



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم

Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم العلوم الزراعية

Département d'Agronomie

## Thèse de Doctoraten Sciences

Présentée en vue d'obtenir le grade de Docteur en Sciences agronomiques

### Thème

**Etude des potentialités des entomophages autochtones en vue de lutter contre le nouveau ravageur de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep. :Gelechiidae) dans la région du sud-est algérien**

Présentée par : M. Abderrahmène DEHLIZ

Devant le jury composé de :

BERKANI Abdellah,	Professeur, Université de Mostaganem,	Président
GUENAOUI Yamina,	Professeure, Université de Mostaganem,	Directrice de Thèse
BELKAHLA Hadjira,	Professeure, Université de Blida,	Examinatrice
YOUCEFBENKADA Mokhtar	Professeur, Université de Mostaganem,	Examineur
LAAMARI Malik,	Professeur, Université de Batna,	Examineur
VERCHER Rosa,	Professeure, Université Polytechnique de Valence (Espagne),	Examinatrice

Année universitaire 2015/2016

## Dédicace

*Ce travail est dédié :*

- *À l'âme de ma mère. Qu'elle repose dans le vaste paradis de Dieu le clément et le miséricordieux.*
- *À mon épouse Wassima et mes enfants Heussam, Safa et Marcua.*
- *À mon père, mes sœurs et mes frères.*
- *À l'équipe de protection des végétaux de la station expérimentale de l'INRAA de Sidi Mehdi: Dr Lakhdari Wassima, M<sup>mes</sup> Hammi Hamida, M<sup>lik</sup> Randa et Soud Adila.*

*Abderrahmène*

## Remerciements

Je tiens sincèrement à remercier ma directrice de Thèse, la Professeure Guénaoui Yamina, d'avoir accepté de diriger mes travaux de recherche de Doctorat, pour ses conseils, sa patience, sa disponibilité et ses encouragements tout au long de mes études universitaires. Je lui suis reconnaissant pour les longues heures qu'elle a passées à lire et relire pour corriger les premières versions de ce manuscrit.

Je remercie la Pr Verdu M. J. de l'IVIA « Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias » de l'Espagne pour l'identification à titre gracieux de nos spécimens de parasitoïdes.

Je remercie également le président du jury, le Professeur Berkani Abdellah, d'avoir accepté de présider mon jury. Je suis sûr que ses critiques et ses conseils seront constructifs.

J'adresse aussi mes remerciements les plus sincères aux examinateurs Pr Youcef Benkada Mokhtar, de l'université de Mostaganem, Pr Belkahla Hadjira de l'université de Blida, Pr Laamari Malik de l'université de Batna et Pr Vercher Rosa de l'UPV de Valence (Espagne), d'avoir accepté de juger ce travail. Leurs commentaires scientifiques seront utiles.

Mes sincères remerciements vont également à M. le Directeur de l'INRAA, le Pr Chahet Fouad qui a toujours encouragé les chercheurs à continuer leur formation ainsi qu'au Directeur de la station expérimentale de l'INRAA de Sidi Mehdi, dans laquelle j'exerce, M. Hafouda Lamine et le Chef de sa division agronomie saharienne, Dr Allam Abdelkader ainsi que tout son personnel pour l'aide qui m'a été apportée au cours de la réalisation des travaux de cette Thèse.

Tous les membres de l'équipe de protection des végétaux de la station de l'INRAA de Sidi Mehdi: Lakhdari Wassima, Hammi Hamida, M'lik Randa et Soud Adila, ont contribué à différents travaux de recherche au champ comme au laboratoire. Je leur suis reconnaissant.

Je remercie tout particulièrement, mon épouse et mes enfants pour le soutien constant et la patience qu'ils m'ont témoignés et sans lesquels ce travail n'aurait jamais été réalisé sans oublier mon père, mes frères et sœurs, pour leur soutien moral.

## Résumé

L'objet de cette étude consiste à établir une certaine réalité des conditions de culture de la tomate et de la stratégie de sa protection phytosanitaire dans une région saharienne très différente du nord côtier depuis l'invasion de l'Algérie par *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera : Gelechiidae). Cet insecte originaire d'Amérique latine qui est apparu pour la première fois à Mostaganem en 2008 s'est dispersé très rapidement vers d'autres régions de production de tomate y compris au sud du pays qui a été fortement touché parce que les conditions climatiques lui sont très favorables.

Le travail se compose de deux parties complémentaires: une 1<sup>ère</sup> partie qui traite de la dynamique des populations sous serre avec une étude sur la bioécologie de la mineuse en conditions contrôlées et une 2<sup>ème</sup> partie qui concerne les potentialités des ennemis naturels autochtones associés à *T. absoluta*. Nous avons réalisé un inventaire des espèces antagonistes (prédateurs et parasitoïdes) avec une évaluation sur le terrain du taux de parasitisme global (toutes espèces confondues) et étudié, en conditions contrôlées (T= 25 °C, HR = 60 ± 10% et un éclairage de 16 h /24 h), les paramètres biotiques des deux espèces parasitoïdes dominantes.

Les conditions sous serres permettent d'avoir jusqu'à six générations par saison de culture. Il existe une corrélation entre le niveau des populations des mâles capturés dans les pièges et le niveau des populations larvaires. Les paramètres biotiques de *T. absoluta* en conditions contrôlées (température de 25° C, une HR= 56 ± 10 % et une photopériode de 16 h/24 h) indiquent une durée de développement de 24 jours, une fécondité de 72 œufs/femelle, un taux d'accroissement potentiel ( $r_m$ ) de 0,05 et un temps de doublement de la population (T) de 06,25 jours. L'inventaire des ennemis naturels de *T. absoluta* est composé de trois prédateurs avec deux espèces dominantes *Nesidiocoris tenuis* Reuter et *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera : Miridae) et cinq parasitoïdes Hyménoptères. Il s'agit de quatre espèces d'Eulophidae : *Necremnus artynes* (Walker), *Stenomesus* sp. (Westwood), *Hemiptarsenus zilahisebessi* (Erdos), *Neochrysocharis formosa* (Westwood) et d'une espèce de Braconidae : *Bracon hebetor* (Say). L'étude de la biologie des deux premières espèces montre que le succès parasitaire exprimé en nombre de descendants de chaque femelle est difficile à apprécier. *N. artynes* utilise les larves de son hôte à la fois pour se multiplier et pour s'alimenter (Host feeding) ce qui rend son action plus

renforcée. On constate que *Stenomesus* sp. supporte des températures élevées voisines de 30° C. Les résultats concernant ces antagonistes ne sont que des indicateurs qui vont nous permettre de mieux comprendre les interactions multiples qui ont lieu sur le terrain pour expliquer certains échecs de la lutte biologique.

**Mots-clés** : *Tuta absoluta* – Bioécologie – Lutte biologique – Entomophages autochtones – Sud-est de l'Algérie

## Abstract

### **Study of the potentialities of native entomophagous for control the new tomato pest *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep. : Gelechiidae) in the South-eastern of Algeria**

The objective of this study aims at a better understanding of the strategy used in order to protect tomato production in a Saharian area since the invasion of Algeria by *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae). This insect originating from Latin America, appeared for the first time at Mostaganem in 2008 and spread very quickly toward other tomato producing regions including the South part where climatic conditions are very suitable for the pest.

This work is composed of two complementary parts. First, we studied the dynamics of the populations of the leafminer moth in unheated greenhouses with monitoring of males and the biotic parameters of *T. absoluta* at controlled conditions. In the second part, we realized an inventory of the native natural enemies associated with *T. absoluta* (predators and parasitoids) and evaluated in field the rate of total parasitism (both species). Biotic parameters of the two dominant parasitoid species were studied at 25°C, at relative humidity of 60±10% and 16 H/24 H of light showed that the shelter used does not prevent the leafminer moth from settling on the crop and increasing when control is not efficient.

Under greenhouses conditions the pest is able to develop six generations per season crop. We noted a positive correlation between the number of males captured in the traps and the larval populations. The biotic parameters of *T. absoluta* at controlled conditions indicate a developmental time of 24 days, a fertility of 72 eggs/female, a potential growth rate ( $r_m$ ) of 0,05 and a doubling time of the population (T) of 06,25 days.

The inventory of the natural enemies of *T. absoluta* consists of three predators with two main species: *Nesidiocoris tenuis* Reuter and *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae) and five hymenopteral parasitoids. Four species belong to Eulophidae family: *Necremnus artynes* (Walker), *Stenomesus* sp. (Westwood), *Hemiptarsenus zilahisebessi* (Erdos), *Neochrysocharis formosa* (Westwood) and a species of Braconidae: *Bracon hebetor* (Say). The biology of *N. artynes* and *Stenomesus* sp. showed that the fecundity of females is difficult to appreciate. *N.*

*artynes* females reproduce on larvae and kill someones by host feeding. *Stenomesus* sp. tolerates temperatures up to 30°C. The data were not encouraging but they can provide the basis for testing other growing conditions. The results concerning these antagonists are useful to better understand the multiple interactions that take place in the field because it could explain the failure of the biological control.

**Keywords:** *Tuta absoluta* – Bio-ecology – Biological control – Autochthonous Entomophagous – Southeastern Algeria

## ملخص

دراسة فعالية الأعداء الطبيعية المحلية في مكافحة آفة حفارة الطماطم الجديدة

*Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep. : Gelechiidae)

### بمنطقة الجنوب الشرقي للجزائر

الهدف من هذه الدراسة هو رصد الظروف الواقعية لإنتاج الطماطم و كذا الاستراتيجية المتبعة لحماية هذا المحصول في منطقة الجنوب اشرقيللبلاد منذ اجتياح حفارة أنفاق الطماطم : *Tuta absoluta* (Meyrick) Lep. (Gelechiidae) للجزائر. هذه الحشرة ذات الأصل جنوب أمريكي ظهرت لأول مرة في الجزائر بمنطقة مستغانم سنة 2008. عرفت انتشارا هائلا إلى مناطق أخرى منتجة لهذا المحصول حتى أنها بلغت الجنوب الجزائري أين أحدثت أضرارا كبيرة خاصة و أن الظروف المناخية لهذه الجهة تعتبر ملائمة كثيرا لنشاط هذه الآفة.

تشمل هذه الدراسة على جزأين متكاملين. حيث تمت دراسة تطور مجاميع هذه الحشرة في ظروف اصطناعية داخل بيوت بلاستيكية مفتوحة و غير مدفأة . تم هذا البحث بمساعدة مصادم مزودة بالفورمونات الجنسية التي سمحت بتتبع مجاميع الذكور كما تم أيضا تتبع مجاميع اليرقات على الأوراق و الثمار. أما الجزء الأول من البحث فيتمحور حول حفارة أنفاق الطماطم ويتكون بدوره من محورين حيث مكنت دراسة الخصائص البيولوجية للفراشة من فهم تأثير المناخ على حدة الإصابة بهذه الآفة. ويهتم الجزء الثاني من هذا العمل بجدد الأعداء الطبيعية المحلية لحفارة أنفاق الطماطم مع تقدير معدلات تطفلها ودراسة الخصائص البيولوجية لأهم الحشرات الطفيلية في ظروف مدروسة (درجة حرارة 25° م. نسبة رطوبة 60 +/- 10 % و مدة إضاءة 16 ساعة) و ذلك لنتمكن من فهم استراتيجية كل نوع.

أظهرت نتائج البحث أن البيوت البلاستيكية المزودة بشبكات مضادة للحشرات عند فتحاتها غير قادرة على منع حفارة أنفاق الطماطم من دخولها و التكاثر بها عند غياب وسائل مكافحة بما أن هذه الحالة قد سمحت للحشرة بإنتاج 06 أجيال خلال موسم زراعي واحد فقط.

كما أظهرت دراسة الخصائص الحيوية لحفارة أنفاق الطماطم في الظروف المدكورة أن معدل مدة تطور الحشرة يقدر بـ 24 يوم , خصوبة الإناث بـ 72 بيضة/أنثى , معدل الزيادة الداخلية بـ 0,05 و المدة الزمنية لتضاعف المجموعة تقدر بـ 06,25 يوم.

أما فيما يخص الأعداء الطبيعية المحلية لحفارة أنفاق الطماطم فقد أظهرت النتائج أنها تتكون من 03 مفترسات. حيث أن النوعين الأكثر عددا هما *Nesidiocoris tenuis* Reuter و *Macrolophus pygmaeus* Rambour (Hemiptera: Miridae). أما فيما يخص الحشرات الطفيلية فإن كل الأنواع التي تم جردها تنتمي إلى رتبة جلديات الأجنحة (Hymenoptera) و عددها خمسة. أربعة منها من عائلة Eulophidae و هي *Hemiptarsenus* , *Neochrysocharis formosa* (Westwood) , *Stenomesus sp.* (Westwood) , *zilahisebessi* (Erdos) و *Necremnus artynes* (Walker) و الخامس من عائلة Braconidae و هو *Braconhebetor* (Say). سمحت الدراسة البيولوجية للطفيليين *N. artynes* و *Stenomesus sp.* بالتعرف على الصعوبات التي يمكن مواجهتها

عند تربية هذه الأنواع في ظروف محددة حيث أن محاولة تقييم قدرتها على التطفل أمر ليس بالسهل. غير أن الطفيلين يشدان الاهتمام نوعا ما لأنهما لا يتخذان فريستهما للتكاثر فقط ولكن كقطعام أيضا. كما أن النوع الثاني يتميز بقدرته على تحمل درجات حرارة تقارب 30° م .

إن المعطيات التي تم الحصول عليها في هذا البحث و إن كانت تبدو غير مشجعة إلا أنها مهمة جدا عند دراسة محصول الطماطم في ظروف مختلفة. إن أهمية تقييم مدى نجاعة الأنواع المرافقة لحشرة حفارة أنفاق الطماطم على أرض الواقع يكمن في اتخاذ كل التدابير اللازمة لحماية هذه الأنواع و تقوية مفعولها بواسطة كل الطرق الفعالة و المفهومة من طرف الفلاحين. كما أن النتائج الخاصة بالأعداء الطبيعية ما هي إلا مؤشرات تسمح لنا بفهم التداخلات المركبة الموجودة في الواقع لشرح المسببات الأساسية لعدم نجاعة المكافحة البيولوجية في الجزائر.

**الكلمات المفتاحية:** *Tutaabsoluta* - بيولوجيا - المكافحة الحيوية - الأعداء الطبيعية  
منطقة شمال الجنوب الشرقي للجزائر

<b>Table des matières</b>	Page
Dédicace	
Remerciements	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des annexes	
Valorisation des résultats obtenus	
Introduction générale-----	01
<b>Partie bibliographique</b>	
<b>CHAPITRE 1 : PROBLEMES PHYTOSANITAIRES DE LA TOMATE</b>	
1.1. Introduction-----	03
1.2. Les ravageurs-----	03
1.2.1. La mineuse de la tomate-----	03
1.2.2. Les noctuelles-----	04
1.2.3. Les aleurodes-----	04
1.2.4. Les pucerons-----	04
1.2.5. Les thrips-----	05
1.2.6. Les acariens-----	05
1.3. Les maladies et les troubles physiologiques-----	05
<b>CHAPITRE 2 : LA MINEUSE DE LA TOMATE <i>TUTAABSOLUTA</i> (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)</b>	
2.1. Systématique-----	07
2.2. Répartition géographique-----	08
2.3. Historique et statut actuel de <i>Tutaabsoluta</i> en Algérie-----	08
2.4. Méthodes de lutte utilisées contre <i>Tutaabsoluta</i> en Algérie-----	09
2.5. Plantes hôtes-----	10
2.6. Dégâts-----	12
2.7. Moyens de lutte-----	12
2.7.1. Lutte agro- et biotechnique-----	12
2.7.2. Lutte chimique-----	13
2.7.3. Les bio-insecticides-----	14
2.7.4. Lutte biologique -----	14
<b>Partie expérimentale</b>	
<b>PARTIE I : ETUDE DES PARAMETRES BIOTIQUES DE <i>TUTAABSOLUTA</i></b>	
<b>CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE ET ENQUETE</b>	
1.1. Position géographique et données climatiques-----	15
1.1.1. Géographie et topographie-----	15
1.1.2. Données climatiques et ressources hydriques-----	15
1.2. Enquête sur l'importance et la conduite de la tomate dans la région d'étude-----	16
1.2.1. Introduction-----	16
1.2.2. Matériel et méthodes-----	17
1.2.3. Résultats et discussion-----	17
1.2.3.1. Vallée d'Oued Righ-----	18
1.2.3.2. Partie est de la wilaya d'El Oued-----	18
1.2.3.2.1. Niveau de scolarité des agriculteurs-----	19

1.2.3.2.2. Superficiés, variétés et mode d'installation de la tomate -----	19
1.2.3.2.3. Problèmes phytosanitaires de la tomate-----	19
1.2.3.2.4. Place de <i>Tutaabsoluta</i> parmi les problèmes phytosanitaires de la tomate--- -----	20
1.2.3.2.5. Moyens de lutte envisagés par les agriculteurs pour combattre <i>Tuta absoluta</i> -----	20
1.3. Conclusion partielle-----	20
<b>CHAPITRE 2 : ETUDE DES PARAMETRES BIOTIQUES DE TUTA ABSOLUTA</b>	
2.1. Cycle biologique et paramètres d'accroissement de la population-----	22
2.1.1. Introduction-----	22
2.1.2. Durée de développement, fertilité des œufs et mortalité-----	22
2.1.2.1. Matériel et méthodes-----	22
2.1.2.2. Résultats et discussion-----	23
2.1.3. Fécondité des femelles et longévité des adultes-----	25
2.1.3.1. Matériel et méthodes-----	25
2.1.3.2. Résultats et discussion-----	26
2.1.4. Analyse des paramètres d'accroissement de la population-----	28
2.1.4.1. Matériel et méthodes-----	28
2.1.4.2. Résultats et discussion-----	29
2.2. Etude de la dynamique des populations de <i>Tuta absoluta</i> -----	31
2.2.1. Introduction-----	31
2.2.2. Matériel et méthodes-----	32
2.2.2.1. Site d'étude-----	32
2.2.2.2. Echantillonnage pour évaluation des attaques-----	34
2.2.2.3. Analyse statistique-----	35
2.2.3. Résultats et discussion-----	35
2.2.3.1. Dynamique des populations adultes mâles-----	35
2.2.3.2. Dynamique des populations larvaires-----	38
2.2.3.3. Taux d'infestation des fruits-----	40
2.3. Conclusion partielle-----	41
Conclusion de la partie I-----	42
<b>PARTIE II: POTENTIALITES DES ENNEMIS NATURELS AUTOCHTONES DE TUTAABSOLUTA DANS LE SUD-EST ALGERIEN</b>	
Introduction-----	43
<b>CHAPITRE 1. APERÇU SUR LES ENNEMIS NATURELS DE TUTA ABSOLUTA DANS LE MONDE -----</b>	
1.1. Introduction -----	43
1.2. Les prédateurs-----	43
1.3. Les parasitoïdes-----	44
1.4. les entomopathogènes-----	45
<b>CHAPITRE 2. INVENTAIRE DES ENNEMIS NATURELS DE TUTAABSOLUTA ET LEUR IMPACT DANS LA REGION DU SUD-EST ALGERIEN</b>	
2.1. Inventaire des espèces antagonistes-----	46
2.1.1. Introduction-----	46
2.1.2. Les prédateurs-----	46
2.1.2.1. Matériel et méthodes-----	46
2.1.2.2. Résultats et discussion-----	46
2.1.3. Les parasitoïdes-----	49

2.1.3.1. Matériel et méthodes-----	49
2.1.3.2. Résultats et discussion-----	49
2.2. Evaluation du parasitisme spontané-----	51
2.2.1. Introduction-----	51
2.2.2. Matériel et méthodes-----	51
2.2.3. Résultats et discussion-----	51
2.3. Conclusion partielle-----	53
<b>CHAPITRE 3 : CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES ET</b>	
<b>BIOLOGIQUES DES PRINCIPAUX PARASITOÏDES</b>	
<b>AUTOCHTONES DE <i>TUTAABSOLUTA</i> DANS LE</b>	
<b>SUD-EST ALGERIEN</b>	
3.1. <i>Necremnus artynes</i> Walker-----	54
3.1.1. Introduction-----	54
3.1.2. Morphologie-----	54
3.1.2.1. La femelle-----	55
3.1.2.2. Le mâle-----	55
3.1.3. Paramètres biotiques -----	57
3.1.3.1. Matériel et méthodes-----	57
3.1.3.1.1. Source et méthodes d'élevage des parasitoïdes-----	57
3.1.3.1.2. Cycle biologique, fécondité et longévité-----	57
3.1.3.2. Résultats et discussion-----	58
3.2. <i>Stenomesius</i> sp. -----	63
3.2.1. Introduction-----	63
3.2.2. Morphologie-----	63
3.2.3. Paramètres biotiques -----	65
3.2.3.1. Matériel et méthodes-----	65
3.2.3.2. Résultats et discussion-----	65
3.3 Conclusion partielle-----	70
Conclusion de la partie II-----	70
<b>Conclusion générale</b> -----	71
<b>Références bibliographiques</b> -----	73
<b>Annexes</b>	

<b>Liste des figures</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 01.</b> Répartition géographique de <i>Tuta absoluta</i> en Algérie -----	<b>09</b>
<b>Figure 02.</b> Signes d'attaque de <i>Tuta absoluta</i> sur différentes plantes de la région du sud-est algérien : <b>A-</b> <i>Solanum melongena</i> L., <b>B-</b> <i>Chenopodium album</i> L., <b>C-</b> <i>Malva sylvestris</i> L. -----	<b>11</b>
<b>Figure 03.</b> Dégâts de <i>Tuta absoluta</i> sur tomate : <b>A-</b> Feuilles. <b>B-</b> Fruit mûr. <b>C-</b> Fruit vert. -----	<b>12</b>
<b>Figure 04.</b> Pièges à phéromone sexuelle employés pour la capture des adultes mâles de <i>Tuta absoluta</i> : <b>A-</b> Piège Delta, <b>B-</b> Piège à eau (Photos originales). -----	<b>13</b>
<b>Figure 05.</b> Carte représentant la région d'étude (Google earth, 2015). -----	<b>15</b>
<b>Figure 06.</b> Canal d'Oued Righ (Région de Témacine). -----	<b>16</b>
<b>Figure 07.</b> Climato-gramme d'Emberger de la région d'Oued Righ (2005-2014) -----	<b>16</b>
<b>Figure 08.</b> Différents types de conduite de la tomate dans le sud-est algérien : <b>A-</b> Tomate sous serre (El Oued, mars 2013), <b>B-</b> Tomate d'arrière-saison de plein champ (El Oued, décembre 2013), <b>C-</b> Tomate cerise associée au palmier dattier (Touggourt, juin 2013) -----	<b>17</b>
<b>Figure 09.</b> Dispositif d'élevage de <i>Tuta absoluta</i> -----	<b>23</b>
<b>Figure 10.</b> Dispositif d'étude de la fécondité de <i>Tuta absoluta</i> -----	<b>26</b>
<b>Figure 11.</b> Evolution de la fécondité journalière moyenne de la femelle fécondée de <i>Tutaabsoluta</i> -----	<b>27</b>
<b>Figure 12.</b> Evolution de l'effectif de première génération d'une cohorte de 30 femelles de <i>Tuta absoluta</i> -----	<b>31</b>
<b>Figure 13.</b> Site expérimental de l'INRAA (Sidi Mehdi, Touggourt) (Google earth, 2015). Le carré désigne les serres d'étude -----	<b>32</b>
<b>Figure 14.</b> Serres expérimentales -----	<b>33</b>
<b>Figure 15.</b> Pépinière pour la production de plants de tomate -----	<b>34</b>
<b>Figure 16.</b> Préparation des serres expérimentales -----	<b>34</b>
<b>Figure 17.</b> Système d'irrigation (goutte-à-goutte) -----	<b>34</b>
<b>Figure 18.</b> Pièges à phéromone sexuelle utilisés pour la capture des adultes mâles de <i>Tuta absoluta</i> : <b>A</b> et <b>B-</b> Piège Delta. <b>C</b> et <b>D-</b> Piège à eau -	<b>35</b>
<b>Figure 19.</b> Mâles de <i>Tuta absoluta</i> capturés par le piège Delta -----	<b>36</b>
<b>Figure 20.</b> Mâles de <i>Tutaabsoluta</i> capturés par le piège à eau -----	<b>37</b>
<b>Figure 21.</b> Dynamique des populations de <i>Tutaabsoluta</i> sur tomate sous serre durant 2010 à 2015 -----	<b>37</b>
<b>Figure 22.</b> Pourcentage des feuilles attaquées par les larves de <i>Tutaabsoluta</i> . -----	<b>38</b>
<b>Figure 23.</b> Comparaison de l'évolution des populations adultes mâles et larvaires de <i>Tutaabsoluta</i> -----	<b>39</b>
<b>Figure 24.</b> Pourcentage des stades larvaires jeunes (L1-L2) et âgés (L3-L4) dans l'infestation des feuilles par les larves de <i>Tutaabsoluta</i> -----	<b>40</b>
<b>Figure 25.</b> Sites (Cercles jaunes) d'inventaire des ennemis naturels de <i>Tutaabsoluta</i> (Ouargla et El Oued) (Google map, 2015) -----	<b>47</b>
<b>Figure 26.</b> Prédateurs de <i>Tutaabsoluta</i> de la région sud-est d'Algérie : <b>A-</b> <i>Macrolophuspygmaeus</i> , <b>B-</b> <i>Oriussp.</i> , <b>C-</b> <i>Nesidiocoristenuis</i> (Photos originales X 40) -----	<b>47</b>
<b>Figure 27.</b> Dispositif utilisé pour le développement des larves parasitées de <i>Tutaabsoluta</i> -----	<b>49</b>

<b>Figure 28.</b>	Parasitoïdes de <i>Tutaabsoluta</i> récentes dans le sud-est d'Algérie : <b>A-</b> <i>Neochrysocharisformosa</i> , <b>B-</b> <i>Braconhebetor</i> , <b>C-</b> <i>Necremnusartynes</i> , <b>D-</b> <i>Stenomesius</i> sp. (Photos originales X 40) -	<b>50</b>
-----		
<b>Figure 29.</b>	Représentation des 03 espèces de parasitoïdes de <i>Tutaabsoluta</i> dans le sud -----	<b>50</b>
<b>Figure 30.</b>	Taux de parasitisme (Tous parasitoïdes confondus) des larves de <i>Tutaabsoluta</i> dans la région de Touggourt (2012) -----	<b>52</b>
<b>Figure 31.</b>	Taux de parasitisme des parasitoïdes autochtones (Tous parasitoïdes confondus) des larves de <i>Tutaabsoluta</i> dans la région de Touggourt (2014) -----	<b>52</b>
<b>Figure 32.</b>	Caractéristiques morphologiques d'une femelle du parasitoïde <i>Necremnusartynes</i> (D'après, Delvare et al., 2011) -----	<b>54</b>
<b>Figure 33.</b>	Caractéristiques morphologiques du parasitoïde <i>Necremnustutae</i> : <b>A-</b> Femelle (Vue dorsale), <b>B-</b> Femelle (Vue latérale), <b>C-</b> Mâle (Vue latérale), <b>D-</b> Mésosoma (Vue dorsale), <b>E-</b> Aile antérieure, <b>F-</b> Métanotum et propodéum. <b>G-</b> Antenne de la femelle, <b>H-</b> Pédicelle et scape de l'antenne de la femelle, <b>I-</b> Antenne du mâle (D'après Gebiola et al., 2015) -----	<b>56</b>
<b>Figure 34.</b>	Dispositif d'élevage initial de <i>Necremnusartynes</i> (Photos originales) -----	<b>57</b>
<b>Figure 35.</b>	Dispositif d'étude des paramètres biotiques de <i>Necremnusartynes</i> (Photos originales) -----	<b>58</b>
<b>Figure 36.</b>	Femelle de <i>Necremnusartynes</i> en présence de larve de <i>Tutaabsoluta</i> : <b>A-</b> Recherche de l'hôte. <b>B-</b> Introduction de l'aiguillon à venin à travers la feuille pour paralyser la larve. <b>C-</b> Prédation par succion du liquide qui s'écoule de la larve paquée (Photos originales X 40)-----	<b>59</b>
-----		
<b>Figure 37.</b>	Stades de développement de <i>Necremnusartynes</i> : <b>A-</b> Œuf, <b>B-</b> Jeune larve, <b>C-</b> Larve âgée, <b>D-</b> Prénympe, <b>E-</b> Nympe ♀ (Vue ventrale), <b>F-</b> Nympe ♀ (Vue dorsale), <b>G-</b> Nympe ♂ (Vue dorsale), <b>H-</b> Nympe ♂ (Vue ventrale), <b>I-</b> Adulte ♂, <b>J-</b> Adulte ♀ (Photos originales X 40) -----	<b>62</b>
<b>Figure 38.</b>	Caractères d'identification du genre <i>Stenomesius</i> : 1- Tête (Vue frontale), 2- Mandibule, 3- Palpe maxillaire, 4- Palpe labiale, 5- Antenne, 6- Thorax (Vue dorsale), 7- Pronotom (D'après Agnihotri et Khan, 2004) -----	<b>64</b>
<b>Figure 39.</b>	Vue dorsale du thorax et du propodéum de <i>Stenomesiusfurescens</i> (D'après Askew, 1968) -----	<b>64</b>
<b>Figure 40.</b>	Caractères morphologiques du parasitoïde <i>Stenomesius</i> sp. : <b>A-</b> Mâle (Vue latérale), <b>B-</b> Mâle (Vue dorsale), <b>C-</b> Antennes du mâle, <b>D-</b> Antennes de la femelle, <b>E-</b> Femelle (Vue dorsale), <b>F-</b> Femelle (Vue latérale) (Photos originales X 40) -----	<b>65</b>
<b>Figure 41.</b>	Stades de développement de <i>Stenomesius</i> sp. : <b>A-</b> Oeuf, <b>B-</b> Larve, <b>C-</b> Prénympe, <b>D-</b> Nympe ♀ (Vue ventrale), <b>E-</b> Nympe ♀ (Vue dorsale), <b>F-</b> Nympe ♂ (Vue ventrale), <b>G-</b> Nympe ♂ (Vue dorsale), <b>H-</b> Adulte ♀ (Photos originales X 40) -----	<b>67</b>

<b>Liste des tableaux</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 01.</b> Paramètres biotiques de <i>Tutaabsoluta</i> élevé sur tomate à T= 25° C, HR= 60% et à une photopériode de 16 h/24 h -----	<b>25</b>
<b>Tableau 02.</b> Table de vie complète établie à partir d'une cohorte de 30 femelles fécondées de <i>Tutaabsoluta</i> élevées sur tomate (T° : 25°C, HR : 60 ± 10 %, Photopériode : 16 h/ 24 h) -----	<b>30</b>
<b>Tableau 03.</b> Paramètres d'accroissement de la population d'une génération de <i>Tutaabsoluta</i> calculés à partir d'une cohorte de 30 femelles fécondées élevées sur tomate (T° : 25°C, HR :60 %, Photopériode : 16 h/ 24 h) -----	<b>31</b>
<b>Tableau 04.</b> Taux d'infestation des fruits par <i>Tutaabsoluta</i> -----	<b>41</b>
<b>Tableau 05.</b> Paramètres biologiques de <i>Necremnus artynes</i> ectoparasitoïde des larves de <i>Tuta absoluta</i> à une température moyenne de 21 °C et une humidité de 60±10 % -----	<b>60</b>
<b>Tableau 06.</b> Paramètres biologiques de <i>Stenomesus</i> sp. ectoparasitoïde des larves de <i>Tutaabsoluta</i> à 21°C et 60 ± 10% -----	<b>68</b>
<b>Tableau 07.</b> Paramètres biologiques de <i>Stenomesus</i> sp. ectoparasitoïde des larves de <i>Tutaabsoluta</i> à une température de 25° C et une humidité de 60 % -----	<b>69</b>

