees biology development. *Canada Oecologia*. 89 (3) 316-323.
14. Jacobson R.J., 2012. Rob Jacobson Consultancy Ltd., Leeds, UK, personal communication. tomato borer (*Tuta absoluta* Meyrick). Ed *Idesia*.120 p.
15. Lacordaire A I. and Feuvrier E., 2010. Tomate, Traquer *Tuta absoluta*. Ed *Phytoma*. 632p.
16. Lebdi-Grissa K., Skander M., Mhafdhi M., and Belhadj R., 2010. "Lutte intégrée contre la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) en Tunisie." *Entomologie faunistique - Faunistic Entomology* 63 (3): 125-132.
17. Mahdi K., Doumandji-Mitiche B. and Doumandji S., 2011. Effets de la températuresur le cycle de développement de la mineuse de la tomate *T.absoluta* dans l'Algérois. *AFPP*.

18. Meriguet B. and Zagatti P., 2001- Inventaire entomologique sur l'Aqueduc de la Dhuis de Carnetin à Courtry (Seine et Marne), office pour l'information éco-entomologique, réalisé pour l'agence des espaces verts de la région Ile-de-France. 9 p.
19. Price P.W., 1984. *Insect Ecology*, 2nd ed.; John Wiley & Sons: New York, NY, USA.
20. Silva S., 2008. Reproductive biology factors influencing the behavioral management of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). Dissertação a presenta da aoprograma de pos-graduação em Entomologia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco. 75p.
21. Siqueira H.A.A., Guedes R.N.C. and Picanço M.C., 2000b. Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agric. For. Entomol.*, **2**(2), 147-153.
22. Schultz J.C., 1983. Impact of variable plant defensive chemistry on susceptibility of insect to natural enemies. *Am Chem Soc*, Washington, 55.
23. Torres J.B., Faria C.A., Evangelista W.S. and Pratisoli D., 2001. Within- plant distribution of the leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) immatures in processing tomatoes, with notes on plant phenology. *International Journal of Pest Management* 47(3), p. 173-178.
24. Trottin Caudal Y., Chabriere C. and Terrentroy A., 2010. *Tuta absoluta*, Biologie du ravageur et stratégies de protection : Situation actuelle et perspectives. *arquefou*, 29 p.
25. Urbaneja A., González-Cabrera J., Arnó, J. and Gabarra R., 2012. Prospects for biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin. *Pest. Manage. Sci.*, **68** (9), 1215-1222.
26. Viaene N., 1992. Application de buprofézine dans la lutte contre l'aleurode floconneux (*Aleurothrixus floccosus* Mask) en pépinière de *Citrus* au Zaïre. *Fruits*, 47 (2), 303-308.

## Résumé :

L'étude a porté sur la bioécologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* dans des serres de tomate dans les régions de Azzefoun et Sidi Naâmane (Tizi-Ouzou). Le suivi est réalisé sur quatre variétés de tomate (Cartier, Tavira, Tomallow et Dawson). Les résultats montrent l'existence de quatre périodes de vols (4 générations) sur les variétés Tomallow et Cartier et 3 périodes de vol sur la variété Tavira dans la région de Azzefoun. Trois périodes de vols sont rapportées sur les variétés Tavira et Dawson ; sur la variété Cartier seulement 2 périodes de vol sont enregistrées, dans la région de Sidi Naâmane. Les deux faces foliaires, inférieures et supérieures sont attaquées par les larves de *T.absoluta* présentant relativement le même degré d'infestation. Les femelles de *T.absoluta* marquent une préférence d'oviposition sur les feuilles médiane des plants de tomate, comparés aux feuilles apicale et basales. Les larves de la mineuse de la tomate s'alimentent en créant des mines d'extension mésophylliennes affectant la capacité photosynthétique avec un nombre maximal de 714 mines enregistré sur la variété Cartier (Azzefoun). L'inventaire des invertébrés réalisé au sein de la serre de variété Cartier à Azzefoun par l'utilisation du filet fauchoir, les pots Barber et les pièges aériens jaunes nous a permis de capturer 76 espèces réparties en 46 familles, appartenant à 16 ordres et à 6 classes d'invertébrés. Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon sont assez élevées, elles varient de  $H' = 2,68$  bits à  $H' = 4,84$  bits. L'équitabilité obtenue pour chaque type de piège varie de  $E = 0,53$  à  $E = 0,87$ , ces valeurs tendent vers 1, ce qui traduit un équilibre entre les espèces du milieu. La toxicité des huiles essentielles étudiées à l'égard des larves du troisième et quatrième stade de *T.absoluta*, a permis de constater que la toxicité moyenne des larves  $L_3$  et  $L_4$  augmente proportionnellement avec les doses et les huiles essentielles utilisées ainsi que la durée d'exposition. Les valeurs obtenus pour les DL50 calculées après 24 heures d'exposition, nous ont permis de conclure que les huiles essentielles testées présentent une efficacité la plus importante pour *E. globulus*, *E. radiata*, *E. citronella*, suivies de *C.parasidi*, *C.limonom*, *T.vulgaris*, *M.piperita* et *O.basilicum* sont moins toxiques.

**Mots clés :** *Tuta absoluta*, inventaire, variétés, tomate, invertébrés, huiles essentielles, Tizi-Ouzou.

## Summary:

The study focused on the bioecology of the *Tuta absoluta* tomato leafminer in tomato greenhouses in the regions of Azzefoun and Sidi Naâmane (Tizi-Ouzou). Monitoring is carried out on four varieties of tomato (Cartier, Tavira, Tomallow and Dawson). The results show the existence of four flight periods (4 generations) on the Tomallow and Cartier varieties and 3 flight periods on the Tavira variety in the Azzefoun region. Three flight periods are reported on the Tavira and Dawson varieties; on the Cartier variety only 2 flight periods are recorded, in the Sidi Naâmane region. Larvae of *T.absoluta* with relatively the same degree of infestation attack the two leaf sides, lower and upper. Females of *T. absoluta* show a preference for oviposition on the middle leaves of tomato plants, compared to the apical and basal leaves. The larvae of the tomato leafminer feed by creating mesophyllian extension mines affecting the photosynthetic capacity with a maximum number of 714 mines recorded on the Cartier variety (Azzefoun). The inventory of invertebrates carried out within the Cartier variety greenhouse in Azzefoun by the use of the mowing net, the Barber pots and the yellow aerial traps enabled us to capture 76 species divided into 46 families, belonging to 16 orders and 6 classes of invertebrates. The values of the Shannon diversity index are quite high, they vary from  $H' = 2.68$  bits to  $H' = 4.84$  bits. The fairness obtained for each type of trap varies from  $E = 0.53$  to  $E = 0.87$ , these values tend towards 1, which reflects a balance between the species in the environment. The toxicity of the essential oils studied with regard to the third and fourth instar larvae of *T. absoluta*, has shown that the average toxicity of the  $L_3$  and  $L_4$  larvae increases proportionally with the doses and the essential oils used as well as the duration of exposure. The values obtained for the LD50 calculated after 24 hours of exposure, allowed us to conclude that the essential oils tested have the most important efficacy for *E. globulus*, *E. radiata*, *E. citronella*, followed by *C.parasidi*, *C.limonom*, *T.vulgaris*, *M.piperita* and *O.basilicum* are less toxic.

**Key words:** *Tuta absoluta*, inventory, varieties, tomato, invertebrates, essentials oils, Tizi-Ouzou.