### Liste des annexes

<b>Annexe 01.</b> Questionnaire de l'enquête menée sur la tomate dans le sud-est algérien
<b>Annexe 02.</b> Résultats de l'enquête menée sur la tomate à El Oued
<b>Annexe 03.</b> Comparaison entre les effectifs adultes de <i>Tuta absoluta</i> capturés par les pièges delta et à eau
<b>Annexe 04.</b> Comparaison des effectifs adultes de <i>Tuta absoluta</i> capturés en 2009/2010 et 2014/2015
<b>Annexe 05.</b> Corrélation entre l'évolution des effectifs adultes et larvaires de <i>Tutaabsoluta</i>
<b>Annexe 06.</b> Comparaison des degrés d'attaque des larves de <i>Tuta absoluta</i> sur fruits de tomate aux effectifs adultes capturés par le piège à phéromone sexuelle
<b>Annexe 07.</b> Comparaison entre les taux de parasitisme de <i>Tuta absoluta</i> des deux compagnes agricoles 2011/2012 et 2013/2014

## Valorisation des résultats obtenus

### A-Publications

1. **Dehliz A.** et Y. Guénaoui, 2015. Natural enemies of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Oued Righ region, an arid area of Algeria. *Academic Journal of Entomology* 8 (2): 72-79
2. Guénaoui Y., **A. Dehliz**, R. Bensaad, K. Ouezzani, 2013. Five years after the first record of *Tuta absoluta* (Meyrick) in Algeria, what do we expect from its native natural enemies?, Fourth International Scientific Symposium, Agrosystem 2013, pp: 678-682
3. Guénaoui Y., **A. Dehliz**, R. Bensaad, Z. E. Labdaoui, K. Hamou (2015). Seven years of studies on *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Algeria: What we have learned about? VI International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2015". Jahorina (Bosnia), 15-18 octobre 2015 Book of Proceedings 2015, 799-804 ([www.agrosym.rs.ba](http://www.agrosym.rs.ba))

### B-Communications

- 1- **Dahliz A.**, Lakhdari W., Hammi H., Soud A., Bouchekima N., Belaidi M., 2012. Essai de lutte biologique et intégrée contre *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) dans une culture de tomate sous serre dans la région d'Oued Righ (Sud-est algérien). Communication orale au Séminaire national de protection des cultures et environnement, tenu à l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem (Algérie), les 10 et 11 décembre 2012
- 2- Hammi H., Lakhdari W., **Dahliz A.**, Soud A., Bouchekima N., Belaidi M., 2012. Essai de lutte biologique contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) par l'utilisation de la punaise prédatrice *Nesidiocristenus* Reuter (Heteroptera: Miridae) dans la région d'Oued Righ (Sud-est algérien). Communication affichée au Séminaire national de protection des cultures et environnement, tenu à l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem (Algérie), les 10 et 11 décembre 2012
- 3- Bouchekima N., **Dahliz A.**, Lakhdari W., Soud A., Hammi H., Belaidi M., 2012. Répartition et dynamique des populations de *Tuta absoluta* Meyrick

- 4- (Lepidoptera : Gelechiidae) dans une culture de tomate sous serre dans la région d'Oued Righ (Sud-est algérien). Communication affichée au Séminaire national de protection des cultures et environnement, tenu à l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem (Algérie), les 10 et 11 décembre 2012.
- 5- **Dahliz A.**, W. Lakhdari, H. Hammi, A. Soud, H. Bouchekima et M. Belaidi, 2013. Complex of natural enemies and control methods of the exotic invasive pest *Tutaabsoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Southern Algeria. Communication affichée au Symposium international organisé du 14 au 16 mai 2013 à Sousse (Tunisie) in « *Crop Protection Management in Mediterranean Organic Agriculture* ».   
[http://www.isofar.org/documents/sousse/Book%20of%20abstracts\\_Tunisia\\_2013\\_20130423.pdf](http://www.isofar.org/documents/sousse/Book%20of%20abstracts_Tunisia_2013_20130423.pdf)
- 6- Lakhdari W., **Dahliz A.**, Hammi H., Soud A., Bouchekima N., Belaidi M., 2013. Biological control of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) with entomopathogenic fungi. Communication affichée au Symposium international organisé du 14 au 16 mai 2013 à Sousse (Tunisie) sur « Crop Protection Management in Mediterranean Organic Agriculture ».   
[http://www.isofar.org/documents/sousse/Book%20of%20abstracts\\_Tunisia\\_2013\\_20130423.pdf](http://www.isofar.org/documents/sousse/Book%20of%20abstracts_Tunisia_2013_20130423.pdf)
- 7- Guenaoui Y., A. **Dahlizet R.** Bensaad, 2013. Qu'apporte la recherche agronomique dans la lutte contre les ravageurs majeurs des cultures en Algérie? Cas particulier de *Tuta absoluta* MEYRICK (LEPIDOPTERA : GELECHIIDAE), analyse des facteurs influents. Séminaire international, protection phytosanitaire : situation et perspectives. Batna, 17-19/11/20
- 8- Guénaoui Y., **A. Dahliz**, R. Bensaad, K. Ouezzani, 2013. Five years after the first record of *Tutaabsoluta* (Meyrick) in Algeria, what do we expect from its native natural enemies?, Fourth International Scientific Symposium, Agrosystem 2013. Sarajevo (Bosnia), October, 3-6, 2013.   
<http://www.agrosym.unssa.rs.ba/documents/Symposium-programme-final-2013.pdf>
- 9- Guenaoui Y., **A. Dehilz**, 2015. First level IPM practices for *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) according to the cropping system in

two far regions in Algeria. Communication orale au "XVIII International Plant Protection Congress, 24–27 August 2015, Berlin (Germany)".

- 10- Yamina Guénaoui, Abderahmène **Dehliz**, Raouf Bensaad, Z. E. Labdaoui, Kacem Hamou, 2015. Seven years of studies on *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Algeria: What we have learned about? VI International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2015". Jahorina (Bosnia), 15-18 octobre 2015.

# **Introduction générale**

## **Introduction générale**

La tomate est l'une des cultures stratégiques en Algérie. Cette filière a connu une importante évolution depuis l'indépendance. En effet, les superficies occupées par cette culture ne dépassaient pas 8370 ha en 1968 avec une production de moins de 85000 tonnes (MARA, 1968) alors qu'au début des années 2000, des valeurs de 20789 ha et 1023300 tonnes sont enregistrées pour les deux paramètres respectivement (Snouci, 2010). En 2014, environ 1,47 millions de tonnes de tomate ont été produits (ONS, 2015). Actuellement, cette culture est installée dans toutes les régions du pays, tout au long de l'année, et cela grâce aux différents modes de production : culture sous serre tunnel et multi-chapelle, de plein champ de saison et d'arrière-saison. Néanmoins, cette spéculation se trouve confrontée à plusieurs obstacles qui limitent son rendement. Les insectes nuisibles représentent les principales contraintes au développement de cette culture car la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Gelechiidae), micro-lépidoptère originaire d'Amérique latine, constitue la première préoccupation des maraîchers depuis son introduction dans la région méditerranéenne en 2006 (Urbaneja et al., 2007). Cette espèce invasive a été observée en Algérie pour la première fois dans la région nord-ouest de Mostaganem au printemps 2008 (Guénaoui, 2008). Actuellement, elle est présente dans toutes les zones productrices de tomate à travers le territoire national. Ce ravageur est capable de détruire totalement les plantes en l'absence de mesures de lutte adéquates.

La lutte contre *T. absoluta* se base principalement sur l'application des produits chimiques. Or, cette méthode est connue pour avoir de graves conséquences sur l'homme et son environnement (Al-Sayed, 2007). De plus, cette espèce a montré dans plusieurs pays des formes de résistance contre certaines molécules à effets insecticides (Lietti et al., 2005; Haddi, 2011). Face à cette situation, les chercheurs se sont tournés vers l'étude des moyens alternatifs avec notamment la lutte biologique qui occupe la première place. De nombreuses études ont été entreprises en Algérie pour valoriser les moyens biologiques. En effet, des recherches ont été menées sur l'utilisation des prédateurs et des parasitoïdes indigènes (Kolai et al., 2011 ; Mahdi et al., 2011 ; Zaid et al., 2011; Dahliz et al., 2013 ; Guénaoui et al., 2013), les champignons entomopathogènes (Badaoui et al., 2011) et les biopesticides homologués (Gacemi et Guénaoui, 2012) pour lutter contre ce déprédateur. Certains travaux ont porté sur l'utilisation des extraits de plantes telles que l'*Inulaviscosa*, le

*Salvia officinalis* et l'*Urticaurens* (Allal-Benfekih et al., 2011). La bioécologie de cette espèce a également été étudiée dans le but de récolter le maximum de données sur sa biologie, sa dynamique des populations et ses ennemis naturels autochtones (Belhadi et al., 2009 ; Amrouni, 2011 ; Oukil et al., 2011; Allache et al., 2012 ; Chougar et Medjdoub-Bensaad, 2014 ; Koudjil et al., 2014). Toutefois, ces études n'ont touché que la partie nord de l'Algérie car aucune étude approfondie n'a été entreprise sur *T. absoluta* au sud du pays qui est caractérisée par des conditions climatiques, topographiques et ethniques particulières où la culture de la tomate est conduite avec des pratiques culturelles différentes de celles utilisées au nord.

L'objectif principal de cette Thèse est d'étudier le cortège des ennemis naturels autochtones de *T. absoluta* dans les zones algériennes arides en vue de sélectionner des auxiliaires qui seraient capables de contrôler les infestations de ce ravageur. Mais ce travail nécessite une étude approfondie sur l'insecte nuisible pour mieux connaître sa biologie, les conditions qui favorisent l'explosion de ses populations et les relations qu'il entretient avec ses antagonistes. Donc, il nous a paru utile d'étudier la bioécologie de *T. absoluta* dans la région du sud-est algérien dans le but de pouvoir proposer une méthode de lutte qui se baserait non seulement sur l'utilisation des mesures culturales et des pièges à phéromone sexuelle mais également des prédateurs et des parasitoïdes indigènes qui se sont adaptés sur ce déprédateur.

Notre document est composé de deux parties : la première constitue une synthèse bibliographique sur *T. absoluta* notamment sa répartition géographique et sa biologie, avec l'étude des paramètres biotiques ; la deuxième est consacrée à l'étude de ses ennemis naturels autochtones.

# **Partie bibliographique**

## Chapitre 1 : Problèmes phytosanitaires de la tomate

### 1.1. Introduction

La tomate (*Lycopersicon esculentum* L. ou *Solanum lycopersicum* L.) est une plante originaire d'Amérique latine, considérée longtemps comme un aliment consommé par les loups d'où son nom (*Lycopersicon* = pêche de loup, *esculentum* = comestible) a été domestiquée et introduite en Europe (Preedy et Watson, 2008). Cette espèce cultivée dans le monde entier et consommée comme produit cru ou cuit est devenue incontournable puisqu'elle entre dans la majorité des produits commerciaux (jus, potages, sauces, condiments). Les deux premiers grands producteurs sont la Chine et l'Inde avec une production annuelle d'environ 50 millions de tonnes pour le 1<sup>er</sup> et 17 millions pour le deuxième (FAO STAT, 2012).

Comme toutes les cultures, cette solanacée est sujette à l'attaque de plusieurs déprédateurs et agents phytopathogènes appartenant à différents groupes d'organismes. Les problèmes phytosanitaires qui se posent à cette filière peuvent être dus aux ravageurs (insectes et acariens) et aux maladies (cryptogamiques, bactériennes et virales) sans oublier les nématodes.

### 1.2. Les ravageurs

Avant l'arrivée de *T. absoluta* les dégâts les plus importants sur la tomate étaient provoqués principalement par des acariens et des insectes comme les noctuelles, les aleurodes, les pucerons et les thrips (Shankara et al., 2005; Brismontier et al., 2009; Jeannequin et al., 2011; Houamel, 2013).

Les trois derniers groupes peuvent constituer un réel problème en raison de la gravité des dégâts directs et indirects qu'ils peuvent engendrer comme déprédateurs et vecteurs d'agents phytopathogènes tels que le TYLCV (Virus de l'enroulement chlorotique des feuilles de la tomate) et le TMV (Virus de la mosaïque de la tomate) (Delatte et al., 2003; Belkadhi, 2014).

#### 1.2.1. La mineuse de la tomate

Depuis 2008, c'est *T. absoluta* qui constitue le principal ravageur de cette culture déplaçant les autres espèces au cours des premières années. Elle constitue un grand obstacle pour la production de la tomate sous abri comme en plein champ. En effet, des pertes de 100 % ont été signalées la première année de son introduction dans

le pays (Guénaoui, 2008). Des détails sur ce micro-lépidoptère sont présentés dans le chapitre suivant.

### **1.2.2. Les noctuelles**

L'espèce *Helicoverpa armigera* (Hübner), constitue un problème supplémentaire pour la culture de la tomate qui peut dans certaines zones dépasser celui de *T. absoluta* (Guénaoui, com. Pers.). Les chenilles de ces lépidoptères endommagent le feuillage et pénètrent dans les fruits détériorant leur qualité. Les fruits deviennent invendables et impropres à la consommation (Mazoullier et al., 2001).

### **1.2.3. Les aleurodes**

Deux espèces d'aleurodes sont très abondantes en cultures de tomate : l'aleurode des serres (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) et l'aleurode du tabac (*Bemisia tabaci* Gennadius). Les larves et les adultes prélèvent une grande quantité de sève brute (Oriani et al., 2011) ; le miellat excrété salit les plantes et favorise la formation de fumagine due à *Cladosporium* sp. qui entrave la photosynthèse et empêche la respiration des feuilles (Smith, 2009). En plus de leur action de spoliation de la sève, ces insectes peuvent transmettre des virus phytopathogènes redoutables tels que le virus de la maladie des feuilles jaunes en cuiller de la tomate (TYLCV: Tomato Yellow Leaf Curl Virus) (Berlinger et Dahan, 1987 ; Jiang et al., 2004) ou le virus de la chlorose de la tomate (TICV) (Fraval, 2009; Melouk et al., 2013; Cavaliere et al., 2014).

### **1.2.4. Les pucerons**

Trois espèces de pucerons sont régulièrement observées en culture de tomate : le puceron vert du pêcher (*Myzus persicae* Sulzer), le puceron de la pomme de terre (*Macrosiphum euphorbiae* Thomas) et accessoirement le puceron du melon (*Aphis gossypii* Glover). La ponction de la sève engendre des perturbations qui se manifestent par la crispation des feuilles ou déformation des organes attaqués (Leclant, 1999 ; Van Emden et Harrington, 2007 ; Civolani et al., 2010 ; Rondoni et al., 2014) qui affaiblissent la plante. Le miellat excrété par les pucerons favorise le développement de la fumagine qui gêne la photosynthèse et la respiration du végétal (Vayssières et al., 2001). Les pucerons peuvent transmettre des virus aux plantes visitées (Vayssières et al., 2001 ; Shankara et al., 2005). On évalue à 30 % les virus des plantes transmis par différentes espèces de pucerons (Moriones et Luis-Arteaga,

2002). A titre d'exemple *M. persicae* peut transmettre plus de 100 viroses (Fraval, 2006). Les dommages dus aux viroses peuvent être plus importants que ceux occasionnés par la spoliation de la sève (Maison et Massonié, 1982).

#### **1.2.5. Les thrips**

Les thrips sont des insectes polyphages qui peuvent s'attaquer à différentes familles botaniques (Morse et Hoddle, 2006). Ces ravageurs ont également la capacité de transmettre des phytovirus aux plantes visitées au moment de la prise de nourriture (Mailhot et al., 2007). La gravité de la virose provoquée par le virus de la mosaïque bronzée de la tomate (TSWV: Tomato Spotted Wilt Virus) est bien connue puisque les pertes en culture de tomate ont été estimées à 09 millions de dollars américains dans le monde en 10 années seulement (Riley et al., 2011). Le principal vecteur de cette maladie est le thrips californien (*Frankliniella occidentalis*) qui cause de plus en plus de dommages dans les cultures de tomate en Algérie depuis son introduction (Houamel, 2013) (Riley et al., 2011).

#### **1.2.6. Les acariens**

Les acariens peuvent être d'une grande importance économique pour la culture de la tomate. L'espèce *Tetranychus evansi* (Baker & Pritchard) a été détectée pour la première fois en Algérie sur tomate en 2009 dans la région de Mostaganem (Guénaoui, 2010). Les dégâts peuvent aller de la chute des feuilles au dépérissement des plantes attaquées (Ferrero, 2009). Actuellement, les agriculteurs se plaignent d'attaques d'acariens sur tomate.

### **1.3. Les maladies et les troubles physiologiques**

Plusieurs agents pathogènes peuvent causer des maladies plus ou moins graves selon la saison, les conditions de culture ou les variétés. Les symptômes sont visibles sur la partie aérienne ou la partie racinaire. Certaines espèces du genre *Fusarium*, *Alternaria*, *Pythium*, peuvent se manifester affectant différentes parties de la plante (Soro et al., 2008). Le mildiou dû à *Phytophthora infestans* pose des problèmes sur tomate et pomme de terre parce que les souches sont devenues résistantes au principal fongicide utilisé à cet effet qui est le Metalaxyl. Dans les régions de Mostaganem et Aïn-Defla (Nord-ouest algérien), des études sont en cours sur la caractérisation des souches de cet agent phytopathogène pour trouver une solution à la maladie (Corbière et al., 2010 ; Rekad et al., 2010; Belkhiter et Bouznad, 2014). D'autres problèmes d'une importance non négligeable sont dus aux maladies bactériennes comme le

chancre bactérien (*Clavibacter michiganensis*), la moucheture bactérienne (*Pseudomonas syringae* pv ; *tomato*), le flétrissement bactérien (*Ralstonia solanacearum*) et la gale bactérienne (*Xanthomonas* sp.) (Azali, 2010 ; Lebeau, 2010). La tomate est également attaquée par des virus transmis par des vecteurs comme indiqué précédemment. D'autres maladies de moindre importance sont dûs à l'excès en eau (Djidji et al., 2010), ou troubles physiologiques au stade grossissement des fruits. Les nématodes provoquent régulièrement des pertes derécoltes qui peuvent atteindre 30 % (Shankara et al., 2005).

## **Chapitre 2: La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)**

### **2.1. Systématique**

*T. absoluta* est un micro-lépidoptère de la famille des Gelechiidae originaire d'Amérique du Sud (Razuri et Vergas, 1975 ; Ponti et *al.*, 2012). C'est une espèce multivoltine qui développe jusqu'à 12 générations par an (Estay, 1987 ; Pereyra et Sánchez, 2006). Elle a reçu plusieurs appellations avant d'être nommée définitivement *T. absoluta* par Povolny en 1994 (Guedes et Picanço, 2011). Depuis sa description plusieurs noms ont été utilisés pour la désigner (Sannino, 2012) :

- *Phthorimaea absoluta* Meyrick (1917)
- *Gnorimoschema absoluta* Clarke (1965)
- *Scrobipalpula absoluta* Povolny (1964) ; Becker (1984)
- *Scrobipalpuloides absoluta* Povolny (1987)
- *Tuta absoluta* Povolny (1994)

La classification récente et admise de cet insecte selon Povolny (1994) est comme suit:

Phylum: Arthropoda

Classe: Insecta

Ordre: Lepidoptera

Sous-ordre: Glossata

Super-famille: Gelechioidea

Famille: Gelechiidae

Sous-famille: Gelechiinae

Tribu: Gnorimoschemini

Genre: *Tuta*

Espèce: *Tuta absoluta* Meyrick (1917)

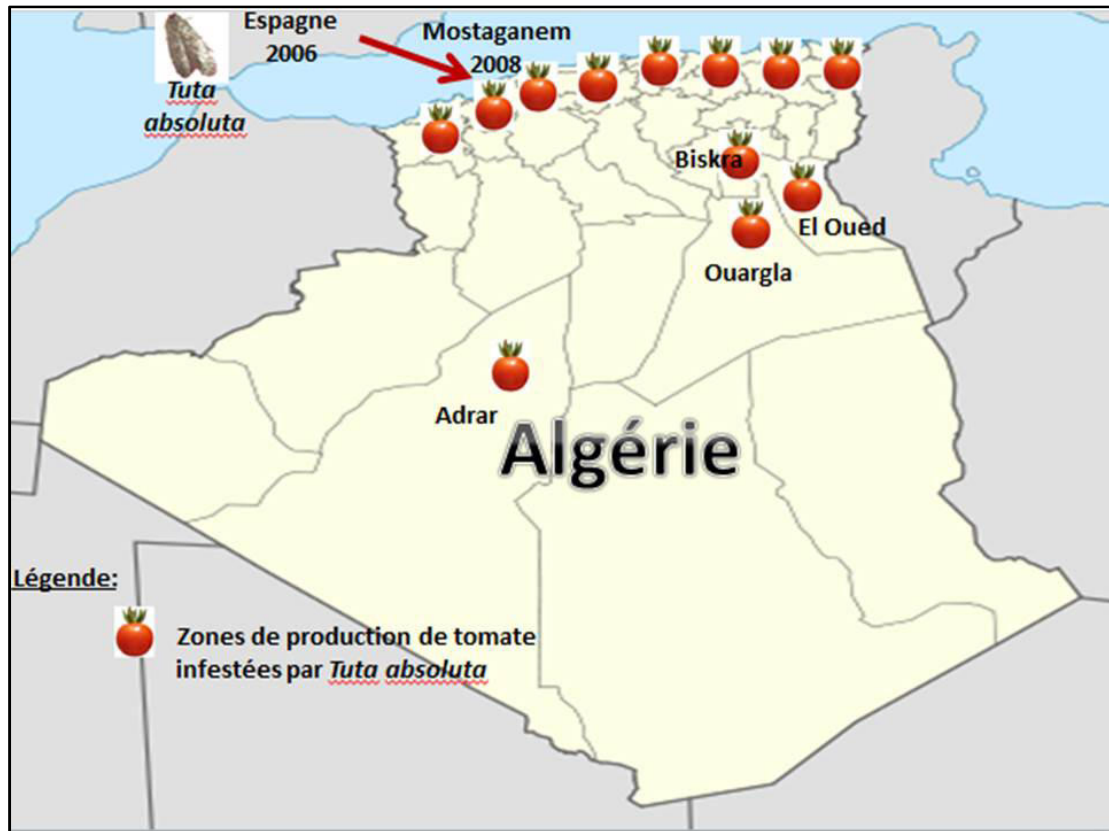
## **2.2. Répartition géographique**

*T. absoluta* est un micro-lépidoptère qui a été décrit pour la première fois au Pérou par l'entomologiste anglais Meyrick en 1917 (Razuri et Vergas, 1975) d'où son nom actuel. Dès les années quatre-vingt, le Chili, l'Argentine, la Venezuela et le Brésil ont connu des dégâts considérables dûs à ce ravageur (Estay, 2000). Dès lors, cet insecte a été considéré comme une espèce dévastatrice de la culture de la tomate dans cette partie du monde (Barrientos et al., 1998) et considérée comme espèce de quarantaine. En fin 2006, cette espèce a été introduite pour la première fois dans le Bassin méditerranéen via l'Espagne (Urbaneja et al., 2007) d'où elle a commencé à se propager, favorisée par la présence de son hôte principal qui est la tomate mais elle peut se développer sur d'autres plantes de la famille des Solanacées (Temerak, 2011). En 2010, *T. absoluta* a gagné non seulement l'ensemble des pays du pourtour méditerranéen mais aussi le nord de l'Europe et le Moyen-Orient (OEPP, 2011). Cet insecte invasif a continué à se disséminer dans le continent africain et vers le sud de l'Asie car il est déjà arrivé au Soudan, au Sénégal, au Niger, au Yémen (EPPO, 2013) et en Inde (EPPO, 2015).

En Algérie, ce micro-lépidoptère a été détecté au début de l'année 2008 dans l'ouest algérien, précisément dans la wilaya de Mostaganem (Guénaoui, 2008). Des informations détaillées sur l'introduction et la dissémination de cet insecte en Algérie sont présentées ci-dessous.

## **2.3. Historique et statut actuel de *Tuta absoluta* en Algérie**

Dès son apparition en Algérie, en 2008, *T. absoluta* a causé des dégâts considérables sur la culture de la tomate en plein champ comme sous abris (Guénaoui, 2008 ; INPV, 2010). En 2009, toutes les régions de la production de tomate ont été touchées par ce ravageur (Fig. 01), y compris dans le sud (Allache et al., 2012). Des pertes de rendement variant de 50 % à 80 % ont été enregistrées à Boumerdès, à Adrar, à Biskra et à El Oued où sont implantées des serres de tomate. Dans certains cas, les maraîchers ont dû abandonner la culture à cause des dégâts spectaculaires engendrés par le prédateur. Cette situation a eu une incidence sur le prix de la tomate qui a augmenté de 500% par rapport à la même période précédant l'apparition de cette espèce en Algérie (ONS, 2010).



**Figure 01.** Répartition géographique de *Tuta absoluta* en Algérie (Carte établie d'après des données obtenues des DSA des différentes wilayas)

#### 2.4. Méthodes de lutte utilisées contre *Tuta absoluta* en Algérie

Contre ce ravageur, seule la lutte chimique était préconisée en absence d'autres moyens efficaces. Face à cette situation, ce sont les spécialités homologuées contre les noctuelles, pucerons et aleurodes qui ont été utilisées. Comme les traitements restent peu efficaces, les agriculteurs multiplient les traitements sans pouvoir résoudre les problèmes (INPV, 2010). Les agriculteurs augmentent la dose tout en réduisant l'intervalle entre les traitements, ce qui est de nature à provoquer des problèmes liés au phénomène de résistance de l'insecte contre les molécules appliquées qui est observé dans d'autres pays (Lietti et al., 2005). Malgré les recommandations des spécialistes de respecter un délai avant-récolte, les producteurs utilisent des produits chimiques jusqu'à la date de récolte ce qui constitue un danger pour le consommateur et l'environnement. Toutes ces considérations obligent à prendre des mesures d'urgence pour contrôler l'usage des pesticides et trouver des moyens alternatifs à la lutte chimique.

Compte tenu de la gravité de la situation, un plan d'urgence a été élaboré par le ministère de l'agriculture, du développement rural et de la pêche (MADRP) pour lutter contre ce nouveau ravageur en introduisant plusieurs moyens de lutte, comme la lutte agro-technique, chimique, biotechnologique et biologique (Benddine, 2011). Des capsules à phéromones sexuelles ont été importées et distribuées gratuitement aux agriculteurs pour le piégeage des mâles; des punaises prédatrices (*Nesidiocoris tenuis* et *Macrolophus pygmaeus*) ont été importées et multipliées dans cinq centres (Mostaganem, Biskra, Chlef, Alger et El Tarf) créés à cet effet (INPV, 2010; Abdeslam-Ouezzani, 2011). Le MADRP a également sollicité l'assistance technique de la FAO pour la lutte contre la mineuse de la tomate, en organisant la formation pour tous les cadres de l'INPV (Institut National de la Protection des Végétaux). Depuis 2009, l'Algérie importe des punaises prédatrices d'Espagne afin de réaliser des campagnes de sensibilisation et de vulgarisation pour développer la lutte biologique contre *T. absoluta* (INPV, 2013). Des lâchers de cet auxiliaire ont été effectués dans des serres de plusieurs régions du pays (INPV, 2013). Toutes ces mesures incitatives n'ont pas suffi pour étendre cette technique à plus d'exploitations pour contrôler l'insecte. Des recherches sur ce déprédateur et ses antagonistes continuent d'être menées par plusieurs universités et centres de recherches afin de résoudre le problème. Les thèmes abordés concernaient l'étude de la dynamique des populations du ravageur en plein champ et sous serre (Doumandji-Mitiche et al., 2011; Mahdi et al., 2011; Oukil et al., 2011; Saïah et al., 2011), l'inventaire des ennemis naturels autochtones (Bensaad et Guénaoui, 2011; Kolaï et al., 2011; Zaïd et al., 2011; Dahliz et al., 2013), l'étude des paramètres biotiques (Guénaoui et Ghelamallah, 2008), des essais sur l'efficacité des produits bioinsecticides (Gacemi et Guénaoui, 2012; Allal-Benfekih et al., 2011), les entomopathogènes (Badaoui et al., 2011) et la lutte intégrée (Ababsia et Moumène, 2011; Amrouni, 2011; Mouhouche et Ziri, 2011).

## **2.5. Plantes hôtes**

*T. absoluta* s'attaque principalement à la tomate mais les attaques peuvent se produire sur pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) (Erdogan et Babaroglu, 2014) surtout si les conditions climatiques lui sont favorables (Pereyra et Sánchez, 2006). Ce ravageur a une grande capacité à se maintenir sur des plantes hôtes secondaires. En effet, il a été rencontré sur plusieurs plantes de la famille des Solanacées tels que

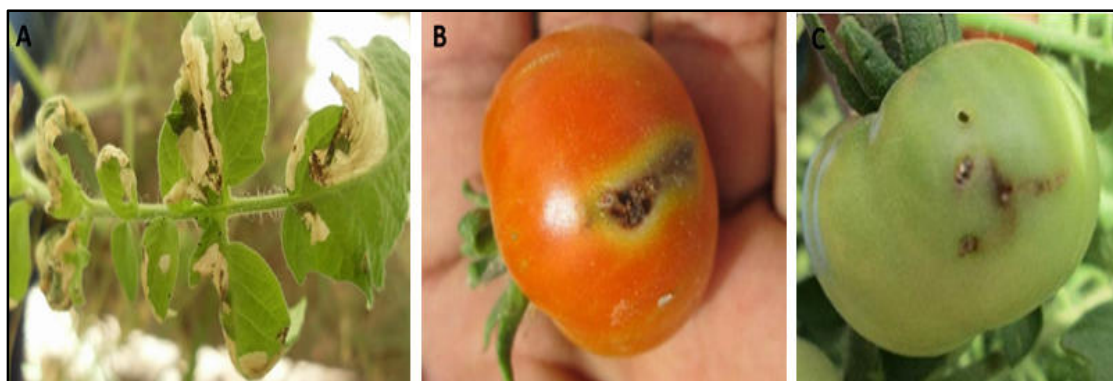
l'aubergine (*Solanum melongena* L.), le tabac (*Nicotiana tabacum* L.) et une espèce particulière de poivron (*Solanum muricatum* L.) (Vargas, 1970 ; Portakaldali et al., 2013). Sur poivron (*Capsicum annuum* L), la seule preuve de présence de mine sur jeune plant de cette espèce obtenue dans des conditions expérimentales très particulières a été observée en 2008. Elle ne permet pas de conclure que culture est une plante hôte de *T. absoluta* du fait que l'insecte n'a pas pu compléter son cycle. Plus récemment dans des essais complémentaires sur la capacité de *T. absoluta* à se reproduire sur *Capsicum annuum*, il est montré que le poivron n'est pas favorable à la mineuse (Guenaoui et al., 2015 b). Sur les espèces non cultivées, ce déprédateur a été signalé sur *Solanum nigrum* L., *Solanum eleagnifolium* L., *Solanum bonariense* L., *Solanum sisymbriifolium* Lam., *Solanum saponaceum*, *Lycopersicum puberulum*, *Datura ferox* L., *Datura stramonium* L. et *Nicotiana glauca* Graham (Garcia et Espul, 1982). D'autres plantes appartenant à différentes familles botaniques ont été signalées dans la littérature comme plantes hôtes secondaires de ce ravageur comme *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) (EPPO, 2009c), *Vicia faba* L. (Fabaceae), *Vigna unguiculata* L. (Fabaceae), *Convolvulus arvensis* L. (Convolvulaceae), *Chenopodium album* L. (Chenopodiaceae) (Portakaldali et al., 2013) et *Medicago sativa* L. (Abdul-Rassoul, 2014). Cependant, aucune étude ne confirme que *T. absoluta* accomplit son développement complet sur ces espèces. En fait, dans notre région d'étude seules quelques mines ont été observées sur *C. album* et *Malva sylvestris* L. (Malvaceae) (Fig. 02) avec présence de larves, mais aucune donnée sur le développement complet de la mineuse sur ces plantes ne permet d'affirmer qu'elles peuvent être considérées comme plantes hôtes.



**Figure 01.** Signes d'attaque de *Tuta absoluta* sur différentes plantes de la région du sud-est algérien : **A-** *Solanum melongena* L. **B-** *Chenopodium album* L. **C-** *Malva sylvestris* L. (Photos originales)

## 2.6. Dégâts

Dès leur éclosion et après une courte durée d'environ 18 minutes de parcours sur la plante, les larves de *T. absoluta* commencent à creuser des galeries sous l'épiderme des feuilles pour se nourrir du parenchyme (Fig. 03-A). Les feuilles attaquées se dessèchent, et deviennent cassantes. Ce comportement a une grande influence sur la photosynthèse (Tropea et al., 2011). Les larves peuvent sortir de leurs galeries pour infester d'autres organes comme les fruits verts ou mûrs (Fig. 3-B et C) en y laissant des trous par lesquels peuvent pénétrer des agents phytopathogènes responsables de la pourriture des tissus (Guénaoui et Bensaad, 2011 ; Guredes et Picanço, 2011) ; le rendement se trouve réduit ou même nul (Matta et Ripa, 1981). Il semble que même avec une faible attaque sur feuilles, les dégâts sur les fruits peuvent être importants (Caffarini et al., 1999 ; Cely et al., 2010). En absence de lutte, les pertes peuvent atteindre les 100 % (Hand et al., 2010; Vercher et al., 2010; Gorman et al., 2011 ; Speranza et Sannino, 2011). Des études ont démontré qu'il existe des variétés de tomate moins attaquées que d'autres (Estay et al., 1988; Chérif et al., 2013) c'est le cas de la tomate cerise (Sobreira et al., 2009).



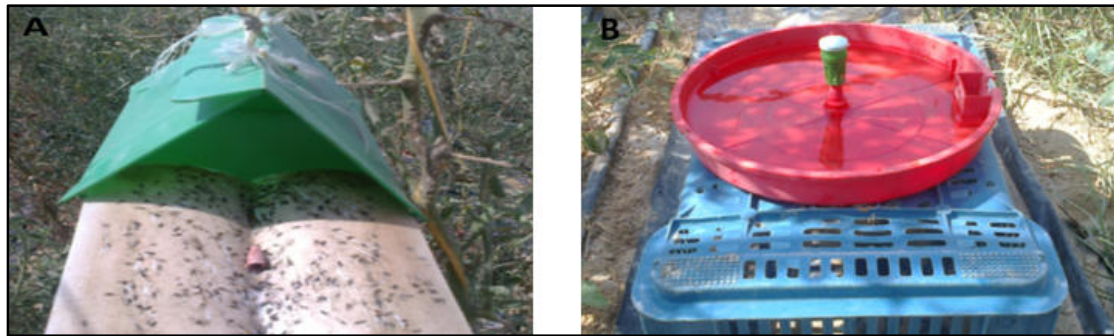
**Figure 02.** Dégâts de *Tuta absoluta* sur tomate : A- Feuilles. B- Fruit mûr. C- Fruit vert (Photos originales)

## 2.7. Moyens de lutte

### 2.7.1. Lutte agro- et biotechnique

Plusieurs moyens agro- et biotechniques ont été employés pour combattre la mineuse de la tomate. Il existe les pièges à phéromones sexuelles (Filho et al., 2000; Abbas et Chermiti, 2011 ; Delrio et al., 2012) qui attirent les mâles et les tuent (Fig. 04), l'installation des filets anti-insectes (Insect proof) au niveau des ouvertures des serres (Blom et al., 2011) pour empêcher la pénétration des adultes à l'intérieur des

abris, l'effeuillage et la destruction des organes de la plante attaquée (Baspinar et al., 2014) et l'attraction des adultes par des sources lumineuses (Kiliç et al., 2014) pour les éliminer. Des recherches ont également été menées sur l'installation de la culture de la tomate en association avec d'autres plantes qui auraient des effets répulsifs envers le déprédateur (Medeiros et al., 2009) ou attirent les ennemis naturels de *T. absoluta* (Guénaoui et al., 2014). D'autres ont essayé de connaître les effets de l'irrigation et de la fertilisation sur la réduction des attaques de la mineuse de la tomate (Han et al., 2014). Des études ont également été menées sur la résistance variétale de la tomate à ce phytophage (Thomazini et al., 2001; Sobreira et al., 2009). Tous ces moyens peuvent être utilisés en combinaison avec d'autres techniques pour mettre en place une stratégie de lutte intégrée adéquate contre ce ravageur (Taha et al., 2013).



**Figure 03.** Pièges à phéromone sexuelle employés pour la capture des adultes mâles de *Tuta absoluta* : **A-** Piège Delta, **B-** Piège à eau (Photos originales)

### 2.7.2. Lutte chimique

Malgré leurs effets néfastes sur la santé humaine et sur l'environnement, plusieurs insecticides appartenant à différents groupes chimiques sont appliqués pour lutter contre *T. absoluta*. Il s'agit d'organophosphorés, carbamates, pyréthroides (Contardo, 2010 ; Ksentini et al., 2010 ; Braham et Hajji, 2012; Larrain et al., 2014; Deleva et Harizanova, 2010) ou de flubendiamides et autres nouvelles molécules (Hand et al., 2010; Santos et al., 2011; Berima et Osman, 2014). Toutefois, ce ravageur a manifesté des formes de résistance contre plusieurs matières actives très utilisées (Haddi, 2011 ; Konus, 2014).

### **2.7.3. Les bio-insecticides**

Plusieurs produits de différentes origines naturelles ou en mélange ont été essayés contre la mineuse de la tomate. Il semblerait que ces substances aient l'avantage d'être appliquées sans risque sur la santé humaine ou l'environnement, mais il n'existe pas suffisamment de recul pour se prononcer sur leur innocuité (Guénaoui, Com. pers.). Parmi ces substances, il y a les bio-insecticides d'origine bactérienne comme le spinosad (Ksentini et al., 2010; Hanafy et El-Sayed, 2013) et l'Emamectine-Benzoate (Gacemi et Guénaoui, 2012) qui sont homologués en Algérie. D'autres bio-insecticides sont obtenus à partir des plantes à effets bio-pesticides tels que le margousier (*Azadirachta indica* A. Juss. 1830) (Kona et al., 2014; Yankova et al., 2014), l'ail (*Allium sativum* L.), l'eucalyptus (*Eucalyptus* spp.), l'anis (*Pimpinella anisum* L.), le basilic (*Ocimum basilicum* L.), la rue officinale (*Ruta graveolens* L.) (Hussein et al., 2014), la brède mafane (*Acmella oleracea* L.), le géranium (*Pelargonium zonale* L.), l'oignon (*Allium cepa*) (Ghanim et Abdel Ghani, 2014), le romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) (Ammad et al., 2012), le thym commun (*Thymus vulgaris* L.), l'arganier (*Argania spinosa* L.) (Aït Taadaouit et al., 2011), le poivre (*Piper amalago* L., *Piper glabratum* L. et *Piper mollicomum* L.) (Brito et al., 2015), l'inule visqueuse (*Inula viscosa* L.), la sauge (*Salvia officinalis* L.), la pourhère (*Jatropha curcas* L.) (Berima et Osman, 2014) ou l'ortie brûlante (*Urtica urens* L.) (Allal-Benfekih et al., 2011). Il faut reconnaître que la plupart de ces essais n'ont été conduits qu'au laboratoire et n'ont fait l'objet d'aucune étude à échelle de terrain ce qui pousse à se poser la question sur la réalité de ces produits car aucune étude économique n'a été réalisée pour évaluer le coût de production à échelle commerciale surtout que la culture de ces plantes n'est pas du tout maîtrisée en Algérie.

### **2.7.4. Lutte biologique**

Des études sur les ennemis naturels de *T. absoluta* ont été menées dans la plupart des pays de sa répartition. Les agents biologiques signalés sont des prédateurs, des parasitoïdes et des entomopathogènes. La liste des espèces entomophages recensées dans notre région d'étude est détaillée dans la partie II.

# **Partie expérimentale**

# **Partie I**

## **Etude des paramètres biotiques de *Tuta absoluta***

## Chapitre 1 : Présentation de la région d'étude et enquête

### 1.1. Position géographique et données climatiques

#### 1.1.1. Géographie et topographie

L'étude a été conduite dans la « Vallée d'Oued Righ » qui se situe dans la partie nord du sud-est algérien. Cette région s'étend sur la wilaya d'Ouargla au sud avec les Daïras de Taïbet, Mégarine, Touggourt et Témacine et sur la wilaya d'El Oued au nord avec les Daïras de Djamaa et El Méghaïr (Fig. 05) sur un axe d'environ 150 Km avec une latitude de 32°54' à 39°9' N et une longitude de 05°50' à 05°75' E. La vallée est traversée par le canal d'Oued Righ (Fig. 06) qui sert à évacuer les eaux usées des agglomérations et les eaux de drainage des palmeraies vers le grand chott Merrouane. En effet, une pente est enregistrée avec une altitude de 70 m à Témacine, pour le point le plus élevé, et de - 39 m à El Méghaïr pour le point le plus bas (Remini, 2005). La deuxième partie de l'étude a été réalisée dans la zone est d'El Oued et qui n'est pas intégrée administrativement dans la vallée d'Oued Righ.

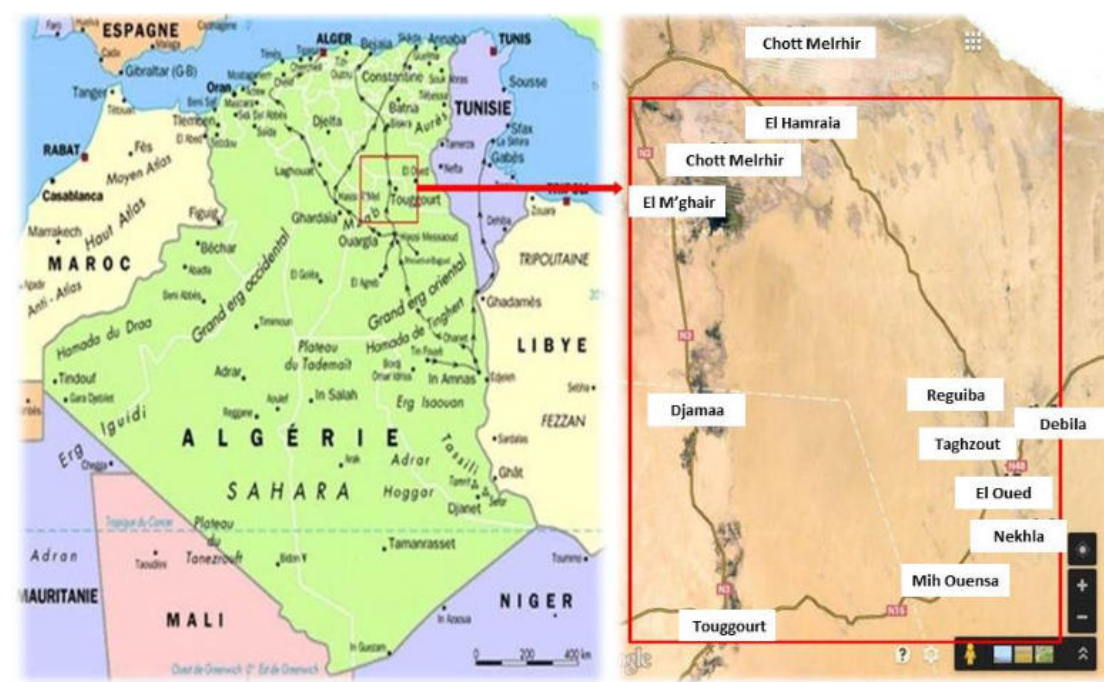


Figure 05. Carte représentant la région d'étude (Google earth, 2015)

#### 1.1.2. Données climatiques et ressources hydriques

Les données climatiques de la région d'étude fournies par la station météorologique de l'INRAA (Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie) de Touggourt montrent que la Vallée d'Oued Righ a un climat saharien qui se caractérise par un été chaud et un hiver tempéré (Fig. 07). Les précipitations sont rares et aléatoires ne dépassant pas les 17 mm au mois le plus pluvieux. L'humidité de

l'air est faible avec une moyenne annuelle de l'ordre de 48 %. Le maximum des températures est obtenu au mois d'août avec une moyenne mensuelle de 33,15° C et le minimum au mois de janvier avec 09,82° C (Année 2014). De ce fait, l'agriculture dans cette région se base exclusivement sur l'irrigation favorisée grâce au fort potentiel des ressources hydriques souterraines puisque la Vallée d'Oued Righ s'étend sur trois réservoirs d'eau : la nappe du continental intercalaire, la nappe du complexe terminal et la nappe phréatique (Remini, 2005).



Figure06. Canal d'Oued Righ (Région de Témacine)(Photo originale)

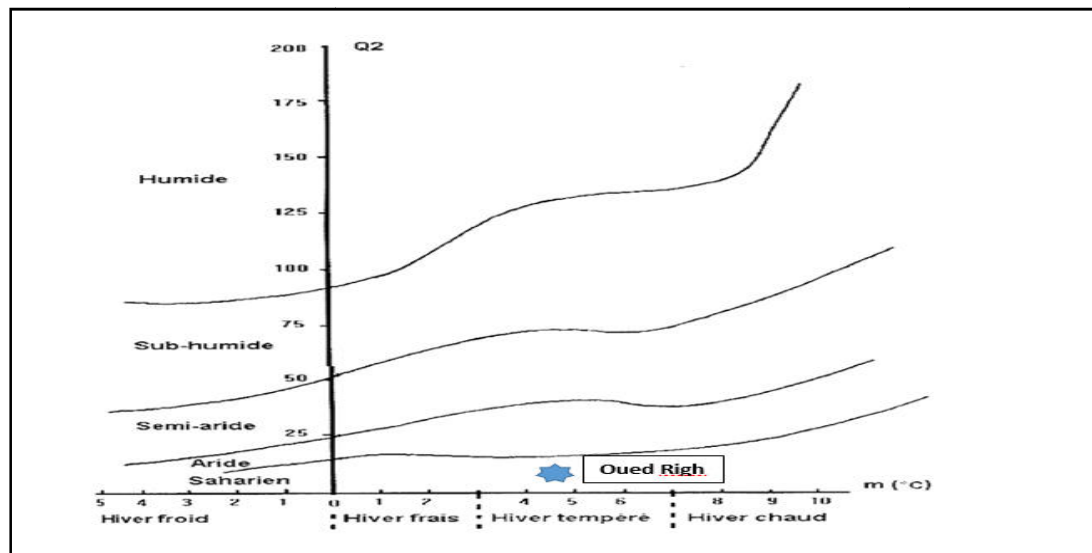


Figure 07. Climato-gramme d'Emberger de la région d'Oued Righ (2005-2014)

## 1.2. Enquête sur l'importance et la conduite de la tomate dans la région d'étude

### 1.2.1. Introduction

Le nord du sud-est algérien fournit une grande partie des produits maraîchers de l'Algérie grâce à la production de légumes et légumes-fruits de saison et d'arrière-

saison, de plein champ mais aussi sous abris. Citons l'exemple de la Wilaya d'El Oued qui est à la tête des régions productrices de la pomme de terre avec une contribution de 24 % à la production nationale avec une récolte annuelle de 1,17 million de tonnes. Elle fait aussi partie des régions de production de tomates avec une production de 611.000 quintaux cultivée sur une surface globale de 1.228 hectares (Selon le DSA d'El Oued, 2014).

On constate que les services agricoles ont des difficultés à faire appliquer les techniques nouvelles de production. Concernant les problèmes phytosanitaires, malgré la diffusion des bulletins d'avertissement qui concernent les problèmes majeurs comme la mineuse de la tomate, sur le terrain les agriculteurs réagissent de façon différente et parfois en contradiction avec les directives. Cette situation peut être en grande partie liée au niveau de formation et de professionnalisation des agriculteurs. Ce qui a motivé notre enquête.

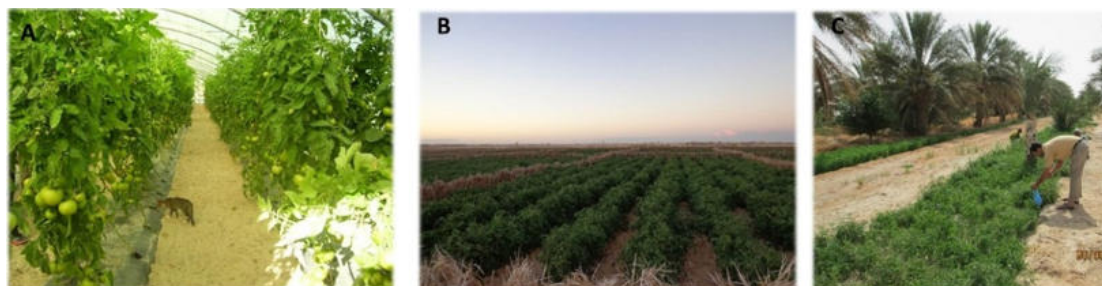
### **1.2.2. Matériel et méthodes**

Pour avoir un aperçu sur le niveau scolaire de tout le personnel du secteur agricole au niveau des exploitations de la région d'étude nous avons réalisé une enquête avec un questionnaire précis (annexe 01) qui permet d'évaluer le niveau scolaire et de formation agricole et de recueillir des informations plus fiables sur la conduite de la tomate et sa protection.

L'enquête a porté sur un échantillon de 72 exploitations de la vallée d'Oued Righ et de 30 autres dans la région est d'El Oued.

### **1.2.3. Résultats et discussion**

Dans la région d'étude, la tomate est cultivée en plein champs, sous abris ou en association avec le palmier dattier (Fig. 08).



**Figure 08.** Différents types de conduite de la tomate dans le sud-est algérien : **A-** Tomate sous serre (El Oued, mars 2013). **B-** Tomate d'arrière-saison de plein champ (El Oued, décembre 2013). **C-** Tomate cerise associée au palmier dattier (Touggourt, juin 2013) (Photos originales)

### 1.2.3.1. Vallée d'Oued Righ

Dans la région d'Oued Righ, la tomate est cultivée notamment en association avec le palmier dattier (Fig. 08-C). Cette dernière est pratiquée de façon traditionnelle et obéit à une pratique ancestrale par les agriculteurs de la Vallée d'Oued Righ car les conditions climatiques particulières de la zone assurent un microclimat parfaitement favorable à la croissance des plantes. La tomate est cultivée tout au long de l'année mais aucune donnée statistique n'existe au niveau des services agricoles au sujet des superficies exactes ou des mesures prises pour encourager cette pratique.

Notre enquête a permis de découvrir que les agriculteurs interrogés produisent leurs propres semences et n'utilisent pas de variétés hybrides comme le font d'autres. La tomate cerise est cultivée dans 45,84 % des 72 exploitations visitées dans la Vallée d'Oued Righ mais les superficies restent encore limitées parce que les services agricoles laissent le choix aux agriculteurs de favoriser les variétés qui leur conviennent. Cette prospection a permis de constater que les attaques de *T. absoluta* étaient très réduites sur cette variété. Il est fort possible que l'accroissement de la biodiversité autour de la culture qui soit responsable de cette réduction du ravageur car cette plante est toujours cultivée en association avec d'autres cultures tels que la menthe, l'oignon, le chou et l'ail puisque ces plantes sont connues par leurs effets répulsifs vis-à-vis de certains insectes.

### 1.2.3.2. Partie est de la wilaya d'El Oued

Dans la région d'El Oued, la tomate est cultivée sous serres, en plein champ comme culture de saison installée dès la mi-février et d'arrière-saison vers la mi-août. L'enquête menée dans 30 exploitations agricoles a révélé que la tomate de saison est de moins en moins pratiquée par les agriculteurs depuis l'arrivée de *T. absoluta* en Algérie car moins de 04 % des maraîchers la pratiquent actuellement. En revanche, la culture d'arrière-saison est pratiquée par la plupart des producteurs parce qu'elle se trouve favorisée par les conditions climatiques locales qui sont des températures favorables à la production de la tomate de fin-août à fin-février. Ces conditions ont également l'avantage de limiter l'apparition des maladies et de ravageurs ce qui offre une production de bonne qualité commerciale qui permet aux producteurs de faire des bénéfices.

Dans la partie est de la wilaya d'El Oued on constate un important développement de la filière car les superficies ont augmenté de 33% tandis que les productions ont enregistré une hausse de 45 % dès 2010 /2011.

#### **1.2.3.2.1. Niveau de scolarité des agriculteurs**

Les résultats de cette enquête montrent que 30 % des producteurs ont un niveau universitaire, 40 % ont une formation secondaire, 20 % ont un niveau moyen et seulement 06,67 % ont une formation primaire. Ces données montrent que le niveau de scolarité des agriculteurs devrait leur permettre de se documenter, de lire et comprendre au moins les notices qui accompagnent les produits utilisés malheureusement il ne permet pas d'évaluer leur compétence et leur savoir-faire sur le terrain.

#### **1.2.3.2.2. Superficies, variétés et mode d'installation de la tomate**

La superficie réservée à la tomate par agriculteur varie entre 0,5 et 05 hectares. Plus de la moitié des agriculteurs (53,33 %) cultivent au moins un hectare de tomate, 35 % en cultive entre 02 et 02,5 hectares et seulement 03,33 % cultivent 05 hectares (Annexe 02). La plupart des producteurs (96,6 %) installent la tomate de plein champ comme culture d'arrière-saison, d'août à février, alors que la tomate de saison n'est que peu pratiquée. Plusieurs variétés hybrides sont utilisées portant le nom de Petra, Aya et Ziralda ; les deux premières sont cultivées par plus de 50 % des agriculteurs.

Les variétés ne renseignant sur aucune caractéristique biologique sont en vente libre soulevant de nombreuses questions.

#### **1.2.3.2.3. Problèmes phytosanitaires de la tomate**

Selon les agriculteurs interviewés, les problèmes phytosanitaires rencontrés dans la culture de tomate sont dûs essentiellement à *T.absoluta* (36,67 %), aux noctuelles (33,33 %), au mildiou (20 %) et aux acariens (10 %) ce qui montre que la 1<sup>ère</sup> contrainte à la production dans cette région reste bien la mineuse de la tomate. Cette approche des problèmes montre tout l'intérêt d'une mise en place d'une stratégie de lutte favorisant les moyens les moins polluants pour accroître la production. Il est nécessaire de sensibiliser les agriculteurs sur l'intérêt de maintenir une biodiversité à la fois végétale et animale seule garantie d'un développement durable.

#### **1.2.3.2.4. Place de *Tuta absoluta* parmi les problèmes phytosanitaires de la tomate**

L'arrivée de *T. absoluta* en Algérie a perturbé totalement les producteurs de tomate dans le sud. La majorité (96,67 %) des agriculteurs interrogés ont abandonné la tomate de plein champ au printemps à cause des attaques sévères provoquées par cet insecte en cette période de l'année, 60 % des agriculteurs ont réduit les superficies cultivées en tomate pour les mêmes raisons. En conclusion, près de 87 % des producteurs considèrent que la mineuse constitue un problème majeur pour la production de la tomate.

#### **1.2.3.2.5. Moyens de lutte envisagés par les agriculteurs pour combattre *Tuta absoluta***

L'enquête montre que la lutte pratiquée contre la mineuse de la tomate dans la région d'El Oued se base uniquement sur l'application des produits chimiques au moment où aucun bio-insecticide n'a été utilisé. 73% des agriculteurs ont dit avoir essayé tous les insecticides dont ils disposaient pour combattre *T. absoluta*, 27 % seulement ont utilisé un produit spécifique aux lépidoptères. Plus de 20 % des producteurs ont traité au moins 20 fois durant le cycle de la culture, soit avec une fréquence de trois fois par semaine pour 33,33 % des agriculteurs, 37 % ont traité tous les 07 jours et seulement 03,33 % ont traité toutes les trois semaines ce qui correspond à la rémanence de plusieurs produits insecticides.

Si on analyse ces données on réalise que la situation est grave. Lorsque les producteurs sont confrontés à des bioagresseurs nouveaux ou même endémiques ils font usage de produits chimiques sans discernement et de façon inacceptable. L'absence de contrôle sur le terrain conduit à des comportements qui mettent en danger la santé et même la vie des consommateurs. Nous avons pu constater dans certaines régions de productions de tomate des pulvérisations d'insecticides sur la production récoltée.

### **1.3. Conclusion partielle**

L'enquête a permis d'aboutir aux constatations suivantes :

Bien que la tomate soit produite sur des superficies limitées dans la Vallée d'Oued Righ, l'utilisation des pratiques traditionnelles qui associent plusieurs cultures sur la même sole permet aux agriculteurs d'avoir une production saine ne nécessitant parfois aucun traitement chimique. C'est une situation qui est en adéquation avec les

principes du développement durable. L'installation de la tomate en association avec d'autres cultures (Chou, menthe, ail, ...), est une technique pratiquée par les producteurs de la Vallée d'Oued Righ, mais elle est aussi pratiquée dans d'autres régions du monde parce qu'elle accroît la biodiversité qui est un facteur important dans la protection de l'environnement.

Dans la région est de la wilaya d'El Oued, les superficies sont en nette augmentation. La mineuse constitue le problème majeur. La mauvaise gestion des produits phytosanitaires accroît les difficultés. La tomate de plein champ en arrière-saison constitue la meilleure solution pour lutter contre *T. absoluta* dans la région.

## **Chapitre 2 : Etude des paramètres biotiques de *Tuta absoluta***

### **2.1. Cycle biologique et paramètres d'accroissement de la population**

#### **2.1.1. Introduction**

L'accroissement des populations chez les insectes est sous la dépendance de nombreux facteurs qui sont déterminés génétiquement, tels que les paramètres biotiques propres à l'espèce, le cas de la fécondité des femelles, la fertilité des œufs, la durée de développement, la longévité des adultes et la sex-ratio qui jouent un rôle primordial dans la croissance de la population de ces arthropodes (Cardona et Oatman, 1975). Ils sont sous l'influence des conditions du milieu tels que la température, l'humidité, la photopériode, la disponibilité de l'alimentation mais aussi le cortège des ennemis naturels (Murray, 1982 ; Inkinen, 1994 ; Brodeur et *al.*, 2013).

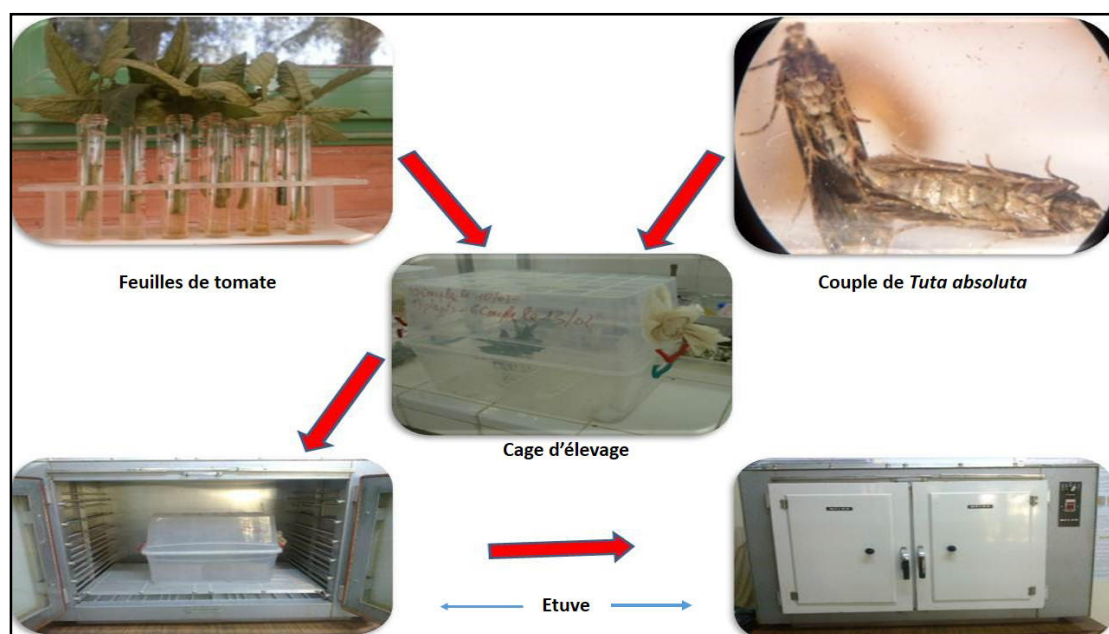
L'établissement d'une stratégie de lutte efficace contre la mineuse de la tomate dans le sud-est algérien nécessite en plus de l'acquisition de connaissances sur sa biologie une vision plus réaliste des entomophages autochtones qui peuvent être utilisés dans cette région du sud. Le présent travail se propose d'étudier plusieurs paramètres biotiques tels que la durée de développement, la fécondité des femelles, la fertilité des œufs, la longévité des adultes et les paramètres d'accroissement des populations de cet insecte.

#### **2.1.2. Durée de développement, fertilité des œufs et mortalité**

##### **2.1.2.1. Matériel et méthodes**

Pour obtenir des adultes, nous avons récolté des feuilles de tomate infestées de larves âgées de *T. absoluta*. Des couples ont été placés dans des cages d'élevage en plastiques d'une dimension de 35 cm X 30 cm X 25 cm. Les adultes ont été nourris avec un mélange de miel et d'eau. La solution nutritive leur a été présentée sur un morceau d'ouate suspendu à l'intérieur de la cage. Des boîtes de Pétri dont le fond a été couvert avec du coton ont été placées à l'intérieur des cages comme support de ponte. 24 heures plus tard, les œufs sont comptés et placés dans une enceinte d'élevage (Fig. 09) dans laquelle la température a été réglée à 25° C avec une humidité de 70 ± 10 % et une photopériode de 16 heures sur 24 heures. Ces conditions ont été choisies parce qu'elles sont favorables à la mineuse de la tomate (Razuri et Vergas, 1975 ; Erdogan et Babaroglu, 2014 ; Attwa et *al.*, 2015). La durée embryonnaire et le nombre d'œufs éclos ont servi à calculer le taux de fertilité.

Les larves néonates ont été déposées individuellement sur des feuilles de tomate gardées turgescentes le plus longtemps possible. L'ensemble feuille-tube (Fig. 14) a été introduit dans une mini-cage recouverte par un morceau de tulle, pour assurer son aération et placé dans l'enceinte d'élevage. Le support végétal a été remplacé tous les trois jours jusqu'à l'apparition des chrysalides. Le sexage des individus a été réalisé sur les chrysalides par l'examen de la partie terminale de la nymphe et le sexe a été confirmé au stade adulte. La durée de développement et le taux de mortalité des stades pré-imaginaux ont été enregistrés. La sex-ratio, qui est la proportion des femelles dans la population exprimée par le nombre des femelles divisé par le nombre des deux sexes (Birch, 1948), a également été notée.



**Figure 09.** Dispositif d'élevage de *Tuta absoluta* (Photos originales)

#### 2.1.2.2. Résultats et discussion

Dans les conditions de cette étude, *T. absoluta* a complété son cycle de développement en 24 jours (Tableau 01). L'incubation des œufs dure en moyenne 04 jours, le développement larvaire dure environ 12 jours tandis que le stade nymphal dure entre 08 et 09 jours. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par d'autres chercheurs (Razuri et Vergas, 1975 ; Barrientos et *al.*, 1998; Attwa et *al.*, 2015) dans les mêmes conditions. Gharekhani et Salek-Ebrahimli (2013) ont enregistré des valeurs entre 23 et 26 jours pour le cycle complet de cet insecte dans les mêmes conditions ; alors que Reda et Hatem (2012) ont avancé des valeurs entre 26 et 30 jours pour ce même paramètre. Dans une étude sur une espèce voisine,

*Keiferialycopersicella* Walsingham (Lepidoptera : Gelechiidae), élevée sur tomate et dans les mêmes conditions, Lin et Trumble (1985) ont enregistré des résultats très proches de ceux obtenus dans cette étude. Sur un autre micro-lépidoptère, le ravageur du poivron *S.dulce*, Perez (2012) a noté 04,07 jours, 10,72 jours, 09,61 jours et 24,14 jours pour l'incubation des œufs, les stades larvaires, la phase nymphale et le cycle complet respectivement.

Le taux de fertilité a été exprimé sur un total de 436 œufs et correspond à 75 %. Certains auteurs ont enregistré entre 80 et 96% (Cuthbertson et al., 2013; Reda et Hatem 2012) dans des conditions très proches. Les données de la fertilité ont servi dans le calcul des paramètres d'accroissement des populations de *T. absoluta*.

77 chrysalides, de même âge, ont été utilisées pour exprimer la sex-ratio qui est de 0,67 avec 67 femelles pour cent adultes. Attwa et al. (2015), à 28° C, ont indiqué une valeur proche pour *T. absoluta* (0,62) et pour *P.operculella* sur tomate. La sex-ratio est une valeur instable qui dépend de plusieurs facteurs : température, variété de plante hôte, disponibilité de nourriture.

La mortalité naturelle chez les individus de *T. absoluta* a été observée notamment parmi les jeunes stades de développement. En effet, des taux de 25,2 % et 02,13 % ont été enregistrés pour les stades œuf et larve respectivement ; aucune mortalité n'a été notée au stade nymphal. La même constatation a été faite par Gharekhani et Salek-Ebrahimli (2013) pour *T. absoluta* ainsi que par Perez (2012) pour *S.dulce* élevé sur poivron dans les mêmes conditions. La mortalité globale des stades pré-imaginaux a été estimée ainsi à 27,38 %. La mortalité est sans doute plus élevée sur le terrain puisqu'il y a en plus l'action des antagonistes que certains auteurs estime à près de 20 % (Peterson et al., 2009).

**Tableau 1.** Paramètres biotiques de *Tuta absoluta* élevé sur tomate à T= 25° C, HR=60%et à une photopériode de 16 h/24 h

Paramètre	Valeur			N
	Min.	Max.	Moyenne ± SE	
Fécondité des femelles (Oeufs/Femelle)	02	203	72,5 ± 55,01	30
Durée d'incubation des œufs (Jours)	04	05	04,13 ± 0,35	30
Durée des stades larvaires (Jour)	10	13	11,57 ± 0,77	30
Durée du stade nymphal (Jour)	06	11	08,07 ± 01,48	30
Durée du cycle de développement total (Jour)	20	29	23,77 ± 01,79	30
Longévité des femelles sans alimentation (Jour)	05	22	10,47 ± 03,95	30
Longévité des mâles sans alimentation (Jour)	02	08	04,50 ± 02,00	30
Fertilité des œufs (%)	/	/	74,75 ± 08,43	436
Mortalité au stade embryonnaire (%)	/	/	25,25	436
Mortalité au stade larvaire (%)	/	/	02,13	45
Mortalité au stade nymphal (%)	/	/	00,00	30
Mortalité totale dans les stades pré-imaginaux (%)	/	/	27,38	511
Nombre des mâles dans la population (%)	40,26			77
Sex-ratio	0,67			77

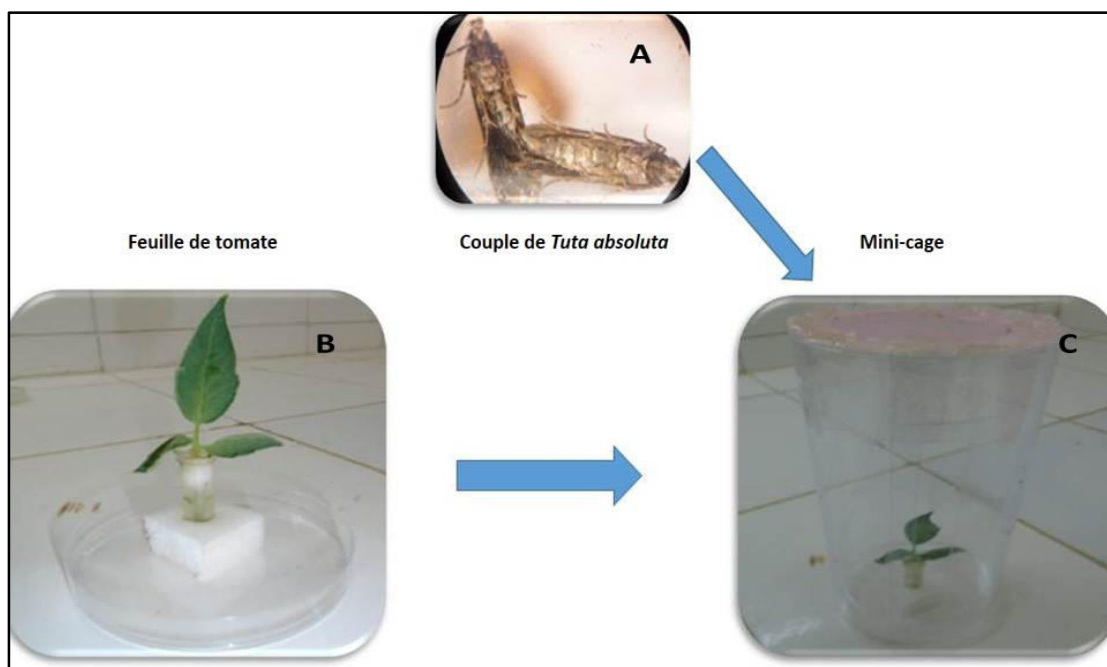
### 2.1.3. Fécondité des femelles et longévité des adultes

#### 2.1.3.1. Matériel et méthodes

Les individus de *T. absoluta* utilisés dans cet essai ont été obtenus des élevages décrits précédemment. Des adultes provenant de chrysalides du même âge sont nourries de solution miel plus eau. Un seul couple a été placé par cage (Fig. 10-A). Comme support de ponte aux femelles des feuilles hydratées ont été offertes (Fig. 10-B). Les mini-cages (Fig. 10-C) ont été placées dans l'enceinte d'élevage décrite précédemment avec les mêmes conditions. La fécondation des femelles est considérée réelle quand la position d'accouplement est observée. Le nombre d'œufs par femelle par jour est noté jusqu'à la mort naturelle des femelles. Pour stimuler la ponte on a introduit un mâle dans chaque cage (Erdogan et Babaroglu, 2014).

Sachant que le phénomène de parthénogenèse a été décrit chez les lépidoptères (Lukhtanov et Puplesiene, 1999 ; Grapputo et *al.*, 2005) et que certains auteurs (Megido et *al.*, 2012; Abbes et *al.*, 2013 ; Amaury, 2013) ont signalé ce type de reproduction chez *T. absoluta*, nous avons essayé de suivre à plusieurs reprises des femelles vierges pendant toute leur durée de vie. Ainsi, des femelles vierges (non fécondées et placées individuellement dans les cages) ont été traitées de la même manière précédente pour étudier l'hypothèse de reproduction de *T. absoluta* par parthénogenèse.

La longévité des adultes de *T. absoluta* a été conduite dans les mêmes conditions que pour la fécondité, sauf que les insectes n'ont pas été nourris.

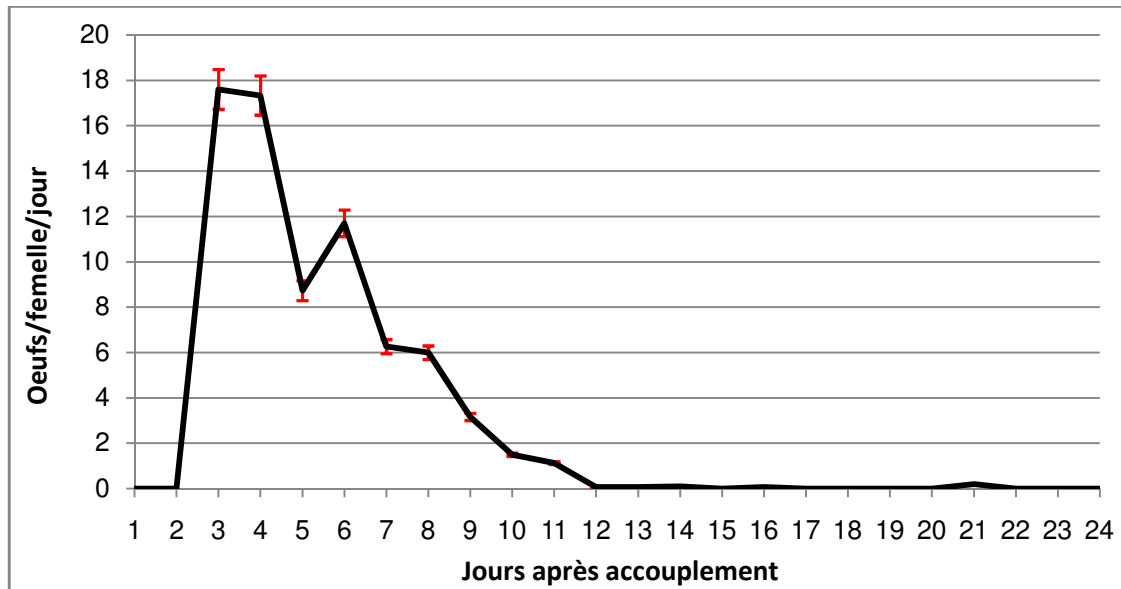


**Figure 10.** Dispositif d'étude de la fécondité de *Tuta absoluta* (Photos originales)

### 2.1.3.2. Résultats et discussion

La fécondité moyenne globale des femelles de *T. absoluta* est de 72 œufs/femelle (Tableau 1) avec un maximum de 203 œufs/femelle. Le maximum obtenu par plusieurs chercheurs dans des conditions similaires se situe entre 130 et 200 œufs/femelle (Razuri et Vergas, 1975 ; Erdogan et Babaroglu, 2014 ; Attwa et *al.*, 2015). Certains auteurs ont avancé des valeurs moyennes moins importantes (entre 77 et 92 œufs/femelles) (Gharekhani et Salek-Ebrahimli, 2013) ou même plus élevées (entre 250 et 270 œufs/femelle) (Reda et Hatem, 2012) sur différentes variétés de tomate. Sur la teigne de la pomme de terre, *Phthorimaea operculella* (Zeller)

(Lepidoptera : Gelechiidae), élevée sur tomate à des conditions proches, Attwa et al (2015) ont obtenu 77 œufs/femelle. L'action d'accouplement chez *T. absoluta* peut durer plus de 04 heures et les femelles fécondées commencent à pondre à partir du 2<sup>ème</sup> jour de leur émergence (Fig. 11). Ainsi, la période de pré-reproduction est d'environ un jour ce qui a été noté par Gharekhani et Salek-Ebrahimi (2013) dans les mêmes conditions. La période de reproduction est de 10 jours. Attwa et al (2012) ont enregistré 08 jours pour *T. absoluta* et 05,8 jours pour *P. operculella* à 28° C. 91,48 % des œufs sont pondus à l'âge jeune (du 2<sup>ème</sup> au 6<sup>ème</sup> jour après l'émergence) (Fig. 11). Ces résultats sont en concordance avec ceux de Silva (2012) dans les mêmes conditions. C'est aussi le cas, selon Perez (2012), de *Symmetrischemadulce* Povolny (Lepidoptera : Gelechiidae) élevée dans les mêmes conditions sur poivron. Il y a donc une certaine homogénéité au sein de la famille des Gelechiidae.



**Figure 11.** Evolution de la fécondité journalière moyenne de la femelle fécondée de *Tuta absoluta*

Les résultats obtenus dans les conditions de cette étude montrent que *T. absoluta* ne se multiplie que par voie sexuée comme constaté dans le nord du pays (Guénaoui et al., 2015b), contrairement à ce qui a été annoncé par certains auteurs (Abbes et al., 2013; Amaury, 2013). Le phénomène de parthénogenèse a été signalé chez quelques lépidoptères des genres *Coleophora* (Lepidoptera : Coleophoridae) (Lukhtanov et Puplesiene, 1999) et *Dahlia* (Lepidoptera : Psychidae) mais sur *T. absoluta* aucune donnée sur la parthénogenèse n'est disponible dans son pays d'origine.

Les adultes de *T. absoluta* ont une longévité moyenne, sans alimentation, de 10,5 jours pour les femelles (avec un maximum de 22 jours) et 04,50 pour les mâles (avec un maximum de 08 jours). Des valeurs plus importantes (autours de 22 jours) ont été avancées par Silva (2012) dans les mêmes conditions. A 28° C, Attwa et al.(2015) ont enregistré 13,6 jours pour la mineuse de la tomate et 15,2 jours pour la teigne de la pomme de terre élevées toutes deux sur tomate. On observe une variabilité qui peut être dûe à plusieurs facteurs.

## 2.1.4. Analyse des paramètres d'accroissement de la population

### 2.1.4.1. Matériel et méthodes

L'étude des paramètres d'accroissement potentiel des populations des arthropodes en fonction du milieu est très utile à la compréhension de la dynamique de leurs populations pour mieux apprécier l'efficacité des parasitoïdes ou des prédateurs ou connaître l'effet des facteurs physiques sur les espèces étudiées (Gutierrez et Chazeau, 1972 ; Le Rüe et Papierok, 1987 ; Jha et al., 2012).

Les données de cette étude permettent d'établir une table de vie de *T. absoluta* avec le calcul du taux net de reproduction de la population ( $R_0$ ), le taux intrinsèque d'accroissement naturel ( $r_m$ ), le taux limite d'accroissement ( $\lambda$ ), la durée moyenne d'une génération ( $T$ ) et le temps de doublement de la génération ( $TD$ ).

Les formules de Birch (1948), expliquées ci-dessous (Birch, 1948, Evans et Smith, 1952 ; Le Rüe et Papierok, 1987), ont été utilisées dans le calcul de ces paramètres.

Formules de Birch (1948) :

$$\begin{aligned} R_0 &= \sum (m_x l_x) \\ T &= (\sum m_x l_x \cdot x) / \sum (m_x l_x) \\ r_m &= \ln R_0 / T \\ \lambda &= e^{r_m} \\ TD &= \ln (2) / r_m \end{aligned}$$

Avec :

- 1- ( $R_0$ ) est le nombre de descendants femelles produits chaque jour par une femelle présente au temps (x) pendant une génération.
- 2- ( $X$ ) est l'âge des femelles en jours.
- 3- ( $m_x$ ) est le nombre de femelles nées d'une femelle d'âge (x).

- 4- ( $I_x$ ) est la proportion de femelles en vie au jour (x).
- 5- ( $r_m$ ) est un taux instantané de multiplication qui résume la capacité d'accroissement d'un organisme dans des conditions données.
- 6- ( $T$ ) est la durée moyenne d'une génération.
- 7- ( $\lambda$ ) est le taux limite d'accroissement.
- 8- ( $TD$ ) est le temps de doublement de la génération.

#### 2.1.4.2. Résultats et discussion

Les données de la table de vie d'une cohorte de 30 femelles fécondées de *T. absoluta* sont présentées dans le tableau 02. Ces valeurs ont permis de calculer les paramètres d'accroissement de la population de cette espèce tels que le taux net de reproduction de la population en une génération ( $R_0$ ), le taux intrinsèque d'accroissement naturel ( $r_m$ ), le taux limite d'accroissement ( $\lambda$ ), la durée moyenne d'une génération ( $T$ ) et le temps de doublement de la génération ( $TD$ ). La courbe d'évolution de la première génération de ce ravageur a également été tracée à partir de ces valeurs. Le taux net de reproduction de la population de *T. absoluta* ( $R_0$ ) est de 21,67 femelles /femelle /génération, la durée moyenne d'une génération ( $T$ ) est de 27,72 jours, le taux intrinsèque d'accroissement naturel ( $r_m$ ) est de 0,05 (ou une croissance de 05 % par génération), le taux limite d'accroissement ( $\lambda$ ) est de 01,05 femelles/femelle/jour et le temps de doublement d'une génération ( $TD$ ) est de 06,25 jours (Tableau 03). Dans des conditions proches, Pereyra et Sanchez (2006) ont enregistré des valeurs de 48,92, 0,14, 27,98 sur tomate et 14,43, 0,08, 32,35 sur pomme de terre pour  $R_0$ ,  $r_m$  et  $T$  respectivement ; Silva (2012) a obtenu des valeurs très supérieures avec un taux net de reproduction ( $R_0$ ) de 68,26 femelles / femelle et un durée de generation de 26,29 jours, un  $r_m$  de 0,16, et un temps de doublement d'une generation ( $TD$ ) plus court de 04,32 jours. Reda et Hatem (2012) ont obtenu des valeurs comparables. Attwa et al (2015) ont enregistré des valeurs supérieures aux nôtres avec un  $R_0$  de 73,8, un  $r_m$  de 0,17, un  $\lambda$  de 1,19, et avec un temps plus court pour  $T$  (24,4 jours) et  $TD$  (04,33 jours) pour *T. absoluta*. Sur d'autres espèces voisines de *T. absoluta* et dans les mêmes conditions que celles de cette expérimentation. Perez (2012) a obtenu un  $r_m$  de 0,0035, un  $T$  de 31,21 jours, un  $\lambda$  de 01,00 et un  $TD$  de 06,34 jours pour *S.dulce* élevé sur poivron. Attwa et al (2015) ont enregistré un  $R_0$  de 41,76, un  $r_m$  de 0,12, un  $\lambda$  de 1,13, un  $T$  de 33,2 et un  $TD$  de 2,73 pour *P.operculella* élevé sur tomate.

La courbe d'évolution de la population de la première génération montre une croissance exponentielle des effectifs (cumulés) de *T. absoluta* jusqu'à l'âge de 36,77 jours puis elle connaît une stabilisation avec l'arrêt de la ponte ou la mort des femelles (Fig. 12).

**Tableau 02.** Table de vie complète établie à partir d'une cohorte de 30 femelles fécondées de *Tuta absoluta* élevées sur tomate (T° : 25 °C, HR : 60 ± 10 %, Photopériode : 16 h/ 24 h)

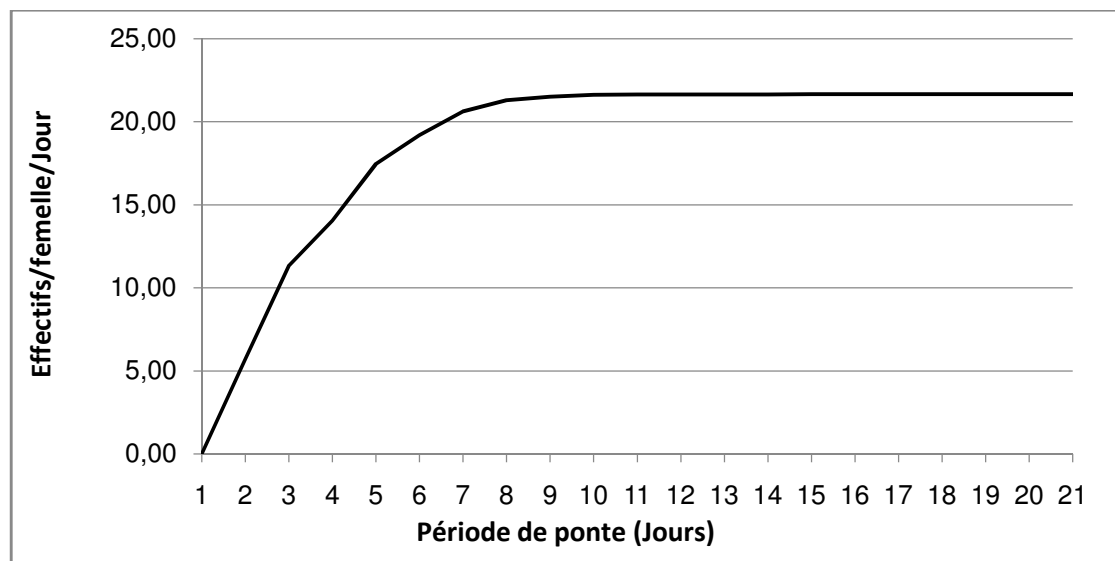
Age (x)	Femelles survivantes (l <sub>x</sub> )	Nombres des œufs femelles/femelle (m <sub>x</sub> )	l <sub>x</sub> .m <sub>x</sub>	x.l <sub>x</sub> .m <sub>x</sub>	l <sub>x</sub> .m <sub>x</sub> cumulé
0-24,77					Œuf – larve et maturité sexuelle
25,77	01,00	5.71	5.71	147,08	05.71
26,77	01,00	5.62	5.62	150,47	11.33
27,77	0.96	2.83	2.72	75,50	14.05
28,77	0.90	3.79	3.41	98,24	17.46
29,77	0.86	2.03	1.75	52,03	19.21
30,77	0.73	1.95	1.42	43,71	20.63
31,77	0.66	1.03	0.68	21,53	21.31
32,77	0.43	0.49	0.21	6,85	21.52
33,77	0.33	0.37	0.12	4,10	21.64
34,77	0.33	0.02	0.01	0,25	21.65
35,77	0.26	0.02	0.01	0,20	21.65
36,77	0.26	0.03	0.01	0,31	21.66
37,77	0.2	0.00	0.00	0,00	21.66
38,77	0.16	0.02	0.00	0,13	21.66
39,77	0.13	0.00	0.00	0,00	21.66
40,77	0.13	0.00	0.00	0,00	21.66
41,77	0.13	0.00	0.00	0,00	21.66
42,77	0.13	0.00	0.00	0,00	21.66
43,77	0.1	0.06	0.01	0,28	21.67
	<b>Total</b>	<b>23.98</b>	<b>21.67</b>	<b>600,70</b>	<b>21.67</b>

Dans cette étude *T. absoluta* forme une génération en 28 jours, double son effectif tous les 06,25 jours, avec une capacité d'accroissement de 05 % par génération. La différence obtenues dans des conditions proches et sur la même plante-hôte (la tomate) peut être due à l'effet variété (Estay et al., 1988 ; Gray et al., 1999 ; Thomazini et al., 2001; Moreira, 2006 ; Sobreira et al., 2009 ; Dias et al., 2013 ; Suinaga et al., 2004). En d'autres termes, il apparaît que la variété (Sahara) utilisée dans cette étude semble être moins sensible à *T. absoluta* que celles testées par d'autres auteurs car le taux d'accroissement (r<sub>m</sub>) enregistré est relativement faible

(0,05). Les conditions thermiques élevées du Sud n'ont pas empêché la mineuse de se maintenir dans l'environnement saharien où les hausses de températures atteignent 45° C; cela tient à sa capacité d'adaptation.

**Tableau 3.** Paramètres d'accroissement de la population d'une génération de *Tuta absoluta* calculés à partir d'une cohorte de 30 femelles fécondées élevées sur tomate (T° : 25 °C, HR :60 %, Photopériode : 16 h/ 24 h)

Paramètre	Formule	Valeur
Durée moyenne d'une génération	$T = \sum x.l_x.m_x / \sum l_x.m_x$	27,72 jours
Taux net de reproduction	$R_0 = \sum l_x.m_x$	21,67 femelles / femelle / génération
Taux intrinsèque d'accroissement	$r_m = \ln (R_0)/T$	0,05 femelle/femelle/jour
Durée de doublement de la génération	$TD = \ln (2)/r_m$	06,25 jours
Taux limite d'accroissement	$\lambda = \exp (r_m)$	01,05 femelle/femelle/jour



**Figure 12.** Evolution de l'effectif de première génération d'une cohorte de 30 femelles de *Tuta absoluta*.

## 2.2. Étude de la dynamique des populations de *Tuta absoluta*

### 2.2.1. Introduction

La dynamique des populations consiste à étudier la variation, au cours du temps, du nombre d'individus d'un être vivant. Celle-ci constitue le meilleur moyen pour détecter la présence des arthropodes ravageurs, de suivre leur évolution et de connaître l'ampleur de leurs dégâts. L'étude des variations des infestations de ces

organismes peuvent révéler des données importantes sur les relations plantes-hôtes/insectes/ennemis naturels. Elle permet également de recueillir des informations très utiles pour déterminer les conditions pour la mise en place d'une stratégie de lutte adéquate contre les déprédateurs.

Dans cet essai nous avons suivi la dynamique des populations de cet insecte sous abris plastique non chauffé avec l'utilisation de filet insect proof et le piégeage sexuel des mâles.

## **2.2.2. Matériel et méthodes**

### **2.2.2.1. Site d'étude**

Cette étude a été conduite à la station expérimentale de l'INRAA (Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie) de Sidi Mehdi (Sud-est algérien). Le site de travail (Fig. 13) se situe dans la région d'Oued Righ. Il est distant de 160 Km, au nord-est, du chef-lieu de la wilaya d'Ouargla. L'expérimentation a été menée dans des serres en plastique non-chauffées (Fig. 14) installées dans une palmeraie d'environ 2500 palmiers dattiers.



**Figure 13.** Site expérimental de l'INRAA (Sidi Mehdi, Touggourt) (Google earth, 2015). Le carré désigne les serres d'étude



**Figure 14.** Serres expérimentales

Les plants de variété Sahara (Hybride F1) ont été obtenus par semis dans une pépinière protégée avec un filet insect-proof (Fig. 15) pour prévenir toute attaque de *T. absoluta*, aleurodes ou pucerons. La culture a été conduite sur huit lignes distantes de 80 cm et 40 cm en inter-plants. Le sol a été couvert avec un paillage plastique noir pour empêcher le développement des mauvaises herbes et diminuer l'évaporation (Fig. 16). L'irrigation a été assurée par le système de goutte-à-goutte (Fig. 17) avec une fréquence de deux irrigations par semaine. La culture a été mise en place vers la fin-octobre. Elle a été conduite de la même façon pour les cinq campagnes (2010-2015). Le suivi des populations adultes mâles de *T. absoluta* a été réalisé grâce à des pièges à phéromones de type Delta à l'intérieur des serres à une hauteur de 180 cm et à raison de 02unités par serre (Fig. 18-A et B). Des pièges à eau ont également été placés dans les mêmes abris (Fig. 18-C et D) pour comparer les taux d'infestation enregistrés par les deux pièges. Chaque piège est muni d'une capsule qui sert à diffuser la phéromone sexuelle. Les mâles sont capturés lorsqu'ils se rapprochent de la capsule poséesur le papier englué du piège delta ou en tombant dans l'eau savonneuse du piège à eau. Les capsules sont remplacées chaque mois. Le dénombrement a été réalisé deux fois par semaine pendant tout le cycle début jusqu'à la fin de la culture pour chaque campagne. Aucun traitement pesticide ou amendement chimique n'ont été apportés durant tout le cycle.



Figure 15. Pépinière pour la production de plants de tomate

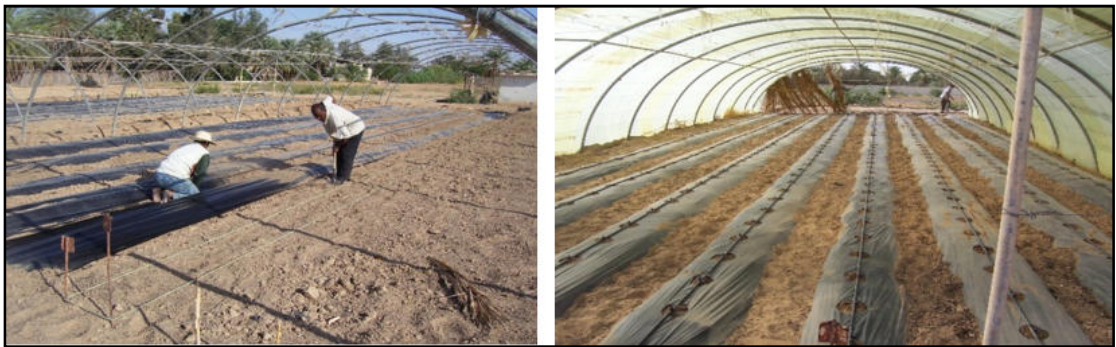


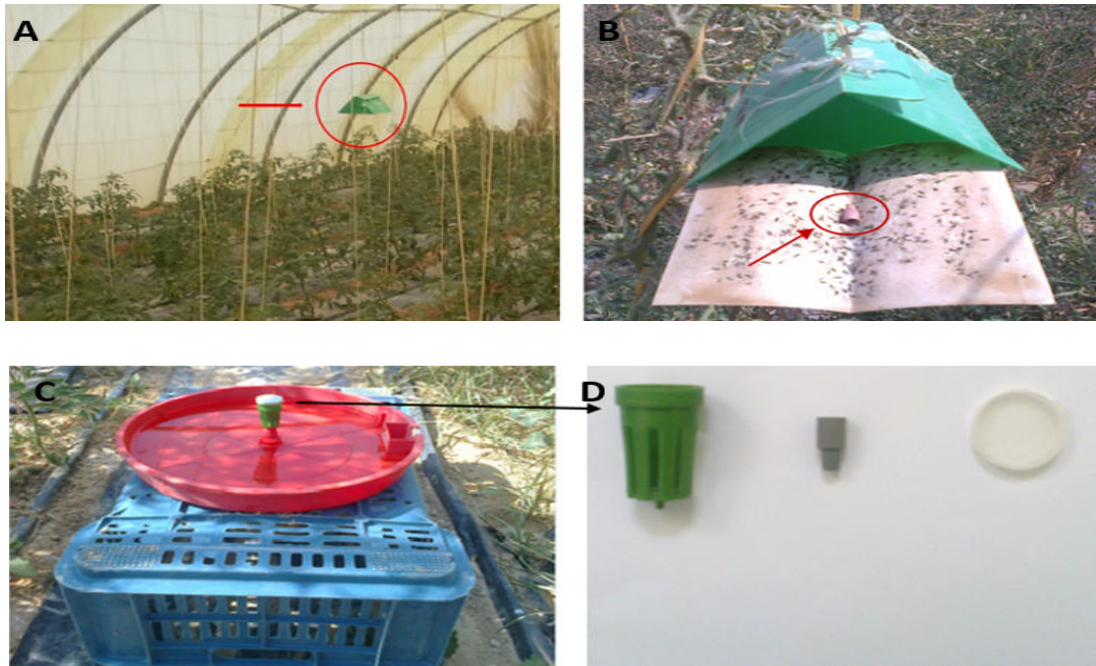
Figure 16. Préparation des serres expérimentales



Figure 17. Système d'irrigation (goutte-à-goutte)

#### 2.2.2.2. Echantillonnage pour évaluation des attaques

Un suivi des populations larvaires de *T. absoluta* a également été conduit selon un échantillonnage aléatoire destructif qui consiste à prélever 72 feuilles au hasard, chaque semaine, sur 24 plants de tomate répartis sur les différentes parties de la serre. Les échantillons sont placés dans des boîtes en plastique de taille (40 cm x 30 cm x 20 cm) et rapportés au laboratoire pour être examinés sous une loupe binoculaire. Le nombre de larves par plant et leur âge ont été notés. Le taux d'infestation des fruits par *T. absoluta* a également été noté. A chaque récolte, 100 fruits sont pris aléatoirement pour évaluer l'attaque de la mineuse de la tomate.



**Figure 18.** Pièges à phéromone sexuelle utilisés pour la capture des adultes mâles de *Tuta absoluta* : A et B- Piège Delta. C et D- Piège à eau

### 2.2.2.3. Analyse statistique

Différents tests statistiques (T de Student, W de Wilcoxon et Coefficient de corrélation de Pearson) ont été utilisés pour comparer les taux d'infestations de *T. absoluta* au cours des campagnes ainsi que pour évaluer le coefficient de corrélation entre des effectifs larvaires et celui des adultes capturés. Tous les calculs ont été effectués grâce aux logiciels de traitements statistiques R (version R 2.14.1), XLSTAT (version 2015.3.01.19097) et IBM SPSS (version 20).

### 2.2.3. Résultats et discussion

#### 2.2.3.1. Dynamique des populations adultes mâles

Les captures des mâles ont été notées dès les premiers jours mais le nombre moyen de mâles par semaine est resté faible entre novembre et février probablement à cause des températures peu élevées (Fig. 19). Les effectifs ont augmenté rapidement à partir de la mi-février, représentant des risques pour la culture (53 mâles par piège / semaine) suite à l'augmentation de la température d'une part et l'absence de moyens de lutte à l'intérieur de la serre. On observe plusieurs pics entre fin mars (173) et début mai (313) qui correspondent à une nouvelle génération formée dans la serre puisque le nombre de mâles renseigne sur le nombre de femelles en serre par culture. On observe une réduction suite aux hausses de températures fin juin. Les captures deviennent faibles en juillet puis nulles en août. Allache et al (2012) à Biskra (Sud-est

algérien, partie nord) ont fait les mêmes constatations avec des chiffres comparables surtout pour le mois de mai (315 mâles /semaine/piège) qui semble être plus favorable du point de vue climatique. Dans le nord-est du pays, Chougar (2012) a enregistré jusqu'à 400 individus/piège/semaine en juin alors qu'à l'Ouest dans la région de Mascara, Elouissi et Berkani (2015) ont avancé 294 individus/ piège/semaine en février et 26 en mars mais les conditions diffèrent. En Tunisie, Chérif et Labdi-Grissa (2014) et Chermiti et *al.* (2009) ont enregistré des moyennes très élevées qui varient entre 150 et 300 mâles entre mars et avril et qui peuvent dépasser 500 en mai.

Sur tomate de plein champ les chiffres des captures de mâles diffèrent en fonction de la situation. Entre juin et septembre les effectifs peuvent varier de 10 mâles/piège/semaine (Balzan et Moonen) à plus de 200 (Spasov et *al.*,2013).

Les résultats montrent que les captures par le piège à eau sont plus importantes à certaines périodes et se prolongent jusqu'à août (Fig. 20) comme le font remarquer Benzara et al (2014) mais l'analyse par le test de Student ne révèle pas de différence significative ( $p\text{-value} = 0,6846$ , seuil 5 %) (Annexe 03).

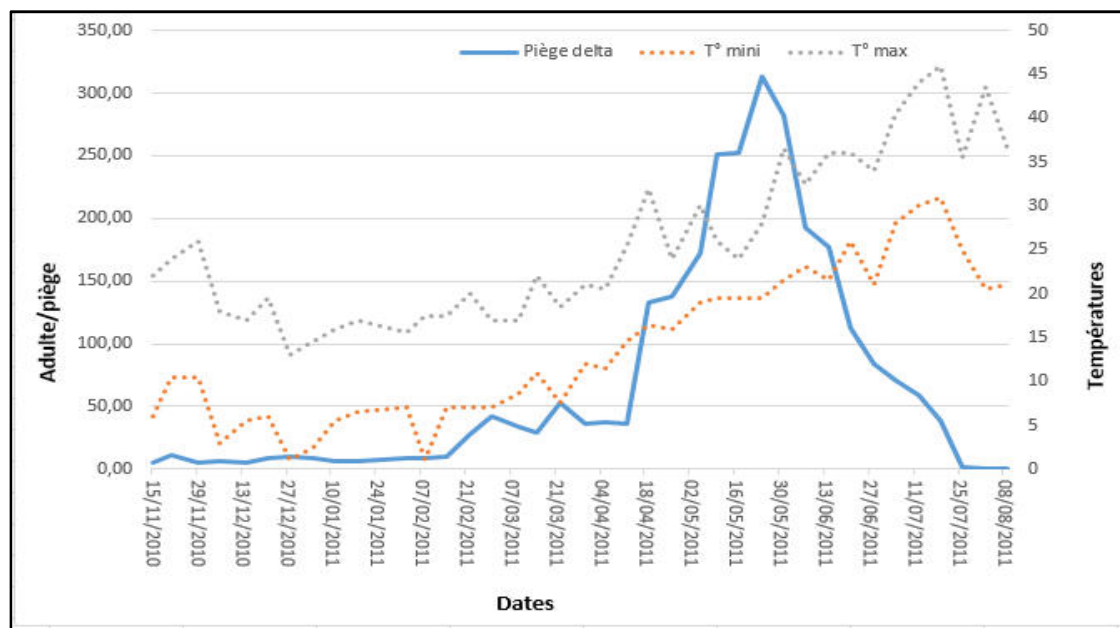


Figure 19. Mâles de *Tuta absoluta* capturés par le piège Delta

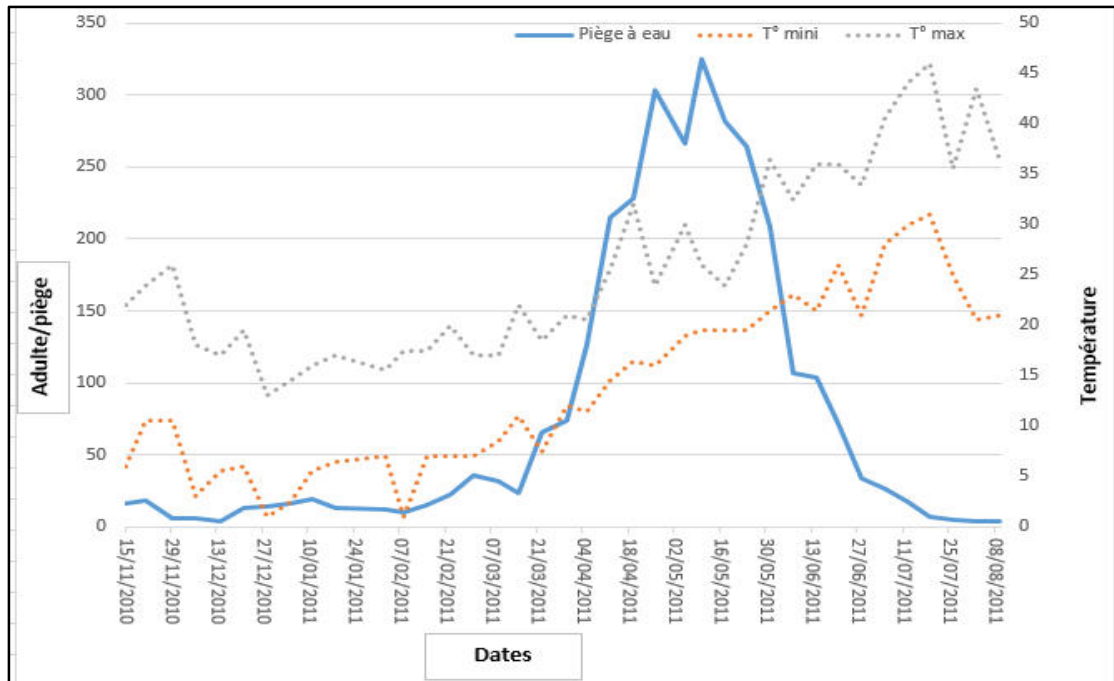


Figure 20. Mâles de *Tuta absoluta* capturés par le piège à eau

Si on compare les courbes des populations mâles sur la période 2009-2015, on constate globalement la même tendance avec des effectifs toujours plus faibles en hiver lorsque les températures sont inférieures à 10°C (Fig. 21). Statistiquement, il n'y a pas de différence significative entre les cinq années (Annexe 04).

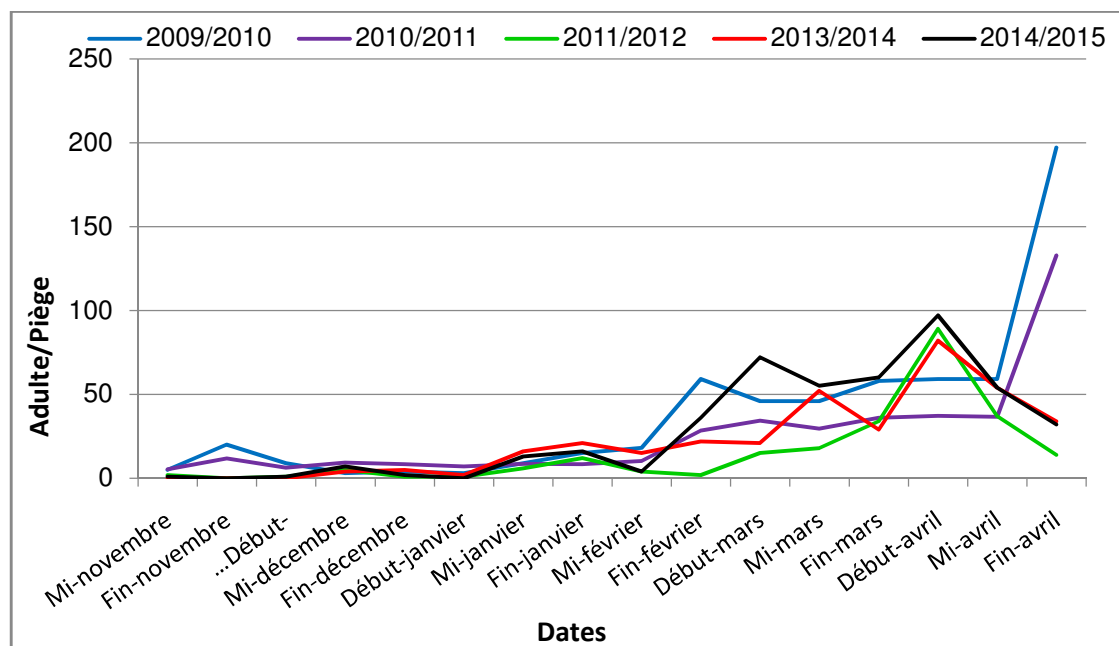


Figure 21. Dynamique des populations de *Tuta absoluta* sur tomate sous serre durant 2010 à 2015

### 2.2.3.2. Dynamique des populations larvaires

Les populations larvaires de *T. absoluta* sont présentes durant la saison de culture (Fig. 22). Le taux d'infestation exprimé en pourcentage de feuilles attaquées est de moins de 10 % au début. Il progresse mais se situe à un niveau inférieur à 50 % jusqu'au début de janvier 2012. On note un 1<sup>er</sup> pic (72 %) vers la dernière semaine de janvier et un 2<sup>ème</sup> (76 %) vers la dernière semaine de février. En mars la totalité des feuilles est infestée.

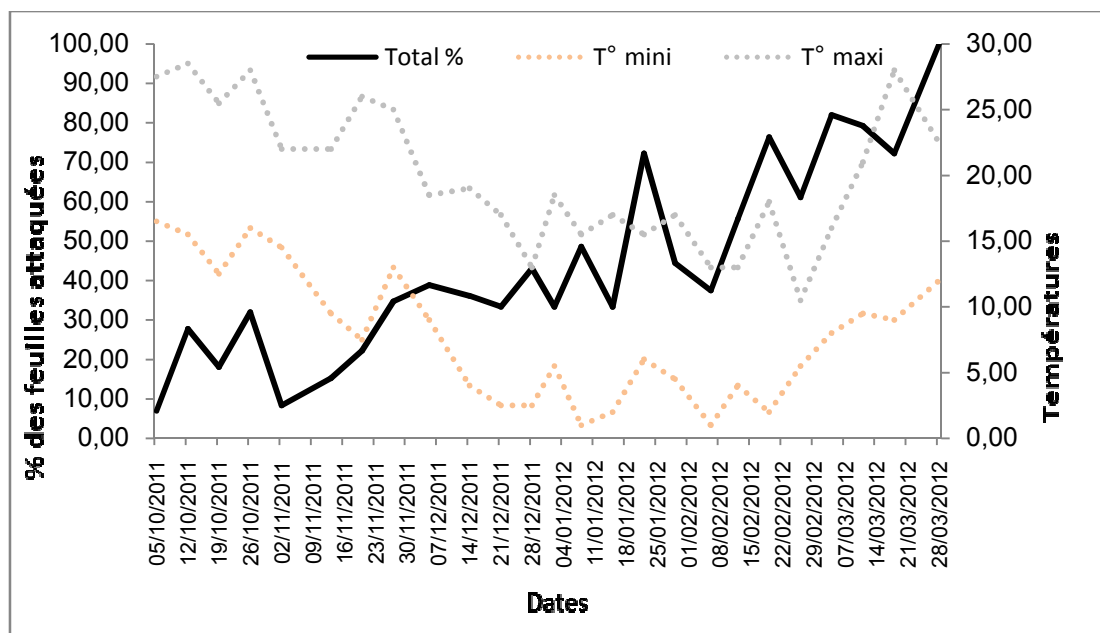
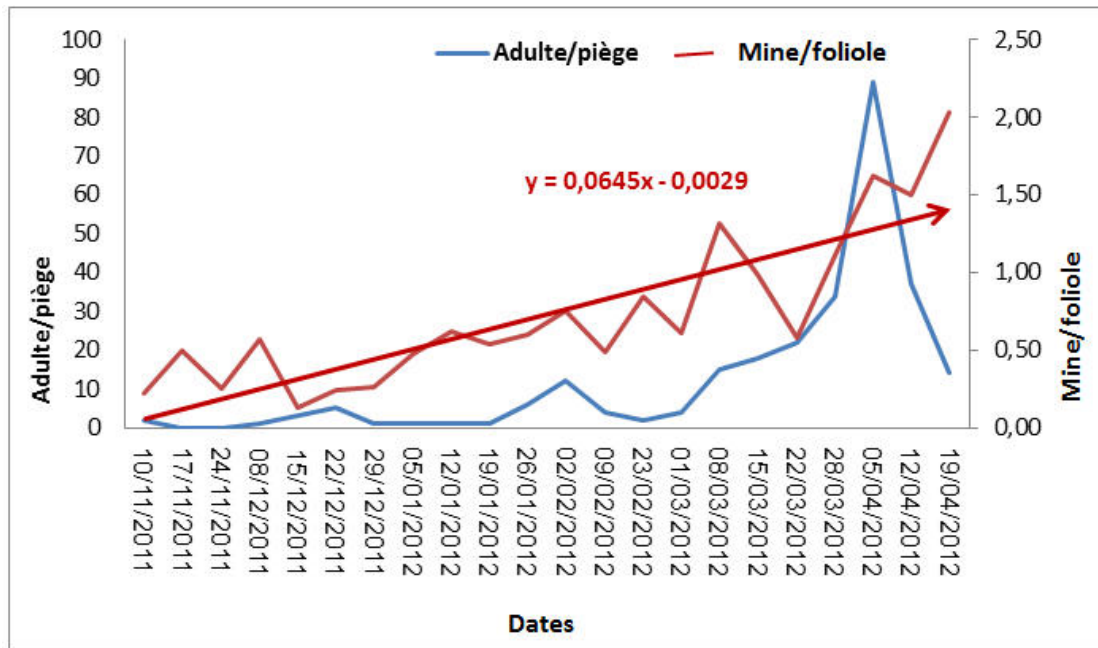


Figure 22. Pourcentage des feuilles attaquées par les larves de *Tuta absoluta*

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que les larves de *T. absoluta* sont présentes durant tout le cycle de développement de la culture. La même observation a été faite par Abbes et Chermiti (2011). Le taux d'infestation enregistré au début de la culture (05/10/2011) est de  $0,22 \pm 0,88$  mine/foleiole. Un premier pic de  $0,57 \pm 1,06$  mine/foleiole/semaine est enregistré après une vingtaine de jours (26/10/2012). Après une légère régression, une augmentation progressive des mines a été observée. Des taux d'infestation allant de 0,57, à 02,17 mines/foleiole sont enregistrés entre 26/10/2011, le 18/03/2012. Ces valeurs sont suivies d'une régression des infestations par manque de feuilles de tomate réceptives.

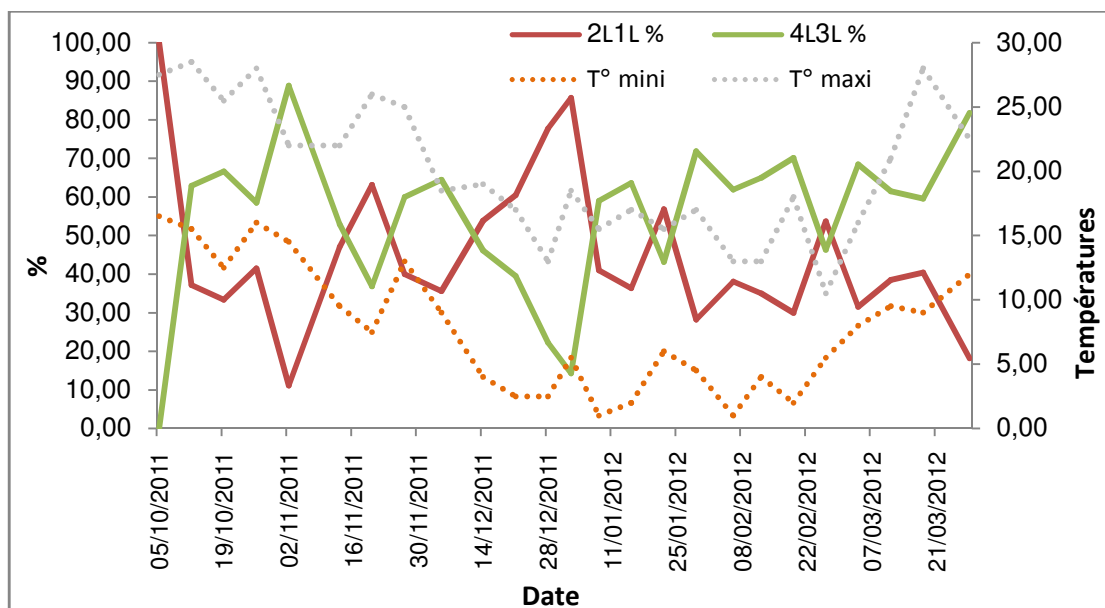
L'évolution des populations larvaires semble suivre celles des adultes (Fig. 23). L'analyse statistique en utilisant le coefficient de corrélation de Pearson montre une corrélation entre les populations adultes et celles des larves positive significative (Cor=0,6536, p-value=0,00097, seuil 01%) (Annexe 05). Balzan et Moonen (2012) ont

fait le même constat sur tomate de plein champ. Certains auteurs (Braham, 2014) ont mentionné des taux de feuilles minées faibles ne dépassant pas 01mine/feuille (entre 0,13 et 0,25 mine) et entre 0,05 et 0,57mine/feuille(Chérif et al. ,2013).Les valeurs avancées par Abbess et Chermiti (2011) sont supérieures aux nôtres avec 02 mines/feuille en mars, et une trentaine entre mai et juin, Assaf et al (2013) ont noté peu d'attaques entre juillet et septembre (02 et 05 mines/feuille). Dans une étude au nord-ouest algérien, Bensaad (2010)a noté le taux le plus élevés sur feuilles de tomate sous serre entre avril et juin à Mostaganem.



**Figure 23.** Comparaison de l'évolution des populations adultes mâles et larvaires de *Tuta absoluta*

L'examen de la structure des stades (L1-L2) laisse supposer que *T. absoluta* a formé six générations durant tout le cycle de développement de la culture, avec une moyenne d'une génération par mois (Fig. 24). Le même résultat a été obtenu par Chougar et Medjdoub-Bensaad (2014) sur la variété Dawson. Par contre, Allache et al (2012) ne mettent en évidence que 03 générations et en Tunisie Chérif et Lebdi-Grissa (2014) ont noté 02 générations seulement. Mais ces chiffres sont soumis à discussion car aucune situation sur le terrain n'est identique à l'autre.



**Figure 24.** Pourcentage des stades larvaires jeunes (L1-L2) et âgés (L3-L4) dans l'infestation des feuilles par les larves de *Tuta absoluta*

### 2.2.3.3. Taux d'infestation des fruits

Les résultats sur le taux d'infestation sur fruits varient de 17 % à 38 % (Tableau 04). Il semble que ces valeurs augmentent avec l'accroissement de la population larvaire de *T. absoluta*. Si on compare le nombre de mâles /piège/semaine, on constate qu'il progresse dans le même sens que les attaques sur fruits. Avec 29 captures/piège/semaine on obtient 38 % de fruits attaqués. La comparaison des degrés d'attaque sur fruit au nombre des adultes capturés (Coefficient de Pearson) montre qu'il existe une corrélation positive significative entre ceux-ci au seuil de 05 % (p-value = 0.03) (Annexe 06). Des valeurs proches obtenues par Braham (2014) montrent un taux d'infestation qui passe du simple au double entre juin (17 %) et juillet (34 %). Dans une étude conduite en serre au nord-ouest algérien, Bensaad (2010) a enregistré un taux d'attaque sur fruits de 50 %.

Les attaques en plein champ sont moins importantes comme le rapportent Balzan et Moonen (2012) qui ont enregistré un taux de 0,007 mines/fruit.

**Tableau 04.** Taux d'infestation des fruits par *Tuta absoluta*

Récolte	Date	Taux d'infestation
1 <sup>ère</sup>	23/02/2014	17 %
2 <sup>ème</sup>	09/03/2014	11 %
3 <sup>ème</sup>	16/03/2014	17 %
4 <sup>ème</sup>	23/03/2014	27 %
5 <sup>ème</sup>	31/03/2014	38 %

Cette situation est peut être due, d'une part, aux conditions du milieu favorables à l'activité de cette espèce (Ablmaaty et al., 2010 ; Tropea et al., 2011). D'autre part, à cause du faible potentiel des ennemis naturels autochtones de cet insecte (Dehliz et Guénaoui, 2015). En effet, dans le sud-est algérien les antagonistes de *T. absoluta* ne sont actifs que sur une période très courte. De plus, ces auxiliaires ont peut-être besoin de plus de temps pour arriver à atteindre des résultats attendus (Tropea et al., 2011). Les pratiques culturales des agriculteurs en association avec le palmier dattier (Allam et al., 2013) favorisent le maintien de l'activité de *T. absolutatout* au long de l'année malgré les hausses de températures considérées comme létales pour l'espèce.

Le type de piège utilisé pour le suivi des populations adultes de *T. absoluta* ne semble pas avoir une influence même si on note une légère différence en faveur du piège à eau, pour sa couleur rouge (Taha et al., 2013).

Le taux de captures des adultes de *T. absoluta* durant les cinq campagnes agricoles (2009-2015) ne montre pas de variation notable entre les années.

### 2.3. Conclusion partielle

*T. absoluta* s'est très bien installé dans la région du sud-est algérien. Sur tomate sous serre six générations sont formées pendant la saison. Les infestations commencent dès la mise en place de la culture, mais les dégâts sont plus importants pendant la fin de la culture.

Le niveau des infestations de *T. absoluta* dépend de plusieurs facteurs notamment de la disponibilité de la plante-hôte et des conditions climatiques, facteurs de limitation.

Les modes de culture de la tomate (sous serre, de plein champ, de saison, d'arrière-saison et associée au palmier dattier) pratiqués par les agriculteurs du sud-est

algérien favorisent l'activité de *T. absoluta* durant toute l'année. *T. absoluta* ne se multiplie que par voie sexuée car aucune descendance n'a été obtenue à partir des femelles non fécondées.

Les larves de *T. absoluta* préfèrent se nourrir des feuilles de tomate mais elles s'attaquent également à la tige et aux fruits lorsque les populations sont importantes.

### **Conclusion de la partie I**

La culture de la tomate connaît un important développement dans la région nord du sud-est algérien. Bien que celle-ci soit produite sur des superficies limitées dans la Vallée d'Oued Righ, l'utilisation des pratiques traditionnelles qui associent plusieurs cultures sur la même sole permet aux agriculteurs d'avoir une production saine ne nécessitant parfois aucun traitement chimique.

Dans la région d'El Oued, les superficies sont en nette augmentation mais il y a une mauvaise gestion des produits phytosanitaires sur la santé humaine et l'environnement. La tomate de plein champ (en arrière-saison) constitue la meilleure solution pour éviter des pertes de récolte dans la région.

*T. absoluta* ne se multiplie que par voie sexuée car aucune descendance n'a été obtenue à partir des femelles non fécondées.

## **Partie II**

# **Potentialités des ennemis naturels autochtones de *Tuta absoluta* dans le sud-est algérien**

## **Introduction**

Depuis l'apparition de la mineuse de la tomate en Algérie, plusieurs prédateurs et parasitoïdes ont été observés se nourrissant sur ce ravageur dans le Nord du pays (Bensaad, 2011 ; Kolaï et *al.*, 2011; Zaid et *al.*, 2011; Guénaoui et *al.*, 2013). La présente étude est destinée à fournir des informations sur le potentiel des antagonistes autochtones naturels de *T. absoluta* dans la partie nord du sud-est algérien parce que cette région se caractérise par des conditions climatiques, floristiques, faunistiques et géographiques très particulières avec un hiver court et tempéré et un été long et très chaud. Certaines espèces pourraient être spécifiques à cette région. Cependant, l'étude des ennemis naturels en Algérie ne peut se faire que si on a une vision globale sur ce qui se fait dans d'autres pays.

## **Chapitre 1: Aperçu sur les ennemis naturels de *Tuta absoluta* dans le monde**

### **1.1. Introduction**

Les agents biologiques signalés sur *T. absoluta* dans son nouvel habitat sont des prédateurs, des parasitoïdes ou des entomopathogènes (Zappala et *al.*, 2013; Ghoneim, 2014).

### **1.2. Les prédateurs**

Les prédateurs de *T. absoluta* sont principalement des acaréens et des insectes de l'ordre des Hémiptères (Ghoneim, 2014) qui est représenté par des punaises prédatrices. Plusieurs espèces consomment des œufs et larves de ceravageur. Elles appartiennent pour la plupart, aux familles des Miridae, Anthocoridae et Nabidae (Zappala et *al.*, 2013). L'espèce *Nabis pseudoferus* Remane est considérée comme un agent de lutte biologique intéressant à utiliser contre la mineuse de la tomate en Espagne car elle peut réduire les infestations de celle-ci à plus de 92 % (Cabello et *al.*, 2012). Les espèces *Macrolophus pygmaeus* Rambur et *Nesidiocoris tenuis* Reuter sont déjà utilisées contre les aleurodes en Espagne. Une étude sur cette dernière espèce a démontré qu'une seule punaise peut dévorer plus de 30 œufs et 02 larves de *T. absoluta* en 24 heures (Urbaneja et *al.*, 2009). Ces prédateurs se rencontrent d'une manière spontanée dans les régions du Bassin méditerranéen. En Algérie, des essais sur la capacité de prédation des punaises prédatrices autochtones *N. tenuis*, *M.*

*pygmaeus* et *Dicyphustamanii* ont montré des résultats jugés intéressants si leur utilisation respecte certaines règles de conduite de culture (Guénaoui et al., 2011).

D'autres organismes utiles ont également été testés comme moyen de lutte biologique comme l'acarien prédateur *Pyemotes* sp. qui peut s'attaquer aux larves, nymphes et adultes de la mineuse avec des résultats non négligeables (Oliveira et al., 2007) ou des nématodes (Gözelet al., 2014).

### **1.3. Les parasitoïdes**

Les parasitoïdes de *T. absoluta* appartiennent notamment à l'ordre des hyménoptères. Ils se distinguent en endoparasitoïdes d'œufs, de larves ou de nymphes et en ectoparasitoïdes larvaires. Quelques spécimens de Diptères, appartenant à la famille des Tachinidae, ont également été notés comme endoparasitoïdes de larves de célepidoptère (Colomo et Berta, 2006). Dans le premier groupe d'auxiliaires se trouvent les Trichogrammes qui s'attaquent exclusivement aux œufs. Des essais de lutte biologique qui ont été conduits avec l'espèce *Trichogrammapretiosum* Riley, ont donné des taux de parasitisme d'environ 28% après seulement 24 heures de leur lâcher (Faria et al., 2008). Cet auxiliaire est largement utilisé pour lutter contre *T. absoluta* dans nombre de pays d'Amérique latine (Pratissili et al., 2008). En Argentine, l'utilisation de *Trichogrammabactrae* Nagaraja sous abri a donné des résultats jugés intéressants (Virgala et Botto, 2010). En Espagne, l'utilisation de *Trichogrammaacheae* Nagaraja & Nagarkatti, à raison de 30 individus par plante sous serre, a permis de réduire les infestations de *T. absoluta* de 91 % (Cabello et al., 2012). En France, la recherche d'auxiliaires autochtones a permis d'obtenir quatre souches de trichogrammes qui auraient un taux de parasitisme proche de celui provoqué par *T. acheae* (Legendre et al., 2014; Tabone, 2015; Tabone et al., 2015). Les deux espèces *T. bactrae* et *T. acheae* sont déjà en commerce. Les larves et les nymphes de *T. absoluta* sont également attaquées par des endoparasitoïdes. C'est le cas de *Neochrysocharisformosa* Westwood qui a été observé sur les 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> stades larvaires de ce ravageur (Blom et al., 2011 ; Guénaoui et al., 2013). Sur chrysalide, une seule espèce, *Conurasp.*, a été signalée comme endoparasitoïde de celle-ci (Marchiori et al., 2003). Plusieurs hyménoptères ectoparasitoïdes ont été notés sur les larves de *T. absoluta* dans différents pays (Luna et al., 2007; Zappala et al., 2013; Ghoneim, 2014), parmi lesquels, l'espèce *Necremnusartynes* Walker

(Hymenoptera : Eulophidae) est jugée comme étant la plus abondante notamment dans la région du Bassin méditerranéen (Arno et al., 2011; Klapwijk et Kopper, 2011; Guénaoui et al., 2013). En Amérique-latine, des essais de lutte biologique avec une autre espèce (*Pseudapanteles dignus* Muesebeck) ont donné un taux de parasitisme de 40 % (Luna et al., 2007).

#### **1.4. Les entomopathogènes**

Les entomopathogènes ont montré leur efficacité dans la lutte contre plusieurs ravageurs des cultures. Dans le cas de la mineuse de la tomate, des essais avec la bactérie *Bacillus thuringiensis* ont révélé une efficacité en application seule ou combinée avec d'autres agents de lutte biologique (Ksentini et al., 2010 ; Gonzales-Cabrera et al., 2011 ; Mushtaha, 2013; ). En Algérie, Badaoui et al (2011) ont étudié l'efficacité de *Beauveria* sp. sur les larves de *T. absoluta* au laboratoire indiquant un taux de mortalité de 87%. En Egypte, Kaoud (2014) mentionne des résultats plus importants en utilisant une combinaison de *Beauveria bassiana* et *Trichoderma album*. D'autres essais avec des champignons du genre *Metarhizium* ont donné des résultats non négligeables (Contreras et al., 2014; Pires et al., 2009; Rodriguez et al., 2006 ; Sabour et Singer, 2014).

## **Chapitre 2: Inventaire des ennemis naturels de *Tuta absoluta* et leur impact dans la région du sud-est algérien**

### **2.1. Inventaire des espèces antagonistes**

#### **2.1.1. Introduction**

Nous avons recensé uniquement les prédateurs et les parasitoïdes de *T. absoluta*.

#### **2.1.2. Les prédateurs**

##### **2.1.2.1. Matériel et méthodes**

L'inventaire des prédateurs de *T. absoluta* a été réalisé dans des parcelles de tomate, de plein champ et sous serre dans plusieurs sites de la région (Fig. 25) de 2009 à 2014. Les spécimens ont été récoltés à l'aide d'un aspirateur d'insectes et placés dans des boîtes en plastique (30 cm X 20 cm X 35 cm), puis rapportés au laboratoire pour être conservés au froid dans de l'alcool à 70 % pour une identification ultérieure.

##### **2.1.2.2. Résultats et discussion**

Les prédateurs se composent essentiellement de punaises appartenant à l'ordre des Hémiptères avec trois espèces identifiées selon des clés disponibles puis confirmées par des collaborateurs d'Espagne. Il s'agit de *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Fig. 26-A), *Orius* sp. (Fig. 26-B) et de *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Fig. 26-C). Ces prédateurs s'alimentent de préférence des œufs et de jeunes stades larvaires (L1 et L2) de *T. absoluta* mais en absence de ces stades le prédateur se nourrit des stades plus âgés. Ces insectes sont des prédateurs généralistes qui se nourrissent également de pucerons et d'aleurodes (Urbaneja et Stansly, 2004 ; Urbaneja et al., 2005). Perdakis et al., 2009). Ces espèces ont été signalées comme prédateurs de la mineuse de la tomate dans plusieurs régions du monde (Urbaneja et al., 2009; Guénaoui et al., 2011; Abbes et al., 2011 ; Calvo et al., 2012). Au nord de l'Algérie, en plus de ces trois espèces, d'autres espèces du genre *Dicyphus* comme *Dicyphus tamaninii* Wagner et *Tapinoma nigerrimum* Nylander (Hymenoptera : Formicidae) ont été observées consommant des œufs et stades larvaires de *T. absoluta* (Bensaad, 2010, Guénaoui et al., 2013).

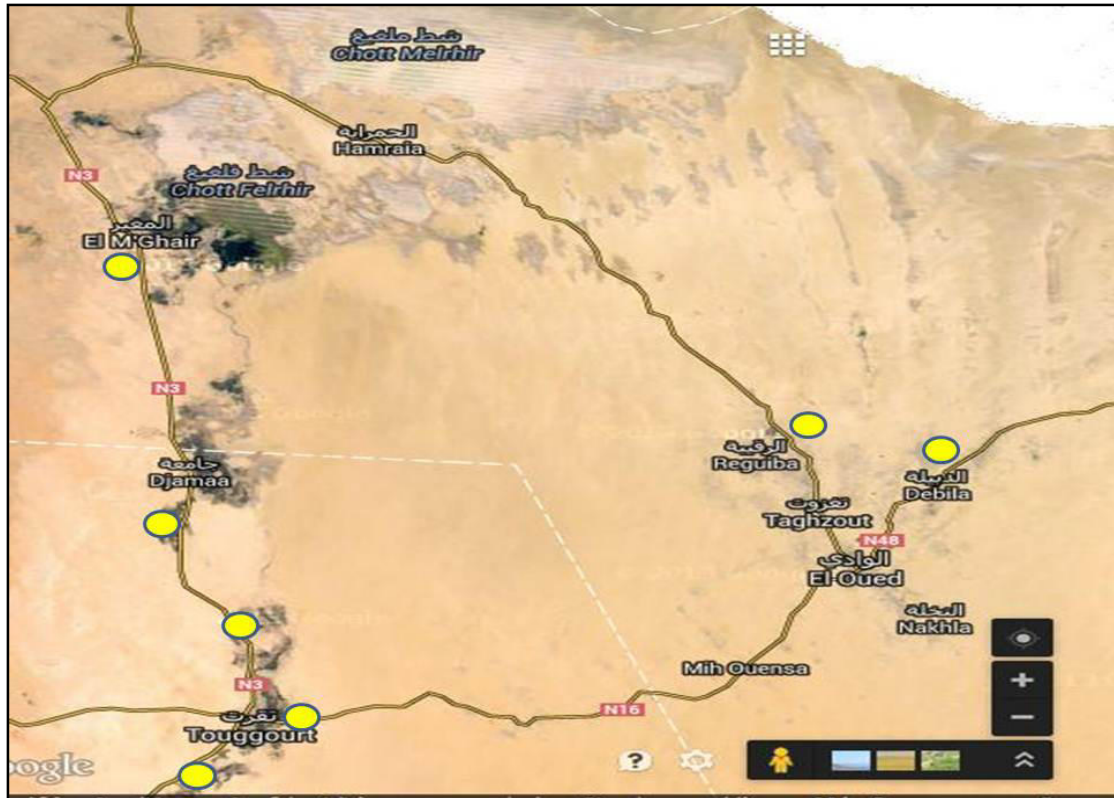


Figure 25. Sites (Cercles jaunes) d'inventaire des ennemis naturels de *Tutaabsoluta* (Ouargla et El Oued) (Google map, 2015)

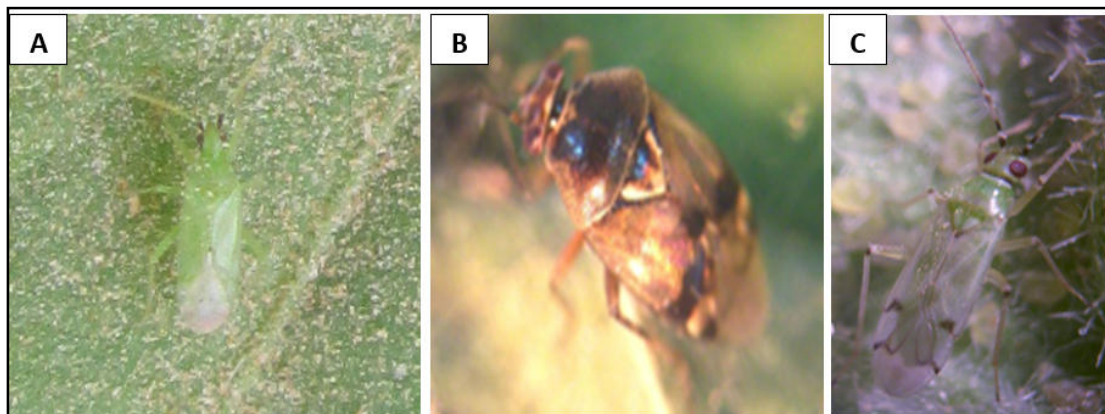


Figure 26. Prédateurs de *Tutaabsoluta* de la région sud-est d'Algérie : A- *Macrolophuspygmaeus*, B- *Orius* sp., C- *Nesidiocoristenus* (Photos originales X 40)

L'espèce *N. tenuis* semble être la plus intéressante à cause de son importance numérique mais aussi de sa capacité à supporter les conditions climatiques de la région du sud car elle a été observée en été sur tomate et poivron dans des colonies d'aleurodes bien avant l'arrivée de *T. absoluta*. En revanche, l'espèce *M. pygmaeus* qui

pendant les années précédentes était confondue avec *Macrolophus caliginosus* n'a été observée que durant une courte période de l'année lorsque les températures étaient inférieures à 28 °C. *N. tenuis* s'alimente indifféremment des œufs et de jeunes larves de *T. absoluta* et peut aussi se nourrir des larves parasitées (Observations personnelles). Ce comportement peut expliquer le taux faible de parasitisme observé dans nos travaux et ailleurs (Chailleux et al., 2014). Cette punaise est généralement associée avec des trichogrammes pour compléter l'action des auxiliaires dans la lutte biologique contre *T. absoluta* (Tabone, 2015). De plus, elle peut se comporter comme zoophytophage lorsque les proies deviennent rares. L'insecte peut endommager la plante en provoquant des lésions sur tiges et sur fruits. Dans la région de Mostaganem, certains producteurs de tomate ont observé des dégâts sur la culture car la punaise n'avait plus assez de proies pour se nourrir surtout en serre. Cette situation est bien connue dans les pays d'Europe (Calvo et al., 2009). Les agriculteurs qui ne sont pas avertis peuvent croire que les punaises prédatrices utilisées dans certaines séances de démonstration de la lutte biologique peuvent avoir des réticences pour développer cette stratégie de lutte.

*N. tenuis* peut constituer un important moyen de lutte biologique contre *T. absoluta* et réduire les populations de pucerons et aleurodes qui infestent la culture de tomate lorsque les conditions sont favorables. Au printemps, on peut avoir un accroissement de population de la punaise qui conduit à un ratio variant de 0,77 à 01,08 punaise par plant. C'est presque l'équivalent de la densité préconisée dans les programmes de lutte biologique avec cet auxiliaire (Abbes et al., 2011) soit 01 individu/m<sup>2</sup>.

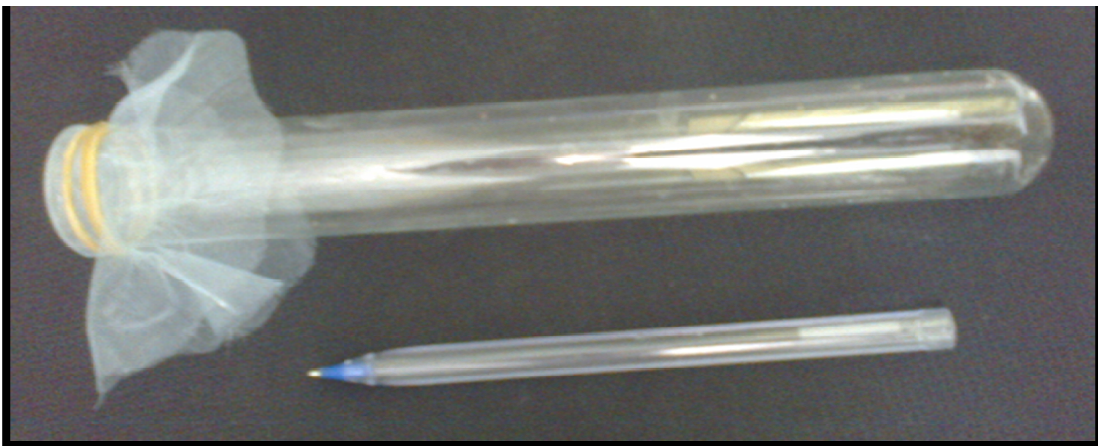
La punaise *N. tenuis* est commercialisée par plusieurs firmes (Koppert, FertiTienda) parce qu'elle a fait l'objet de travaux bien avant l'arrivée de la mineuse. Sa voracité a été démontrée. En Algérie, plusieurs lâchers d'un produit commercial importé d'Espagne ont été réalisés surtout en serres de tomate pour montrer l'efficacité de cet auxiliaire contre la mineuse de la tomate (INPV, 2013). C'est dans l'urgence que cette punaise a été importée pour sensibiliser les agriculteurs à la lutte biologique. Depuis près de 06 ans, les services spécialisés n'ont pas réussi à faire admettre la possibilité de faire des élevages de la souche algérienne pour la valoriser et faire baisser les coûts liés à l'importation en devises. Dans la nature, l'espèce *Dicyphus tamaninii* Wagner qui a été signalée sur *T. absoluta* au nord

du pays, (Guénaoui et al., 2013), peut constituer un complément de lutte biologique contre la mineuse de la tomate (Guénaoui et al., 2011 ; Ingegno et al., 2013).

### 2.1.3. Les parasitoïdes

#### 2.1.3.1. Matériel et méthodes

L'inventaire des parasitoïdes de *T. absoluta* a été réalisé de 2009 à 2014 dans plusieurs zones. Des feuilles infestées par des larves de la mineuse de la tomate ont été prélevées chaque semaine, durant tout le cycle de la culture de tomate (plein champ et sous abris). Ces échantillons ont été placés dans des boîtes en plastique et rapportés au laboratoire pour être examinés sous loupe binoculaire. Les larves présentant des signes de parasitisme ont été placées dans des tubes en verre (Fig. 27) et maintenues jusqu'à l'émergence des adultes. Ces derniers ont servi dans l'étude des paramètres biologiques des parasitoïdes. Des spécimens ont été maintenus dans de l'alcool à 70 % et envoyés en Espagne pour être déterminés par une spécialiste des Hyménoptères au niveau d'IVIA (Pr. Verdu).



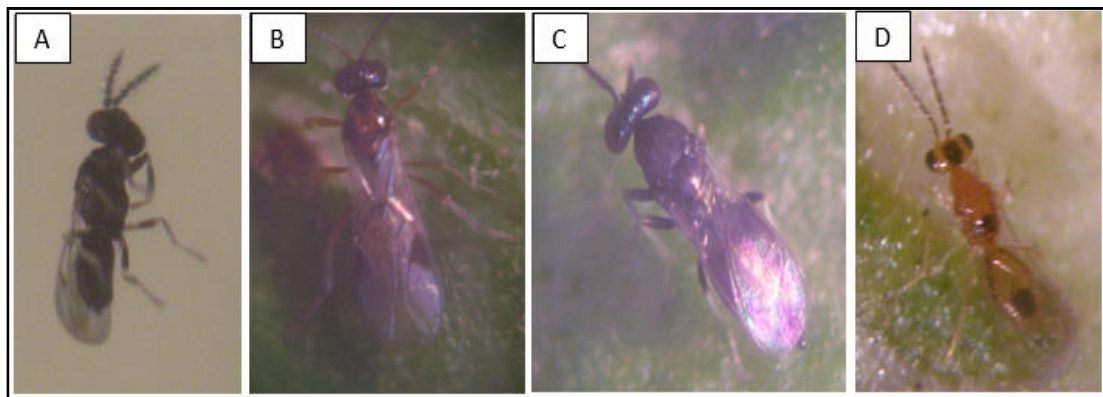
**Figure 27.** Dispositif utilisé pour le développement des larves parasitées de *Tuta absoluta*

#### 2.1.3.2. Résultats et discussion

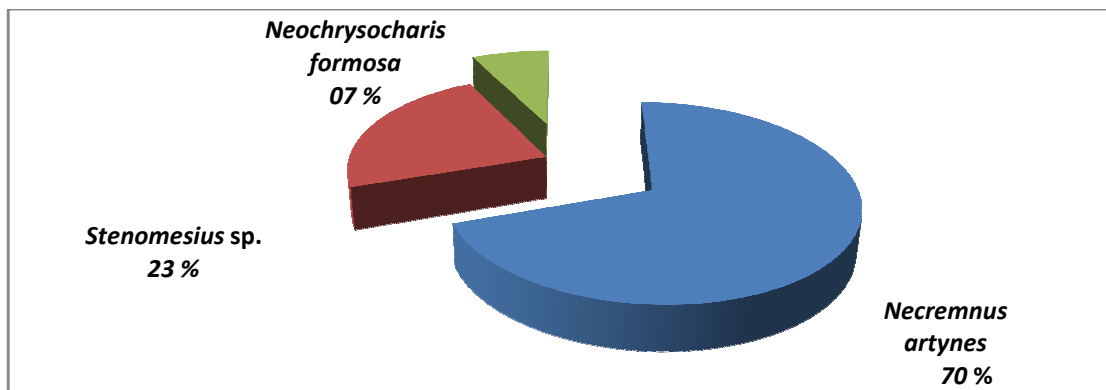
Les parasitoïdes de *T. absoluta* dans la région du sud représentent cinq espèces qui appartiennent toutes à l'ordre des Hyménoptères. Il s'agit de *Necremnus artynes* (Walker), *Stenomesus* sp. (Westwood), *Hemiptarsenus zilahisebessi* (Erdos) *Neochrysocharis formosa* (Westwood) qui sont toutes des Eulophidae et de *Bracon hebetor* (Say) (Braconidae) (Fig. 28). Ceux sont tous des parasitoïdes larvaires, ces espèces ont été signalées sur *T. absoluta* dans la plupart des pays du Bassin méditerranéen (Zappala et al., 2013; Ghoneim, 2014). En Algérie, *Stenomesus* sp. n'a

été enregistré que dans la région du sud-est du pays (Guénaoui et *al.*, 2013; Dehliz et Guénaoui, 2015). La figure 29 montre la proportion des espèces répertoriées dans les conditions de l'étude ; on note que *N. artynes* représente 67 % du total. C'est aussi l'espèce la plus représentative dans le Bassin méditerranéen (Arno et Gabarra, 2010 ; Blom et *al.*, 2011 Ferracini et *al.*, 2012 ; Tavella et *al.*, 2012 ).

Ces parasitoïdes sont en majorité observés sur une courte période de l'année (de mars à mai) car leur activité semble être limitée par les températures élevées mais l'espèce *Stenomesus* sp. reste active plus longtemps lorsque la culture de tomate est installée sous palmiers dattiers.



**Figure 28.** Parasitoïdes de *Tuta absoluta* recensés dans le sud-est d'Algérie : **A-** *Neochrysocharis formosa*, **B-** *Bracon hebetor*, **C-** *Necremnus artynes*, **D-** *Stenomesus* sp. (Photos originales X 40)



**Figure 29.** Représentation des 03 espèces de parasitoïdes de *Tuta absoluta* dans le sud

Ce mode de culture constitue un microclimat favorable à l'activité des insectes pendant la période chaude. Les espèces du genre *Necremnus* sont parasitoïdes de Lépidoptères (Verdu, 1991), de Coléoptères (Chamberlin, 1925; Gibson et *al.*, 2005; Dossdall et *al.*, 2007), d'autres Hyménoptères ou de Diptères (Zhu et Huang,

2001Blanchot, 1992). Depuis l'invasion de la mineuse des pays du Bassin méditerranéen et du Moyen orient, plus de 50 espèces de parasitoïdes ont été enregistrées sur *T. absoluta* (Zappala et al., 2013), dont neuf espèces ont été trouvées en Italie (Ferracini et al., 2012).

## **2.2. Evaluation du parasitisme spontané**

### **2.2.1. Introduction**

Cette étude a été menée sur le terrain pour évaluer globalement le niveau du parasitisme spontané dans des parcelles de tomate non traitées.

### **2.2.2. Matériel et méthodes**

L'essai a été conduit dans la station expérimentale de l'INRAA de Sidi Mehdi. Des échantillons de 60 feuilles ont été prélevés au hasard deux fois par semaine d'une serre de tomate non traitée, sans filet insecte-proof, du début à la fin de la culture durant deux campagnes agricoles (2011/2012 et 2013/2014). Les échantillons ont été placés dans des boîtes en plastique et rapportés au laboratoire pour être examinées sous loupe binoculaire. Les larves de *T. absoluta* présentant des signes de parasitisme ont été gardées dans des tubes à essai en verre fermés avec un morceau de tulle et maintenues aux conditions ambiantes jusqu'à l'émergence des adultes. Des observations concernant le nombre de larves parasitées et leurs stades ont été enregistrées. Le taux de parasitisme a été calculé par l'application de la formule suivante :

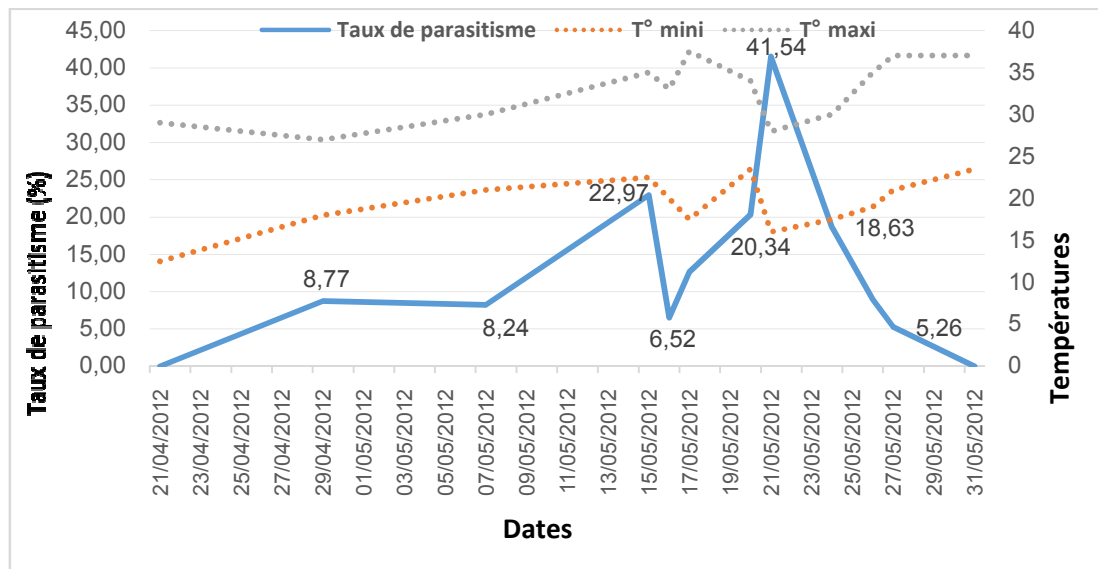
**Taux de parasitisme (%) = (Nombre des larves parasitées/Nombre des larves examinées) X 100.**

### **2.2.3. Résultats et discussion**

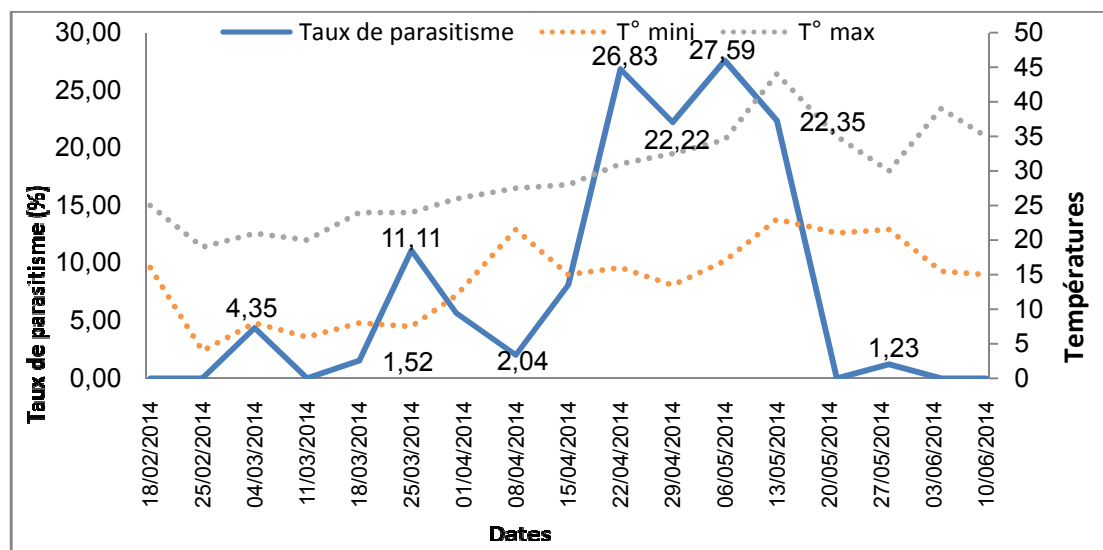
L'évolution des populations des parasitoïdes de *T. absoluta* de la campagne agricole 2011/2012 montrent une période d'activité entre fin-avril et fin-mai (Fig. 30). Le taux de parasitisme global pour cette année a été de 12,49 %. Le taux le plus important (41%) a été obtenu au début de la 3<sup>ème</sup> décennie de mai.

Concernant l'année 2014, le taux de parasitisme global a été de 08,66 %. Le parasitisme a commencé en mars avec un taux de 04,35 % (Fig. 31). Les taux les plus élevés ont été enregistrés entre fin-avril et début-mai avec une moyenne de 26 %. Ce

taux est tombé à 01,23 % à la fin-mai à cause de l'élévation de la température (Fig.31). On observe une augmentation apparente du parasitisme en 2014 mais la différence n'est pas significative (Comparaison des différentes phases) selon le test W de Wilcoxon (p-value = 0,68, seuil 95 %) (Annexe 07). Les résultats s'accordent avec ceux enregistrés par Zappala et al (2012) (entre 05 et 14 %) obtenus avec différents parasitoïdes indigènes sur tomate conduite sous serre en Italie.



**Figure 30.** Taux de parasitisme (Tous parasitoïdes confondus) des larves de *Tutaabsoluta* dans la région de Touggourt (2012)



**Figure 31.** Taux de parasitisme des parasitoïdes autochtones (Tous parasitoïdes confondus) des larves de *Tutaabsoluta* dans la région de Touggourt (2014)

Les niveaux de populations des parasitoïdes de *T. absoluta* dans le sud-est algérien montrent qu'ils sont actifs de mars à fin-mai. Les valeurs enregistrées dans cet essai révèlent une pression limitée sur les populations de *T. absoluta*. La même constatation a été faite dans d'autres pays du Bassin méditerranéen (Doganlar et Yigit, 2011 ; Zappala et al., 2012). Leur intérêt serait donc plus lié à leur production massive en conditions contrôlées pour être introduits dans des programmes de lutte biologique contre *T. absoluta*. Dans la région du sud-est algérien, la possibilité d'utiliser des entomophages par lâchers répétés reste limitée à des zones de production qui répondent à certains critères.

### **2.3. Conclusion partielle**

L'inventaire des ennemis naturels de *T. absoluta* dans la région d'étude permet de constater que la plupart des espèces sont communes au nord du pays et aux autres pays du Bassin méditerranéen.

Les prédateurs les plus représentés sont: *N. tenuis*, *M. pygmaeus* et *Orius* sp. L'espèce *N. tenuis* est dominante numériquement et semble être plus résistante aux chaleurs du sud. Elle peut constituer un moyen de lutte biologique contre *T. absoluta* dans les régions arides d'Algérie si on arrive à la multiplier massivement avec des coûts supportables pour le maraîcher et que l'on forme des agents capables de suivre les opérations sur le terrain.

Nous n'avons pas trouvé dans nos échantillons de *Dicyphus tamaninii* contrairement au nord.

L'espèce *Stenomesus* sp. a été identifiée seulement dans le sud du pays. Son activité durant les fortes chaleurs montre qu'elle est bien adaptée à la région.

*N. artynes* et *Stenomesus* sp. sont les parasitoïdes autochtones les plus importants dans la région du sud-est algérien. Leur cycle de développement est de 18 jours.

*N. artynes* n'est actif que durant la saison du printemps lorsque les températures restent inférieures à 30° par contre *Stenomesus* sp. semble supporter des températures plus élevées avoisinant les 40° C.

La fécondité de *N. artynes* est de 03,33 œufs/femelle et celle de *Stenomesus* sp. est de 06,97 œufs/femelle soit le double (Soriano et al., 2011; Calvo et al., 2013).

## Chapitre 3 : Caractéristiques morphologiques et biologiques des deux espèces de parasitoïdes de *Tuta absoluta* dominantes dans le sud-est algérien

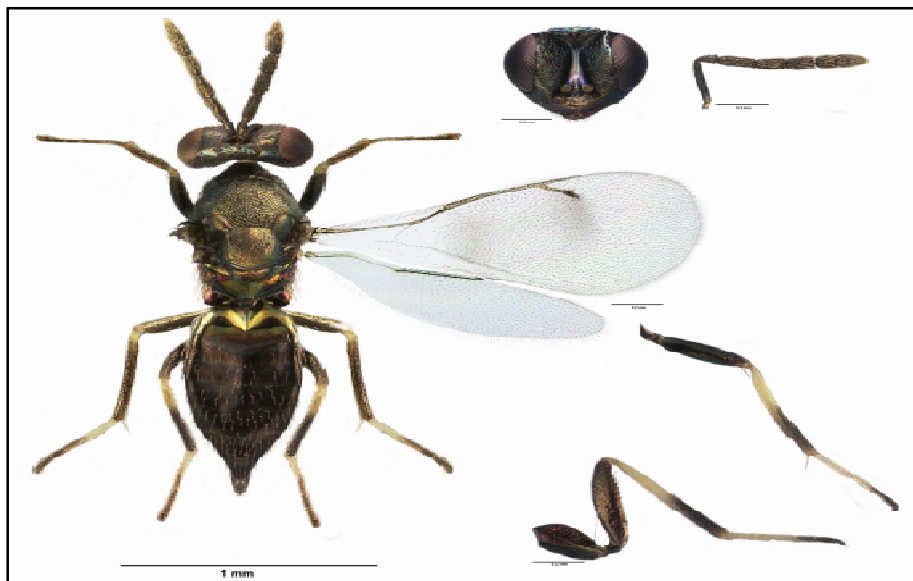
### 3.1. *Necremnus artynes* Walker

#### 3.1.1. Introduction

L'inventaire des parasitoïdes de *T. absoluta* depuis son arrivée en Algérie en 2008 montre que l'espèce *N. artynes* est la plus représentée (Guénaoui et al., 2011, Kolaï et al., 2011 ; Zaid et al., 2011). Sa présence est relativement aussi importante au nord qu'au sud du pays (Guénaoui et al., 2013). Cette espèce est également dominante dans d'autres pays du Bassin méditerranéen et Moyen Orient (Arno et al., 2011 ; Klapwijk, 2011 ; Zappala et al., 2013; Ghoneim, 2014).

#### 3.1.2. Morphologie

L'espèce *N. artynes* représentée dans la figure 32 appartient à la famille des Eulophidae qui comporte des espèces de très petite taille avec un corps peu sclérosé. Ils ont une valeur économique très importante (Yoshimoto, 1965). Les espèces du genre *Necremnus* sont caractérisées par des tarsi qui ont toujours 04 segments, des funicules qui n'en ont pas plus de 04, l'abdomen est court, la nervure post-marginale est d'environ 1,5 fois plus longue que le radius (Fig. 32). Il existe un dimorphisme sexuel car les mâles se reconnaissent à la forme des antennes qui portent toujours des branches (Peck et al., 1964).



**Figure 32.** Caractéristiques morphologiques d'une femelle du parasitoïde *Necremnus artynes* (D'après, Delvare et al., 2011)

Une étude récente réalisée par Gebiola et al (2015) a modifié la classification de certaines espèces identifiées comme *Necremnus artynes*. Les auteurs ont réalisé des tests moléculaires sur différentes populations en provenance de plusieurs pays du Bassin méditerranéen identifiés antérieurement comme étant *N. artynes* sur la base de caractéristiques morphologiques. On constate que l'espèce trouvée à Mostaganem se distingue des autres populations à laquelle est donné un nouveau nom qui se rapporte à l'hôte *T. absoluta*. On le découvre pour la première fois puisque cette nouvelle espèce porte le nom des auteurs de l'étude. Ainsi, on apprend que la souche récoltée dans la région de Mostaganem s'appelle *Necremnustutae* sp. nov. RIBES & BERNARDO. D'après les mêmes auteurs, cette espèce se rencontre également en France, en Espagne, en Italie, au Maroc et en Tunisie.

Le mâle et femelle de *N. tutae* sont décrits ci-dessous (Fig. 33) selon Gebiola et al (2015).

#### **3.1.2.1. La femelle**

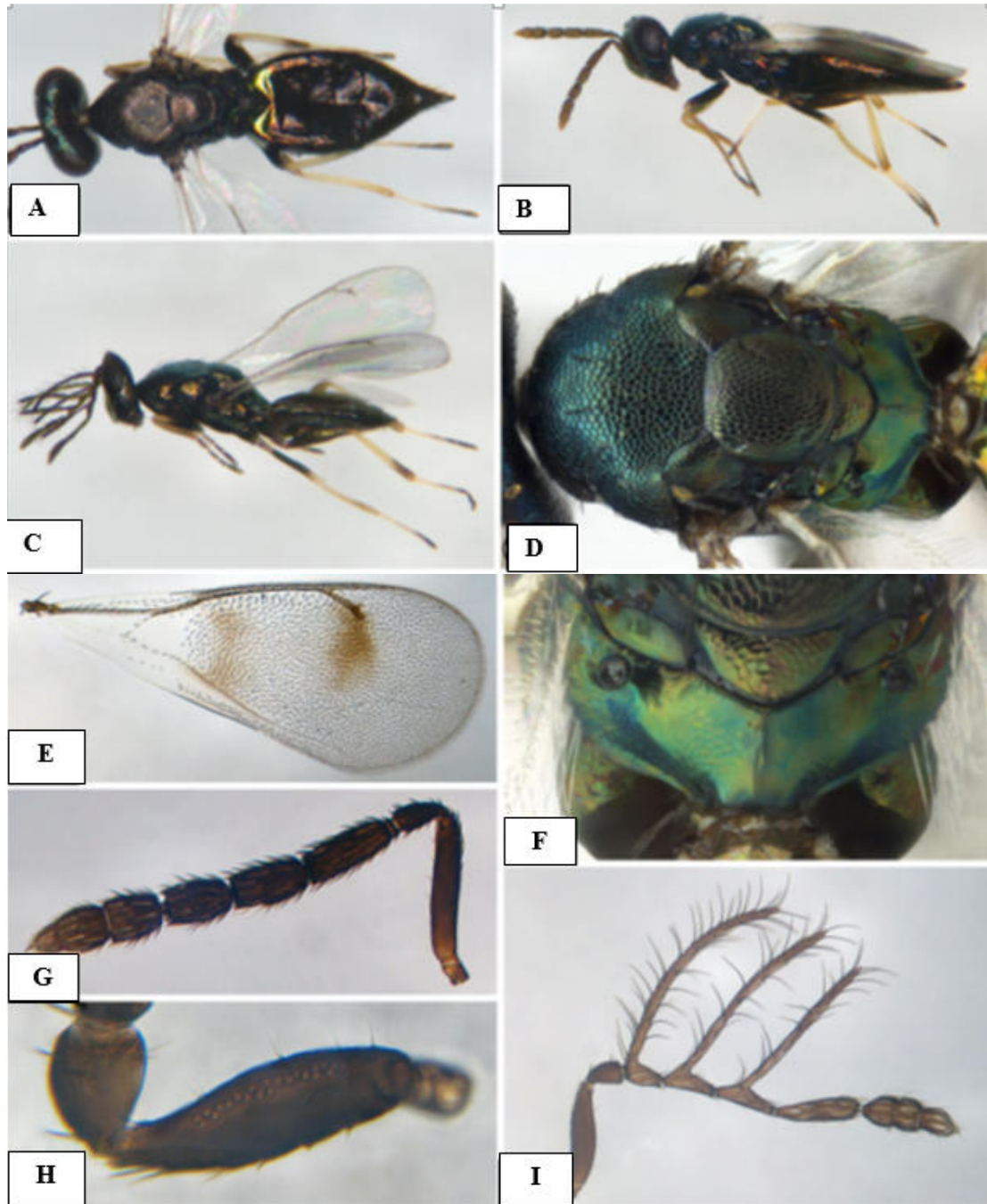
La femelle (Fig. 33-A et B) mesure entre 1,7 et 03 mm. La tête et le mésosoma sont de couleur vert-foncé, avec des reflets couleur bronze visibles sur le propodéum (Fig. 33-D). Vue dorsalement, la tête mesure 1,1 à 1,25 fois plus que le mésoscutum et sa largeur est de 2,3 à 2,7 sa longueur.

Les antennes des mâles et femelles sont représentées (Fig. 33-G et H). Les pattes (Fig. 31-A et B) présentent des coxas de la même couleur que le corps, les fémurs sont foncés avec des reflets métalliques. L'abdomen est de forme ovale de couleur brun foncé, avec des reflets couleur bronze sur la partie dorsale. Le propodéum (Fig. 33-D) est peu sculpté parfois lisse, sur une partie. Les spiracles de taille moyenne, se situent près du métanotum (Fig. 33-F).

Les ailes antérieures (Fig. 33-E) ont habituellement deux tâches dont l'une est située derrière la veine stigmale et l'autre près de la veine marginale.

#### **3.1.2.2. Le mâle**

Le mâle (Fig. 33-C) se distingue de la femelle par les antennes qui portent trois branches (Fig. 33-I) et les ailes qui sont plus claires. Le corps mesure de 1,2 à 1,9 mm, les pattes sont noires avec un mésotibia toujours pâle. Les tarses portent un ou deux tarsomères pâles.



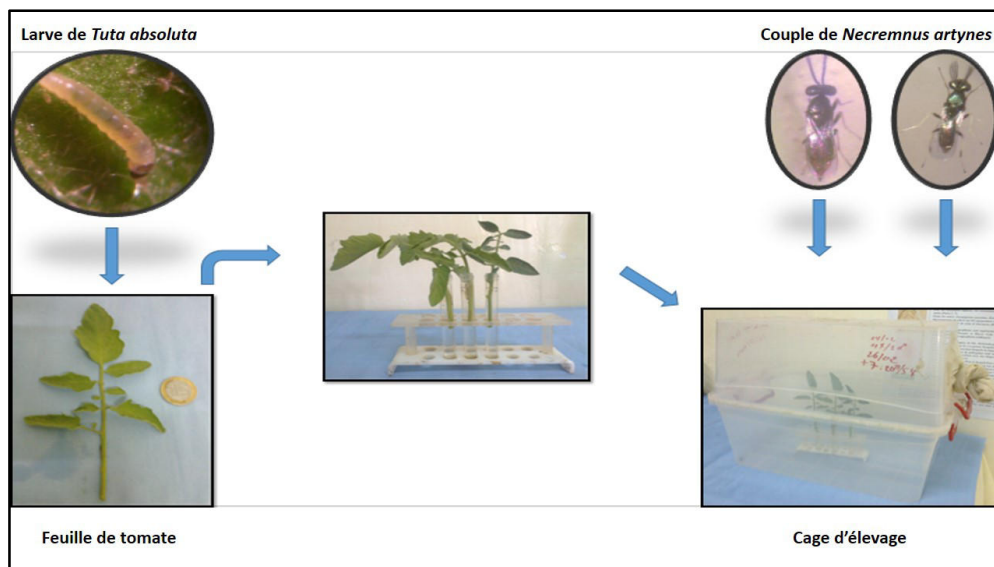
**Figure 33.** Caractéristiques morphologiques du parasitoïde *Necremnustutae* : **A-** Femelle (Vue dorsale), **B-** Femelle (Vue latérale), **C-** Mâle (Vue latérale), **D-** Mésosoma (Vue dorsale), **E-** Aile antérieure, **F-** Métanotum et propodéum. **G-** Antenne de la femelle, **H-** Pédicelle et scape de l'antenne de la femelle, **I-** Antenne du mâle (D'après Gebiola et al., 2015)

### 3.1.3. Paramètres biotiques

#### 3.1.3.1. Matériel et méthodes

##### 3.1.3.1.1. Source et méthode d'élevage des parasitoïdes

L'espèce identifiée au départ par des spécialistes comme étant *N. artynes* a été maintenue en élevage continu dans des conditions contrôlées en salle d'élevage. Les premiers adultes obtenus à partir des larves parasitées de *T. absoluta* et conformes aux spécimens ont été placés dans des boîtes en plastique (50 cm X 30 cm X 20 cm) comportant des ouvertures d'aération. Des feuilles de tomate infestées par des larves du 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> stades (L2 et L3) sont placées dans des tubes en verre contenant de l'eau pour éviter leur dessèchement. Elles ont été introduites dans les boîtes d'élevage décrites (Fig. 34). Les insectes ont été alimentés avec un mélange de miel (50 %) et d'eau. Les nymphes bien formées de *N. artynes* qui se sont développées sur les larves de *T. absoluta* ont été récupérées et placées individuellement dans des tubes en verre et gardées jusqu'à l'émergence des adultes. L'élevage a été conduit au laboratoire à l'INRAA (Station de Sidi Mehdi) dans des conditions de température moyenne de 21°C avec des variations journalières de 19 à 23° C, une humidité relative de 60 ± 10 % et une photopériode de 16 heures de lumière par 24 heures).

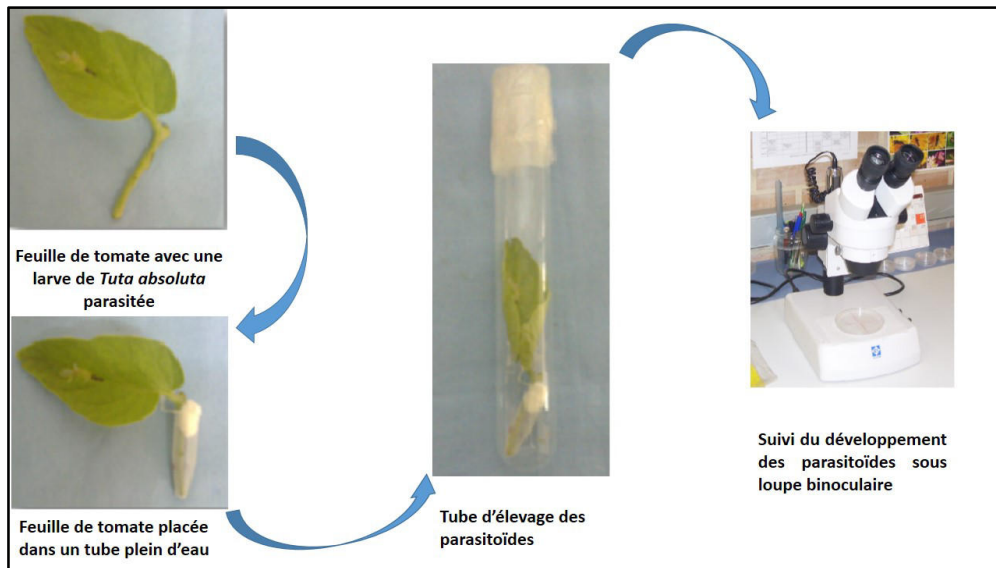


**Figure 34.** Dispositif d'élevage initial de *Necremnus artynes* (Photos originales)

##### 3.1.3.1.2. Cycle biologique, fécondité et longévité

Les adultes de *N. artynes* nouvellement émergés ont été séparés selon leur sexe. Chaque couple (mâle + femelle) a été placé dans un tube en verre qui comporte

10 larves de *T. absoluta* des stades L2-L3 se nourrissant sur des feuilles de tomate selon le dispositif décrit dans la figure 35. Les insectes ont été alimentés avec une solution d'eau et de miel. Le contact avec les larves dure 24 heures. Les parasitoïdes sont transférés dans un autre tube selon le même dispositif jusqu'à la mort des femelles. Le nombre de larves attaquées et celui des œufs a été noté. Le cycle biologique de *N. artynes* a pu être suivi.



**Figure 35.** Dispositif d'étude des paramètres biotiques de *Necremnus artynes* (Photos originales)

La longévité des adultes femelles et mâles de *N. artynes* a été calculée sur des individus disposant d'une solution d'eau et de miel fournie sur un tampon d'ouate. Cette expérimentation a été conduite dans les mêmes conditions décrites précédemment pour l'élevage.

### 3.1.3.2. Résultats et discussion

*N. artynes* se comporte en ectoparasitoïde. La femelle attaque les 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> stades larvaires de la mineuse qui lui sont présentées. Certains chercheurs comme Ferracini et al(2012) ont mentionné une préférence pour les deux premiers stades à la fois pour y déposer des œufs et pour s'en nourrir. La femelle parasitoïde (espèce idiobionte) tue d'abord son hôte en le piquant par son aiguillon à venin (Wharton, 1993) avant d'y pondre. Cela réduit la réaction de l'hôte. Elle introduit son appareil dans la larve à travers l'épiderme de la feuille à plusieurs reprises puis se retourne pour lécher l'hémolymphe qui s'en dégage (Fig. 36). Elle dépose de 01 à 03 œufs à

l'intérieur de la mine soit directement sur la larve paralysée ou à proximité. Les œufs sont souvent observés un jour après la mise en contact des femelles avec leurs hôtes. L'œuf qui éclot donne une larve qui se positionne sur l'hôte et s'alimente de son hémolymphe. Au début, la larve est très petite, presque de la taille de l'œuf. Elle ne se distingue que par les segmentations qu'elle présente.

La fécondité moyenne des femelles de *N. artynes* (Tableau 05) est très faible (03 œufs) par rapport à celles d'autres espèces avec un maximum seulement de 06 œufs / femelle pourtant ces valeurs se rapprochent de celles de Ferracini et al (2012) (02,7 œufs/femelle). Par contre, Soriano et al (2011) et Calvo et al (2013) pour une température de 30° C ont obtenu des valeurs très supérieures. Ces différences peuvent être imputées à plusieurs facteurs comme par exemple la densité de l'hôte (Iziquel et le Rû, 1992). L'espèce *Dineulophus phthorimaeae*, élevé sur *T. absoluta*, ne produit pas non plus une fécondité élevée (Savino et al., 2012).



**Figure 36.** Femelle de *Necremnus artynes* en présence de larve de *Tuta absoluta* **A-** Recherche de l'hôte. **B-** Introduction de l'aiguillon à venin à travers la feuille pour paralyser la larve. **C-** Prédation par succion du liquide qui s'écoule de la larve piquée (Photos originales X 40)

**Tableau 05.** Paramètres biologiques de *Necremnus artynes* ectoparasitoïde des larves de *Tuta absoluta* à une température moyenne de 21 °C et une humidité de 60±10 %

Paramètre	Valeur			N
	Min.	Max.	Moyenne ± SE	
Fécondité des femelles (Oeufs/femelle)	01	06	03,33 ± 1,87	09
Durée d'incubation (Jour)	/	/	02,30 ± 0,60	30
Durée totale des stades larvaires (Jour)	/	/	05,85 ± 1,38	27
Durée du stade pré-nympal (Jour)	/	/	01,00 ± 0,00	35
Durée du stade nympal (Jour)	/	/	09,00 ± 1,14	35
Durée du cycle de développement total (Jour)	/	/	17,96 ± 2,53	27
Longévité des femelles avec alimentation (Jour)	02	08	05,45 ± 1,79	22
Longévité des mâles avec alimentation (Jour)	02	06	04,27 ± 1,08	22
Taux de parasitisme (%)	10	40	20,38 ± 1,19	13
Sex-ratio	0,54			27

Comme tous les Hyménoptères parasitoïdes, la reproduction se fait selon le processus d'haplo-diploïdie, c'est à dire que les femelles non fécondées donnent une descendance de mâles uniquement et des femelles lorsqu'elles sont fécondées sauf pour le cas de souches parthénogénétiques thélytoques qui peuvent donner une descendance femelles sans fécondation. Chez notre espèce *N. artynes*, certaines femelles vierges ont donné des œufs qui n'ont pas évolué en larves.

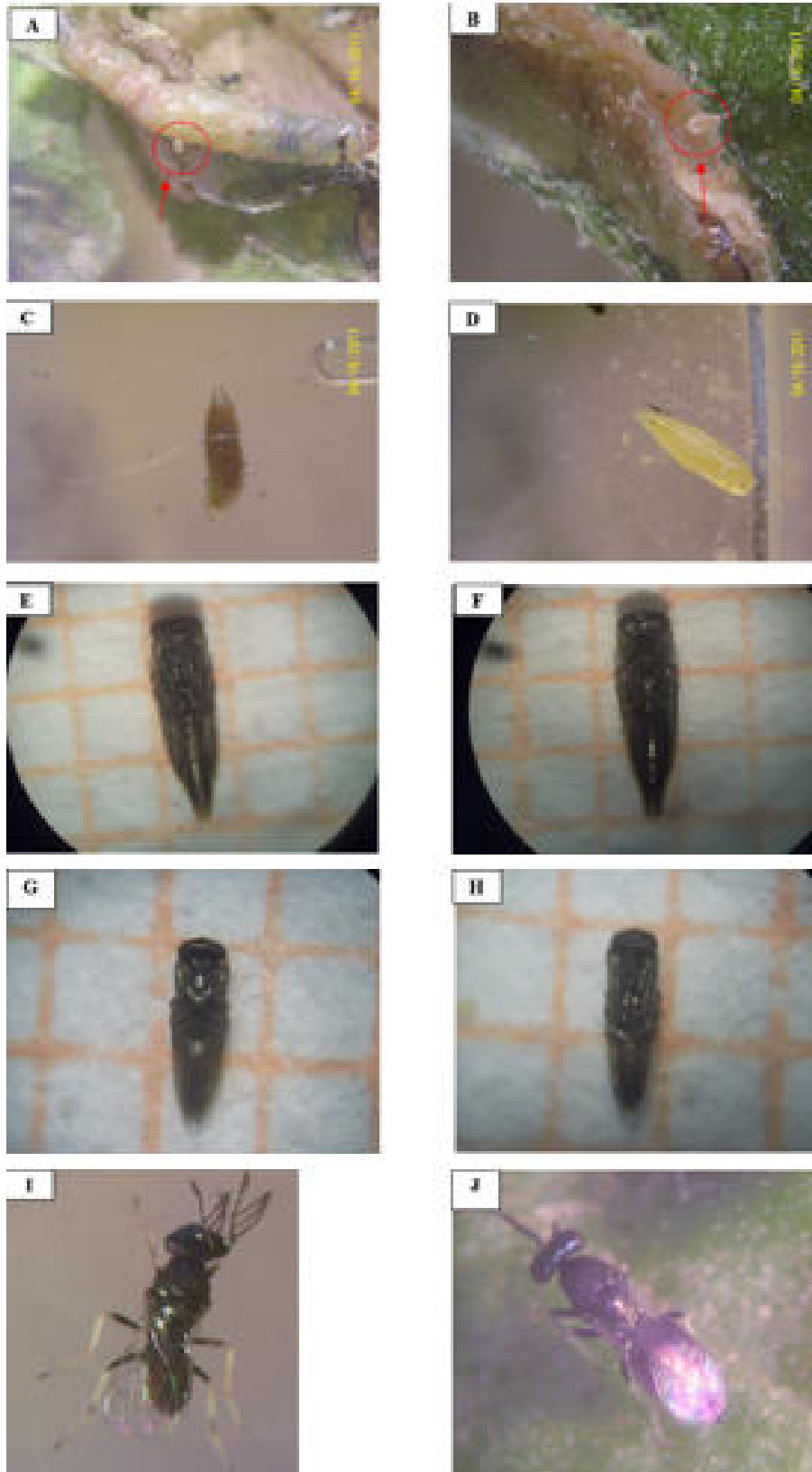
Les stades de développement de *N. artynes* sont représentés dans la figure 37. La durée de développement est 18 jours, une valeur proche de 16 jours a été obtenue par Sanino et al(2011) pour une température voisine, soit 20°C. Elle peut varier avec la température en étant plus courte (10,20 jours) comme c'est le cas à 24°C (Ferracini et al., 2012). L'incubation des œufs est de 02 à 03 jours et celles des stades larvaires

atteint 06 jours ( $05,85 \pm 1,38$  jour). Le stade pré-nymphal est d'environ un jour, tandis que le stade nymphal dure 09 à 10 jours.

La sex-ratio calculée sur la base du rapport entre le nombre des femelles par le nombre des deux sexes est de 0,54. Tavella et *al.* (2012) ont obtenu une valeur moins importante (0,28) dans des conditions similaires.

La longévité des adultes de *N. artynes* enregistrée dans cet essai a été faible avec 05 à 06 jours pour les femelles et de 04 jours pour les mâles, différence qui se confirme toujours entre les 02 sexes. La longévité des adultes dépend de plusieurs facteurs ce qui rend les résultats toujours difficiles à interpréter. Arno et *al.* (2011) ont obtenu 18 jours pour les femelles à une température très proche.

Les paramètres biotiques de *N. artynes* montrent que ce parasitoïde indigène s'est bien adapté à son nouvel hôte *T. absoluta*. Son action est intéressante parce qu'en plus du parasitisme il y a une mortalité des larves par prédation. Ce comportement compense en quelque sorte la faible fécondité enregistrée chez les femelles dans notre essai. Une femelle est capable de tuer 04 larves par 24 heures pour se nourrir (Tavella et *al.*, 2012) ce qui permet de réduire les populations d'hôtes (Bernardo et *al.*, 2006). Lorsque les densités d'hôtes sont relativement faibles, la fécondité du parasitoïde diminue (Luna et *al.*, 2007). Il semble que de façon générale, les hyménoptères ne parasitent que le 1/3 des individus présents dans un espace donné (Montovan et *al.*, 2014). Dans le cas de *N. artynes* la femelle qui s'attaque surtout aux premiers stades du déprédateur empêche une partie de la population larvaire de faire des dégâts et d'arriver à l'âge adulte.



**Figure 37.** Stades de développement de *Necremnusartynes*: **A-** Œuf, **B-** Jeune larve, **C-** Larve âgée, **D-** Prénympe, **E-** Nympe ♀ (Vue ventrale), **F-** Nympe ♀ (Vue dorsale), **G-** Nympe ♂ (Vue dorsale), **H-** Nympe ♂ (Vue ventrale), **I-** Adulte ♂, **J-** Adulte ♀ (Photos originales X 40)

D'autres espèces d'Eulophidae très voisines de *N. artynes* ont été récoltées sur larves de Lépidoptères attaquant des plantes spontanées semblables à celles observées dans la région d'étude. C'est le cas de *Necremnus tidius*, parasitoïde des larves de *Cosmopterix pulchrimella* Chambers (Lepidoptera : Cosmopterigidae) qui s'attaque à la plante *Parietaria diffusa* M. et K. (Urticaceae) (Bernardo et Viggiani, 2002 ; Zappala et al., 2012).

### **3.2. *Stenomesus* sp.**

#### **3.2.1. Introduction**

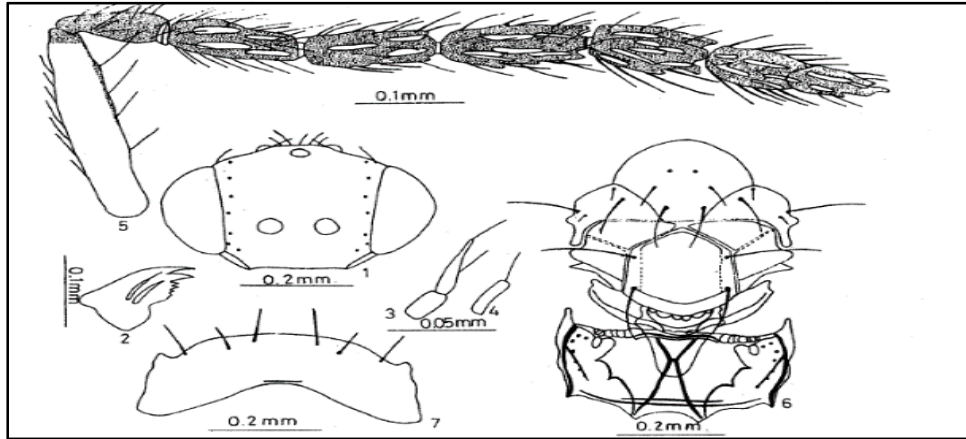
Les paramètres biotiques de l'espèce *Stenomesus* sp. ont été étudiés dans les mêmes conditions que l'espèce précédente.

#### **3.2.2. Morphologie**

Cette espèce qui n'a été déterminée qu'au niveau du genre par prudence. Elle appartient au genre *Stenomesus* Westwood (1833) (Hymenoptera : Eulophidae : Elachertinae). Au départ, il n'y avait qu'une seule espèce décrite (*Stenomesus rufescens* Rossius) en Europe (Peck et al., 1964; Askew, 1968). Progressivement, de nouvelles espèces ont été découvertes. C'est le cas de *Stenomesus ceramidae* Bouček sp. nov. (Bouček, 1962), *Stenomesus modicellus* Khan, *Stenomesus anati* Khan & Singh (Khan et Singh, 1994) et *Stenomesus orientalis* Agnihotri and Khan sp. nov. (Agnihotri et Khan, 2004). L'espèce-type de ce genre est *Stenomesus pulchellus* Westwood (1939) (Yefremova et al., 2007).

Selon Agnihotri et Khan (2004), les individus de ce genre peuvent être facilement identifiés par la combinaison des caractères suivants : Le propodéum présente deux sillons fort séparés, cintrés vers l'intérieur qui se rejoignent par un sillon transversal en forme de X ou H, l'antenne de la femelle porte un funicule de 04 segments et l'abdomen est allongé avec le premier tergite court (Fig. 38).

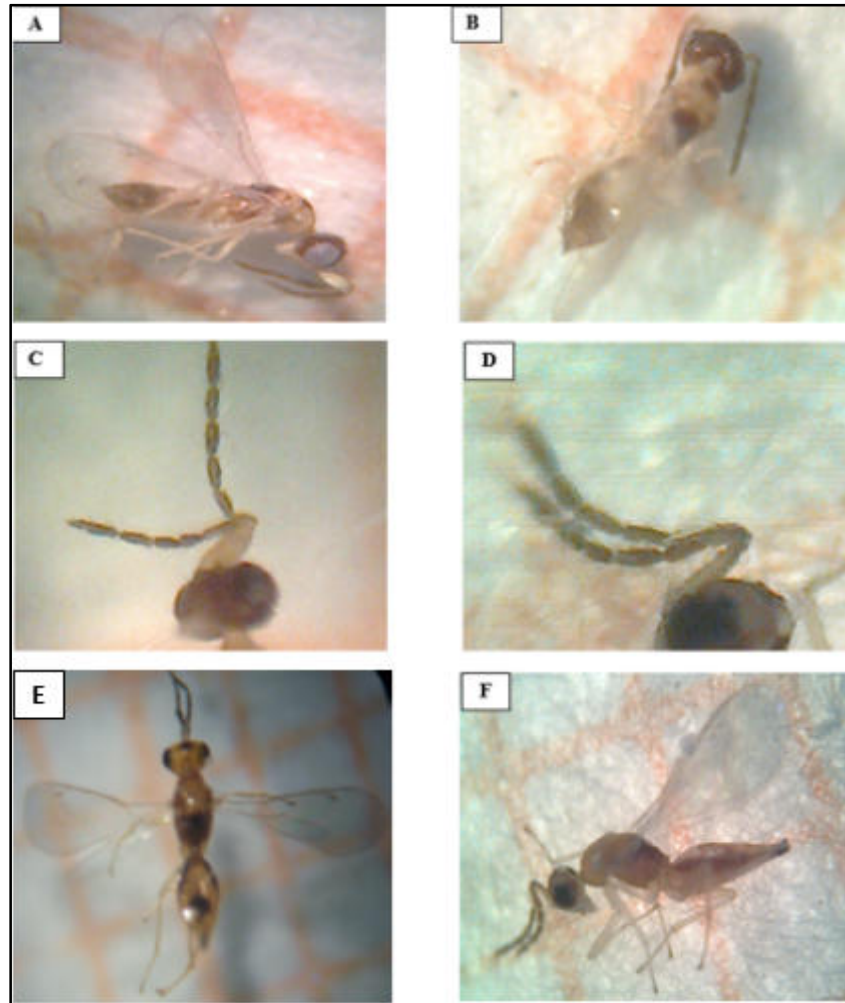
L'espèce recensée dans notre région ressemble à *S. rufescens* décrite par Askew (1968). Elle est caractérisée par une couleur jaune qui vire vers le rouge avec des taches noires sur la face dorsale de l'abdomen ; autour des ocelles et sur les deux côtés du thorax (Fig. 39) (Fig. 40). Plus récemment *Stenomesus japonicus* Ashmed a été signalée dans le nord de l'Afrique (Chailleux et al., 2014).



**Figure 38.**Caractères d'identification du genre *Stenomesius*: 1- Tête (Vue frontale), 2- Mandibule, 3- Palpe maxillaire, 4- Palpe labiale, 5- Antenne, 6- Thorax (Vue dorsale), 7- Pronotom (D'après Agnihotri et Khan, 2004)



**Figure 39.** Vue dorsale du thorax et du propodéum de *Stenomesiusrufescens* (D'après Askew, 1968)



**Figure 40.** Caractères morphologiques du parasitoïde *Stenomesusius* sp. : **A-** Mâle (Vue latérale), **B-** Mâle (Vue dorsale), **C-** Antennes du mâle, **D-** Antennes de la femelle, **E-** Femelle (Vue dorsale), **F-** Femelle (Vue latérale) (Photos originales X 40)

### 3.2.3. Paramètres biotiques

#### 3.2.3.1. Matériel et méthodes

Les paramètres biotiques de *Stenomesusius* sp. (Fécondité, durée de développement, longévité et taux de parasitisme) ont été étudiés dans les mêmes conditions que pour *N. artynes*.

Mais un 2<sup>ème</sup> essai a été conduit en conditions contrôlées à 25° C, une humidité voisine de 60% et une photopériode de 16 h de lumière sur 24 h.

#### 3.2.3.2. Résultats et discussion

La figure 41 représente les stades du développement de *Stenomesusius* sp. Cette espèce (ectoparasitoïde) s'attaque principalement aux stades larvaires L2 et L3 de *T. absoluta*. La même remarque a été faite par Chailleux et al. (2014) pour l'espèce *S.*

*japonicus*. La femelle paralyse l'hôte en le piquant par son aiguillon à venin qu'elle introduit à travers l'épiderme de la feuille. Elle dépose de 01 à 03 œufs à l'intérieur de la mine à côté de la larve mais aussi par-dessus (Fig. 41-A). Un seul œuf éclot donnant une larve qui se place sur l'hôte et s'alimente sur lui (Fig. 41-B). James et Stevens (1992) ont fait la même constatation avec l'espèce *S. japonicus* élevée sur *Dialectica scariella* Zeller (Lepidoptera : Gracillariidae). A la fin de son développement, la larve s'éloigne de la dépouille de son hôte et se débarrasse de ses excréments ce qui la rend plus claire (Fig. 41-C). Ce comportement précède la phase nymphale. La chrysalide (Fig. 41-D) est toujours observée dans la galerie sous l'épiderme de la feuille. Celle-ci est d'environ 03,50 mm chez la femelle (Fig. 41-E) et 03 mm seulement chez le mâle (Fig. 41-F). L'accouplement se déroule dans les six premières heures qui suivent l'émergence des adultes et les œufs sont toujours observés un jour après la mise en contact des femelles avec leurs hôtes. Ce qui donne une période d'avant-ponse ne dépassant pas les 24 heures. Il est à noter que *Stenomiesius* sp. s'est comportée en ectoparasitoïde dans cette étude mais dans le cas de *S. japonicus* élevé sur *D. scariella*, l'espèce s'est comportée en endoparasitoïde (James et Stevens, 1992).

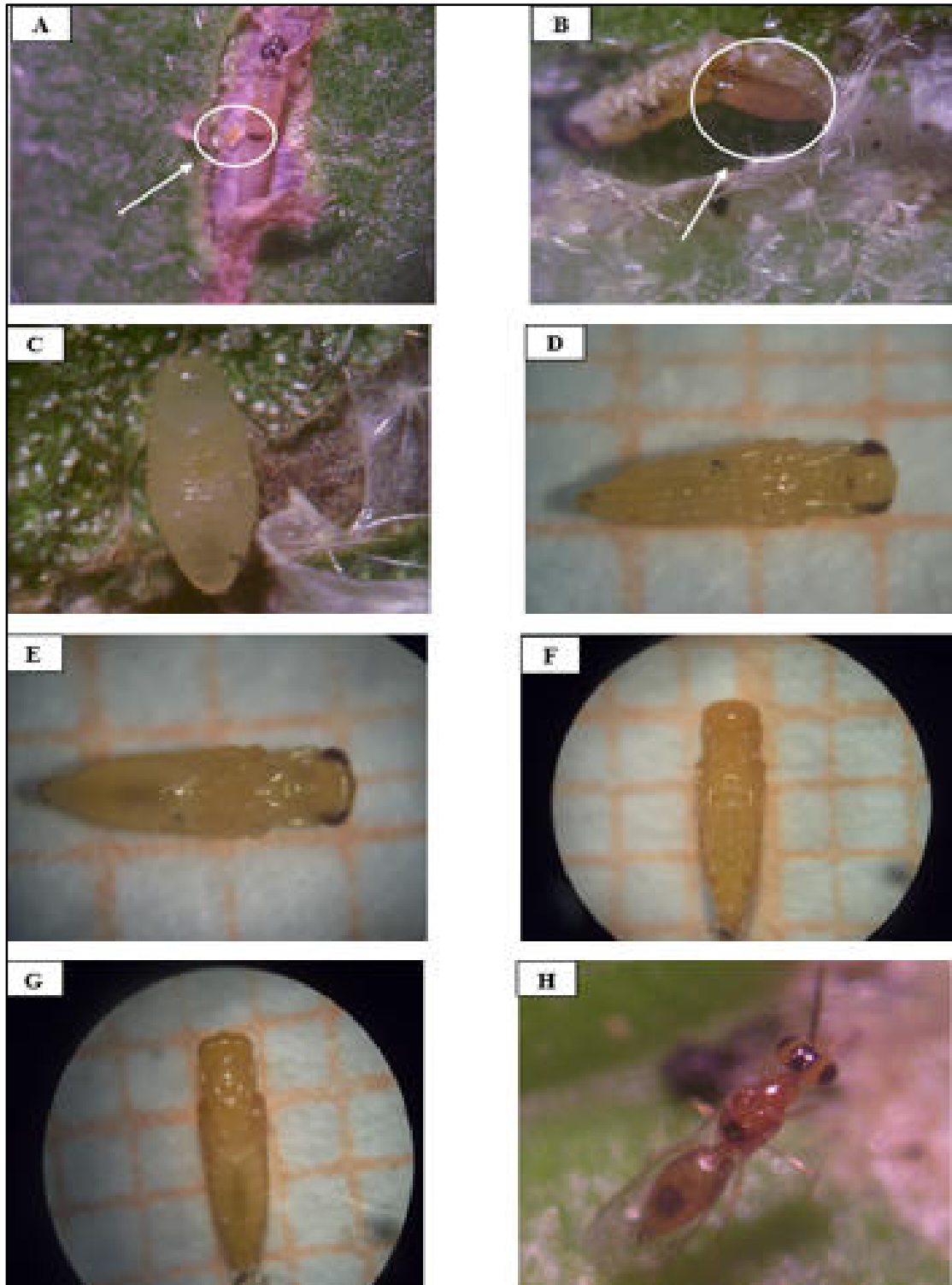
La fécondité moyenne de *Stenomiesius* sp. était de  $06,97 \pm 01,64$  œufs/femelle avec un minimum de 04 œufs et un maximum de 10 œufs/femelle. Ces résultats se rapprochent de ceux enregistrés par Nhung et al. (2012) avec une autre espèce *Stenomiesius* sp. élevée sur *Omiodes indicata* F. (Lepidoptera : Pyralidae). Chailleux et al (2014) ont obtenu jusqu'à 144 œufs/femelle pour *S. japonicus* élevé sur une Pyralidae.

A une température de 21°C, la durée de développement moyenne de *Stenomiesius* sp. est de 18,9 jours avec 02 jours pour l'incubation, 06 jours pour le développement larvaire, 01 jour pour le stade pré-nymphal et 09 jours pour le stade nymphal (Tableau 06).

La sex-ratio a été de 0,39. Dans des conditions proches, Chailleux et al (2014) ont avancé une valeur de 0,43 pour *S. japonicus*.

A 25° C, la durée de développement moyenne de *Stenomiesius* sp. a été de 12 jours, soit une semaine de moins qu'à 21°C. Le développement larvaire ne dure que 04 jours et celui du stade nymphal dure 05 jours (Tableau 07). Des résultats très proches ont été obtenus par Chailleux et al. (2014) avec *S. japonicus* élevé sur *T. absoluta* et

Nhung et al (2012) avec *Stenomesus* sp. élevé sur *O. indicata*. La sex-ratio obtenue dans cet essai a été de 0,34.



**Figure 41.**Stades de développement de *Stenomesus* sp. : A- Oeuf, B- Larve, C- Prénympe, D- Nympe ♀ (Vue ventrale), E- Nympe ♀ (Vue dorsale), F- Nympe ♂ (Vue ventrale), G- Nympe ♂ (Vue dorsale), H- Adulte ♀ (Photos originales X 40)

**Tableau 06.** Paramètres biologiques de *Stenomesus* sp. ectoparasitoïde des larves de *Tuta absoluta* à 21 °C et 60 ± 10%

Paramètre	Valeur			N
	Min.	Max.	Moyenne ± SE	
Fécondité des femelles (Œufs/Femelle)	04	10	06,97 ± 01,64	29
Durée d'incubation des œufs (Jour)	01	03	02,27 ± 0,77	22
Durée des stades larvaires (Jour)	04	08	06,00 ± 01,2	19
Durée du stade pré-nymphal (Jour)	01	01	01,00 ± 0,00	28
Durée du stade nymphal (Jour)	09	11	09,29 ± 0,85	28
Durée du cycle de développement total (Jour)	15	23	18,79 ± 01,47	19
Longévité des femelles avec alimentation (Jour)	08	11	09,69 ± 0,81	29
Longévité des mâles avec alimentation (Jour)	01	05	03,45 ± 01,1	22
Taux de parasitisme par femelle	01	03	02,06 ± 0,94	18
Taux de paralysie par femelle	01	03	02,11 ± 0,75	27
Sex-ratio	0,39			19

La longévité des adultes de *Stenomesus* sp. à 21 °C et HR de 50 à 70 % a été de 10 jours environ pour les femelles et 03 jours pour les mâles. Nhung et al (2012) ont avancé une longévité d'environ 12 jours pour les deux sexes. Avec des espèces voisines élevées sur *T. absoluta* à des conditions très proches, Chailleux et al (2014) ont noté 62 jours pour *S. japonicus*.

Les femelles de *Stenomesus* sp. peuvent parasiter une moyenne de 02 à 03 larves par jour et en tuer 02 à 03 pour se nourrir. Le nombre total de larves éliminées par femelle est de 04. On peut avoir des valeurs plus importantes avec *S. japonicus* qui est polyphage avec des taux de parasitisme très importants sur les larves de lépidoptères (Kenis et Cugala, 2006).

**Tableau 07.** Paramètres biologiques de *Stenomesus* sp. ectoparasitoïde des larves de *Tuta absoluta* à une température de 25° C et une humidité de 60 %.

Paramètre	Valeur			N
	Min.	Max.	Moyenne ± SE	
Durée d'incubation des œufs (Jour)	01	02	01,25 ± 0,44	32
Durée des stades larvaires (Jour)	03	06	04,41 ± 0,61	32
Durée du stade pré-nymphal (Jour)	01	01	01,00 ± 0,00	32
Durée du stade nymphal (Jour)	05	06	05,34 ± 0,48	32
Durée du cycle de développement total (Jour)	10	15	12,00 ± 1,91	32
Sex-ratio	0,34			32

Cette étude montre que *Stenomesus* sp., qui n'a pas été recensée dans le Nord du pays, est capable de se reproduire sur son nouvel hôte *T. absoluta* dans le sud avec une activité qui s'étend sur plusieurs mois. En fait, cette espèce apparaît tôt dans les échantillons et continue à être présente dans les prélèvements en été avec des températures voisines de 40°C.

La fécondité de *Stenomesus* sp. enregistrée dans cette étude, qui reste faible est cependant bien supérieure à celle de *N. artynes* (Chailleux et al., 2014).

La durée de développement est très courte et la longévité plus importante par rapport à *N. artynes* dans les mêmes conditions. Malgré sa faible fécondité, *N. artynes* est jugé comme un intéressant moyen de lutte contre *T. absoluta* en Espagne (Arno et al., 2011) et en Italie (Calvo et al., 2013).

Les résultats obtenus dans cette étude sont une première approche. Toutefois, des études plus approfondies sur la biologie de cette espèce et sur les interactions avec les autres prédateurs ou parasitoïdes sont à mener pour clarifier le statut de chaque entomophage et les conditions de son utilisation dans un programme de lutte intégrée contre *T. absoluta*.

### 3.3. Conclusion partielle

*N. artynes* est un parasitoïde indigène qui s'est adapté à son nouvel hôte *T. absoluta*. Son action est intéressante parce qu'en plus du parasitisme il y a une mortalité des larves par prédation. Ce comportement compense en quelque sorte la faible fécondité enregistrée chez les femelles.

*Stenomesus* sp. qui n'a pas été recensée dans le Nord du pays est capable de se reproduire sur son nouvel hôte *T. absoluta* dans le sud avec une activité qui s'étend sur plusieurs mois et une présence dans les prélèvements en été par des températures voisines de 40°C.

La fécondité de *Stenomesus* sp. enregistrée dans cette étude, qui reste faible est cependant bien supérieure à celle de *N. artynes* utilisée en Europe (Chailleux et al., 2014).

## Conclusion de la partie II

Un nombre important de prédateurs et parasitoïdes se sont progressivement adaptés à *T. absoluta* dès son installation dans le sud-est algérien. L'intérêt de faire un inventaire et d'étudier les potentialités de quelques espèces a été motivé par la nécessité de trouver des moyens alternatifs à la lutte chimique.

La punaise prédatrice *N. tenuis* peut constituer un moyen de lutte biologique contre *T. absoluta* dans les régions arides de l'Algérie car elle a révélé une capacité de prédation avec résistance aux fortes chaleurs mais son utilisation ne peut être efficace que si les élevages massifs sont réalisés correctement et coûts modérés.

*N. artynes* constitue le parasitoïde de *T. absoluta* le plus représentatif dans la région du sud-est algérien. *Stenomesus* sp. et *N. formosa* sont présents mais avec une moindre importance. L'espèce *Stenomesus* sp. a été recensée seulement dans le sud. Elle a l'avantage d'être adaptée au climat de la région puisqu'elle supporte des températures élevées. Les faibles taux de parasitisme spontané ne permettent pas de compter sur leurs actions sans l'intervention de l'homme, d'autant que les agriculteurs ont tendance à traiter chimiquement sans tenir compte des auxiliaires.

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

Les zones de production de tomate dans le sud-est algérien (région est d'El Oued et la Vallée d'Oued Righ) sont complètement infestées par *T. absoluta* qui s'est installée dès 2009. Aujourd'hui, elle constitue la 1<sup>ère</sup> contrainte à la production de la tomate. Ce ravageur manifeste une activité tout au long de l'année favorisé par des conditions climatiques favorables avec des hivers doux. En été, il se protège sous les palmiers dattiers qui offrent un microclimat favorable. Son développement est également assuré par la présence des différentes plantes solanacées cultivées spontanées.

Les variétés de tomate hybrides utilisées en Algérie sont toutes plus ou moins sensibles selon le cultivar ; il y a donc une nécessité de rechercher des cultivars plus résistants à *T. absoluta*.

Les techniques culturales pratiquées par les agriculteurs du sud-est algérien favorisent l'installation et la multiplication de *T. absoluta* avec près de six générations en culture sous serre qui dure de septembre à avril.

La lutte contre *T. absoluta* est exclusivement chimique avec au moins deux traitements par semaine sans respecter les délais d'avant-récolte ni l'alternance des spécialités des insecticides employés. Malgré les efforts déployés par les spécialistes des services de protection des végétaux pour sensibiliser les producteurs à utiliser les méthodes alternatives, les jeunes agriculteurs par manque de formation (parfois de conscience) portent directement atteinte à la sécurité du consommateur.

Dans la région est d'El Oued où la tomate est cultivée en arrière-saison, nous avons constaté que les dégâts sont très atténués ce qui permet de limiter les traitements chimiques et réduire les coûts de production. Ce constat fait prendre conscience aux maraichers qu'il est plus intéressant économiquement de conduire une culture avec moins d'attaques et peu de traitements que l'inverse. Le cas particulier de la tomate cerise conduite sous les palmiers dans la Vallée d'Oued Righ constitue plusieurs avantages : d'une part, elle permet à l'agriculteur d'avoir son stock de semences, d'autre part, elle est moins attaquée que les variétés hybrides. Cette façon de cultiver en mélange plusieurs espèces accroît la biodiversité végétale et animale et conforte certaines idées développées dans le cadre du développement durable.

Comme dans tous les pays du Bassin méditerranéen, plusieurs ennemis naturels se sont adaptés à *T. absoluta*. Les plus importants sont parmi les prédateurs, comme la punaise *N. tenuis*. Les parasitoïdes, comportent deux espèces *N. artynes* et *Stenomesus* sp. dont les potentialités restent limitées sur le terrain du fait qu'il existe une série de contraintes qui ne peuvent être levées que si l'agriculteur fait des efforts pour évoluer vers un réel développement durable de l'agriculture en se formant mieux et en prenant conscience qu'ils doivent avoir une vision plus large et ne pas se limiter à faire des profits à courte terme.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

- Ababsia A. et Moumène K., 2011.** Approche de lutte biologique contre *Tuta absoluta* en Algérie. EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA Agadir, Morocco, November 16-18, 2011
- Abbes K. and Chermiti B., 2011 -** Comparison of two Marks of Sex Pheromone Dispensers Commercialized in Tunisia for their Efficiency to Monitor and to Control by Mass-Trapping *Tuta absoluta* under Greenhouses. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 6 (2): 133-148
- Abbes K., S. M. Faris and B. Chermiti, 2013.** Confirmation of deuterotokous parthenogenesis in three populations of the tomato leafminer, *Tuta absoluta* in Tunisia. International workshop on *Tuta absoluta*: Meeting the Challenge of the Tomato Leafminer. Addis Ababa, Ethiopia (Nov. 26-28, 2013)
- Abdeslam-Ouezzani, 2011.** Lutte biologique contre *Tuta absoluta* par l'utilisation des prédateurs (*Nesidiocoris tenuis* Reuter et *Macrolophus* Wegner) (Hym.: Miridae). Premier Séminaire International d'Etude "Agriculture Biologique et Développement Durable", Oran (Algérie), 12-15 Février 2011
- Abdul-Rassoul M.S., 2014 -** A new host record for tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) in Baghdad province, Iraq. *Bull. Iraq Nat. Hist. Mus.*, 13 (1): 15-18
- Abolmaaty S.M, M.K. Hassanein, A.A. Khalil and A.F Abou-Hadid, 2010.** Impact of climatic changes in Egypt on degree ay's units and generation numberfortomato leaf miner moth *Tuta absoluta*, (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Nature and Science* 2010: 8(11): 122-129. [http://www.sciencepub.net/nature\(29/10/2014\)](http://www.sciencepub.net/nature(29/10/2014))
- Agnihotri M.and M. A. Khan, 2004.** A new species of the Genus *Stenomesus* Westwood (Hymenoptera: Eulophidae) from India. *J. Bombay Nat. Hist. Soc.*, 101 (3) : 421-424
- Aït Taadaouit N., Nilahyane A., M. Hsaine, A. Rochdi, A. Hormatallah et R. Bouharroud, 2011.** L'effet des extrait végétaux sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera : Gelechiidae). Actes du 1<sup>er</sup> Congrès

- International de l'Arganier, Agadir (Maroc), 15-17 décembre 2011, pp : 411-417
- Allache F., M. A. Houhou, I. Osmane, L. Naili et F. Demnati, 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*, 65:149-155
- Allal-Benfekih L., M. Bellatrache, F. Bounaceur, G. Tail et H. Mostefaoui, 2011.** Première approche de l'utilisation des extraits aqueux d'*Inula viscosa*, *Salvia officinalis* et *Urtica urens* contre les stades endophytes de *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae) ravageur invasif de la tomate en Algérie. AFPP- Neuvième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier (France), 26 et 27 octobre 2011. p: 681-689
- Allam A., A. Tirichine, H. Chelouf, Y. Arif, M. Tama et M.A. Mimouni, 2013.** Etude de la diversité biologique des espèces maraichères cultivées dans les palmeraies de la vallée d'Oued Righ (cas de la région de Touggourt). *Revue des BioRessource*, Vol 3. (2) pp : 64-71.
- Al-Sayed H., 2007.** Transfert d'un insecticide systémique, l'imidaclopride, chez la tomate : implication du transport phloémien. Thèse de Doctorat en qualité et sécurité des aliments. INP de Toulouse, 154 p.
- Amaury R., 2013.** Étude de la reproduction parthénogénétique et de son origine chez la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae). Mémoire de fin d'études. HELHA, Haute Ecole Louvain, 58 p.
- Ammad F., R. Boutechent, F. Amada and K. Aoues, 2012.** *In vitro* insecticidal effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) against the tomato leafminer (*Tuta absoluta*, Meyrick, 1917). The 3<sup>rd</sup> International Symposium on Medicinal Plants, Their cultivation and aspects of uses, Petra (Jordan), November 21-23 (2012), Abstract book, p. 110
- Amrouni H., 2011.** Gestion du problème de la mineuse de la tomate en Algérie par le piégeage massif. EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA Agadir, Morocco, November 16-18, 2011

- Arno J. and R. Gabarra, 2010.** Controlling *Tuta absoluta*, a new invasive pest in Europe. ENDURE Training in Integrated Pest Management, N° 05, 08 p.
- Arno J. and R. Gabarra, 2011.** Side effects of selected insecticides on the *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) predators *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae). *J Pest Sci.*, 84(4) : 513-520
- Arno J., Berruezo R. e R. Gabarra, 2011.** *Necremnus artynes* (Walker) como agente de control biologico de *Tuta absoluta* (Meirick). VII Congreso Nacional de Entomologia Aplicada y XIII Jornadas de la SEEA, Libro Resumenes p. 57
- Askew R. R., 1968.** Handbooks for the identification of British insects. *Royal Entomological Society of London, Vol. VIII. Part 2 (b), 40 p.*
- Assaf-Lazgeen H., Feyroz R. Hassan, Halgurd R. Ismael and Salah A. Saeed, 2013.** Population density of tomato leaf miner *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) under plastic houses conditions (b). *Journal of Agriculture and Veterinary Science. Volume 5 (4):07-10*
- Attwa W. A., N. A. Omar, I. M. A. Ebadah, T. E. Abd El-Wahab, S. M. Moawad and H. E. Sadek, 2015.** Life table parameters of tomato leaf miners *Tuta absoluta* (Meyrick) and potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato plants in Egypt. *Agri. Sci. Res. Jour.*, 5 (1) : 1-5
- Azali Hamza Abdou, 2010.** Taxonomie et diagnostic des espèces de *Xanthomonas* associées à la gale bactérienne de la tomate et des *Capsicum* spp. : Situation dans les îles du Sud-Ouest de l'Océan Indien. Thèse de Doctorat en Sciences, université de la Réunion, Faculté des Sciences et Technologies, 245 p.
- 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). *Entomologie faunistique*, 63 (3) : 191-194
- Badaoui M. I., A. Berkani et B. Lotmani, 2011.** Les entomopathogènes autochtones, nouvel espoir dans le contrôle biologique de *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae) en Algérie. *Entomologie faunistique* 63 (3): 165-169
- Balzan M. V. and A. C. Moonen, 2012.** Management strategies for the control of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) damage in open-field cultivations

- of processing tomato in Tuscany (Italy). *Bulletin OEPP/EPPO*, 42 (2) : 217–225
- Barrientos Z. R., H. J. Apablaza, S. A. Norero e P. P. Estay, 1998.** Temperatura base y constante termica de desarrollo de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Ciencia e Investigacion Agraria* 25:133–137
- Baspinar H. E. M. Yildirim and M. Senel, 2014.** The effect of removing injured leaves and azadirachtin spray on fruits combination on the control of tomato moth, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Turkiye V. Bitki Koruma Kongresi, 3-5 Subat 2014, Antalya, p. 49*
- Belhadi A., D. Berredjough, M. Djoudi et K. Baazi, 2009.** Notes sur l'infestation de la tomate sous serre par *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) dans la région des Zibans. Séminaire international sur la biodiversité faunistique en zones arides et semi-arides. Université d'Ouargla, 22-24 novembre 2009. Book of abstracts, p. 59
- Belkadhi M. S., 2014.** Nuisibilité des populations de *Bemisia tabaci* sur les cultures géothermiques du sud tunisien. *Revue des Régions Arides - Numéro Spécial - n° 35: 1719-1725*
- Belkhiter S. et Z. Bouznad, 2014.** Test in-vitro de la résistance de la pomme de terre à l'égard du mildiou *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Revue des régions arides. Numéro spécial, N° 35 : 1903-1907*
- Benddine F., 2011.** Lutte intégrée : cas de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* en Algérie. EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA Agadir, Morocco, November 16-18, 2011
- Bensaad R., 2010.** Lutte intégrée contre *Tuta absoluta* Meyrick (Lep: Gelechiidae) dans la région de Mostaganem ; capacité prédatrice des punaises mirides. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister, Université de Mostaganem (Algérie) 58 p+ annexes.
- Bensaad R. and Y. Guenaoui, 2011.** Comparative predation by three predators bugs (Heteroptera: Miridae) on *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato. EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in

collaboration with the IRAC and IBMA Agadir, Morocco, November 16-18, 2011

- Benzara A., F. Selmane et L. Sahraoui, 2014.** Utilisation de quatre types de piégeage pour l'étude de la dynamique des populations de *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera : Gelechiidae). AFPP – 10<sup>ème</sup> conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier : 22 et 23 Octobre 2014, 09 p.
- Berima E. M. and A. A. Osman, 2014.** The impact of hexane and ethanol extracts of Jatropha seeds, Arqel stems and malathion on mortality and fecundity of tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Universal Journal of Applied Science*, 2 (5): 93-98
- Berlinger M. J. and R. Dahan, 1987.** *Bemisiatabaci*, the vector of tomato yellow leaf curl virus: A challenge to Southern European entomologists. Proceedings of the CEC/IOBC Experts' Group Meeting/ Cabrils 27-29 May 1987. pp: 67-71
- Bernardo U. and G. Viggiani, 2002.** Biological data on *Necremnostidius* (Walker) (Hym. : Eulophidae), ectoparasitoid of *Cosmopterixpulchrimella* Chambers (Lep.: Cosmopterigidae). *Bol. Lab. Ent. Agr. Filippo Silvestri* 58: 87-92
- Bernardo U., P.A. Pedata and G. Viggiani, 2006.** Life history of *Pnigalio soemius* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae) and its impact on a leafminer host through parasitization, destructive host-feeding and host-stinging behavior. *Biological Control*, 37: 98–107
- Biondi A., N; Desneux, E. Amiens-Desneux, G. Siscaro and L. Zappala, 2013.** Biology and developmental strategies of Palaearctic parasitoid *Bracon nigricans* Szépligeti (Hymenoptera: Braconidae) on the Neotropical moth *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *J. Econ. Entomol.*, 106 (4): 1638-1647
- Birch L. C., 1948.** The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.* 17: 15-26
- Blanchot P., 1992.** Nouveau répertoire bibliographique et nouvelles données biologiques sur les parasites de *Muscadomestica* L. (Dipt. : Muscidae). *Biol. Evol. Insectes*, 5: 1-54.

- Blom J.V., A. Robledo and S. Torres, 2011.** Control de *Tuta absoluta* mediante medidas culturales. *Documentos técnicos, Fundación Cajamar, Paseo de Almería, 41 p.* ([www.fundacioncajamar.com](http://www.fundacioncajamar.com), 15/10/2014)
- Boucek, Z., 1962.** A new *Stenomesus* (Hym., Eulophidae) reared from *Ceramidia viridis* in Ecuador. *Entomophaga, TOME VII, N° 02: 189-192*
- Braham M., 2014.** Is mass trapping technique useful for the control of the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)? *Greener Journal of Agronomy, Forestry and Horticulture. Vol. 2 (3):44-61*
- Braham M., H. Glida-Gnidez and L. Hajji, 2012.** Management of the tomato borer, *Tuta absoluta* in Tunisia with novel insecticides and plant extracts. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 42 (2): 291–296*
- Brismontier E., P. Nicot et M. Pitrat, 2009.** Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires. ECOPHYTO R&D : VOLET 1. Groupe d'experts « Cultures légumières ». Annexes 07, 63 p.
- Brito E. F., E. L. L. Baldin, R. C. M. Silva, L. P. Ribeiro and J. D. Vendramin, 2015.** Bioactivity of *Piper* extracts on *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato. *Pesq. agropec. bras., Brasília, v.50, n.3, p.196-202*
- Cabello T., J. R. Gallego, E. Vila, A. Soler, M. del Pino, A. Carnero, E. Hernandez-Suarez and A. Polaszek, 2012.** Biological control strategies for the South American tomato moth (Lepidoptera: Gelechiidae) in greenhouse tomatoes. *J. Econ. Entomol. 105 (6) : 2085-2096*
- Caffarini P. M, A.M.A Folcia, S. R. Panzardi e Pérez, A., 1999.** Incidencia de bajos niveles de daño foliar de *Tuta absoluta* (Meyrick) en tomate. *Bol. San Veg. Plagas, 25 (2): 75-78*
- Calvo J., K. Bolckmans and P. A. Stansly, 2009.** Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaco* and injury to tomato. *BioControl, 54:237-246*
- Calvo F. J., K. Bolckmans and J. E. Belda, 2012.** Release rate a pre-plant application of *Nesidiocoris tenuis* for *Bemisia tabaci* control in tomato. *BioControl, Springer, Published online: 13 April 2012, 09 p.*
- Calvo F. J., J. D. Soriano, K. Bolckmans and J. E. Belda, 2013.** Host instar suitability and life-history parameters under different temperature regimes of *Necremnus artynes* on *Tuta absoluta*. *Biocontrol Science and Technology, 23 (7): 803-815*

- Cardona C. and R. Oatman, 1975.** Biology and physical ecology of *Apantelessubandinus* Blanchard (Hymenoptera: Braconidae), with notes on temperature responses of *Apantelesscutellaris* Muesebeck and its hoste, the patato tuberworm. *J. of Agri. Sci., Vol. 43 (1), 51 p.*
- Cavaliere V., A. Mangli, A. Tiberini, L. Tomassoli and C. Rapisarda, 2014.** Rapid identification of *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci* and tomato-infecting criniviruses in whiteflies and tomato leaves by real-time reverse transcription-PCR assay. *Bulletin of Insectology*, 67 (2): 219-225
- Cely P., Cantorand D. Rodríguez, 2010.** Determination of levels of damage caused by different densities of *Tuta absoluta* populations (Lepidoptera: Gelechiidae) under greenhouse conditions. *Agronomía Colombiana* 28(3): 401-411
- Chailleux A., N. Desneux, J. Arno and R. Gabarra, 2014.** Biology of two key Palaearctic larval ectoparasitoids when parasitizing the invasive pest *Tuta absoluta*. *J. Pest Sci. Springer*, published online: 20 February 2014, 08 p.
- Chailleux A., E. Wajnberg, Y. Zhou, E. Amiens-Desneux and N. Desneux, 2014.** New parasitoid-predator associations: female do not avoid competition with generalist predators when sharing invasive prey. *Naturewissenschaften, Springer*, published online: 21 October 2014, 09 p.
- Chamberlin T. R., 1925.** Some observations upon *Necremnus leucarthros* (Nees) (Hymenoptera; Eulophidae). *Proc. Ent. Soc. Wash., Vol. 27 (7): 142-144*
- Cherif A., R. Mansour and K. Grissa-Lebdi, 2013.** Biological aspects of tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in conditions of Northeastern Tunisia: possible implications for pest management. *Environmental and Experimental Biology* (2013) 11: 179–184
- Cherif A. and K. Lebdi-Grissa, 2014.** Control of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera; Gelechiidae) using the mass trapping tool in tomato open field plot and greenhouses in Tunisia. *Agricultural Science Research Journal* 4(10) :161- 173
- Chermiti B., K. Abbes, M. Aoun, S. Ben Othman, M. Ouhibi, W. Gamoon and S. Kacem, 2009.** First estimate of the damage of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) and evaluation of the efficiency of sex pheromone traps in greenhouses of tomato crops in the Bekalta region, Tunisia. *The African Journal of Plant Science and Biotechnology*. Vol. 3 (1) : 49-52

- Chougar S., 2012.** 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, université de Mouloud Maamri, Tizi Ouzou (Algérie), 98 p.
- Chougar S. et F. Medjdoub-Bensaad, 2014.** Biologie et dynamique des populations de *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera : Gelechiidae) sur deux variétés de tomate (Dawson et Zahra) sur le littoral de la région de Tizi-Ouzou. AFPP - Dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier (France). 22 et 23 octobre 2014
- Civolani S., E. Marchetti, M. Chicca, G. Castaldelli, R. Rossi, E. Pasqualini, M. L. Dindo, P. Baronio and M. Leis, 2010.** Probing behavior of *Mysuspersicae* on tomato plants containing Mi gene or BTH-treated evaluated by electrical penetration graph. *Bulletin of insectology* 63 (2): 265-271
- Colomo M.V. and D.C. Berta, 2006.** First record of a member of the Exoristini (Diptera, Tachinidae) in *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae), *Acta Zool. Lilloana*, 50, 123-124
- Contardo P. I. P., 2010.** Susceptibilidad a insecticidas de diferentes grupos químicos en poblaciones de *Tuta absoluta* (Meyrick). Memoria de Ingeniero agronomo. Univ. Austral de Chile. 44 p.
- Contreras J., J. E. Mendoza, M. R. Martínez-Aguirre, L. García-Vidal, J. Izquierdo and P. Bielza, 2014.** Efficacy of Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae* Against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology*, Vol. 107 (1): 121-124
- Corbière R., F. Z. Rekad, A. Galfout, D. Andrivon and Z. Bouznad, 2010.** Phenotypic and genotypic characteristic of Algerian isolates of *Phytophthora infestans*. Proceeding of the 12<sup>th</sup> Euronlighy Workshop, Arras, France, 3-6 May 2010
- Cuthbertson A. G. S., J. Mathers, L. F. Blackburn, A. Korycinska, W. Luo, R. J. Jacobson and P. Northing, 2013.** Population development of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under simulated UK glasshouse conditions. *Insects* 4: 185-197
- Dahliz A., W. Lakhdari, A. Soud, H. Hammi, H. Bouchekima and M. Belaidi, 2013.** Complex of natural enemies and control methods of the exotic invasive

- pest *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Southern Algeria. CTAB-ISOFAR-MOAN Symposium on crop protection management in Mediterranean agriculture. 14-16 may 2013, Sousse, Tunisia (Ben Kheder, M. et Neuhoff, D.; eds) (Book of abstracts), p. 48
- Dehliz A. and Y. Guénaoui, 2015.** Natural enemies of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Oued Righ region, an arid area of Algeria. *Academic Journal of Entomology* 8 (2): 72-79
- Delatte H., A. Dalmon, D. Rist, I. Soustrade, G. Wuster, J. M. Lett, R. W. Goldbach, M. Peterschmitt and B. Reynaud, 2003.** Tomato yellow leaf curl virus can be acquired transmitted by *Bemisia tabaci* (Gennadius) from tomato fruit. *Plant Disease*, 87 (11): 1297-1300
- Deleva E. A. and V. B. Harizanova, 2010.** Efficacy evaluation of insecticides on larvae of the tomato borer *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera, Gelechiidae) under laboratory conditions. *J. Inter. Sci. Pub. V. 02: 158-164*
- Delrio G., A. Cocco and S. Deliperi, 2012.** Use of sex pheromones to control the tomato leafminer, *Tuta absoluta*: perspectives and limitations. *Atti Accademia Nazionale. Italiana di Entomologia, Anno LX, p : 103-109*
- Delvare G. A.I. Lacordaire and J.M. Ramel, 2011.** *Necremnus artynes* (Walker, 1839) (Eulophidae), a potential beneficial for the biological control of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917). EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA Agadir, Morocco, November 16-18, 2011
- Dias D.M., J.T.V. Resende, M.V. Faria, L.K.P. Camargo, R.R. Chagas and I.P. Lima, 2013.** Selection of processing tomato genotypes with high acyl sugar content that are resistant to the tomato pinworm. *Genetics and Molecular Research* 12 (1): 381-389
- Djidji A. H., G. P. Zohouri, L. Fondio, J. C. Nzi et N. C. Kouame, 2010.** Effet de l'abri sur le comportement de la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en saison pluvieuse dans le sud de la Côte-d'Ivoire. *J. Appl. Biosci.*, 25: 1557-1564
- Doganlar M. and A. Yigit, 2011.** Parasitoid complex of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae) in Hayat, Turkey. *KSU J. Sci.*, 14 (4): 28-37

- Dosdall L. M., G. A. P. Gibson, O. Olfert, B. A. Keddie and B. J. Ulmer, 2007.** Contributions to the life history, host range and distribution of *Necremnus tidius* (Hymenoptera: Eulophidae). *Ann. Entomol. Sc. Am.* 100 (6): 861-868
- Doumandji-Mitiche B., Chennouf R. and S. Doumandji, 2011.** Trapping of *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae) by three types of pheromone traps and damage assessment in Ouargla (Algerian Sahara). EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA Agadir, Morocco, November 16-18, 2011
- Elouissi M. and A. Berkani, 2015.** Contribution to the study of some biological aspects of *Tuta absoluta* in the region of Mascara (Algeria). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2015, 7(4):447-451
- EPPO, 2009c.** *Tuta absoluta* found on *Phaseolus vulgaris* in Sicilia (IT). *EPPO Reporting Service*, 8 (154): 3
- EPPO, 2013.** First record of *Tuta absoluta* in Yemen. EPPO N° 04. ([www.eppo.int](http://www.eppo.int), 12/08/2014)
- EPPO, 2015.** First report of *Tuta absoluta* in India. EPPO N° 02. ([www.eppo.int](http://www.eppo.int), 10/11/2015)
- Erdogan P. and N. E. Babaroglu, 2014.** Life table of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*, 31 (2): 80-89
- Estay P., 1987.** Susceptibility of tomato cultivars to *Scrobipalpa absoluta*. Bibliothèque nationale du Canada, Services des Thèses canadiennes, p. 119
- Estay P., Arnason J. and Philogène B., 1988.** Susceptibility of tomato cultivars to *Scrobipalpa absoluta*. *Rev. per. Ento.* 30: 45-47
- Estay P., 2000.** Polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). Informativo 09.pdf. Accessed 2 Feb 2010. (<http://alerce.inia.cl/docs/Informativos/>, 02/06/2014)
- Evans F. C. and F. E. Smith, 1952.** The intrinsic rate of natural increase for the human louse, *Pediculus humanus* L. *The American Naturalist*, Vol. 136 (830): 299-310
- FAO STAT, 2012.** Statistical data bases (<http://faostat.org>, 11/04/2015)
- Faria A. C., Torres J.B., V. Fernandes A. and I. A.M Farias., 2008.** Parasitism of *Tuta absoluta* in tomato plants by *Trichogramma pretiosum* Riley in

response to host density and plant structures. *Ciência Rural, Santa Maria*, 38 (6) : p. 1504-1509

**Ferracini C., B. L. Ingegno, P. Navone, E. Ferrari, M. Mosti, L. Tavella and A. Alma, 2012.** Adaptation of indigenous larval parasitoids to *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Italy. *Journal of Economic Entomology* 105(4):1311-1319

**Ferrero M., 2009.** Le système tritrophique tomate-tétranyques tisserands-*Phytoseiulus longipes*. Etude de la variabilité des comportements alimentaires du prédateur et conséquences pour la lutte biologique. Thèse présentée à SupAgro de Montpellier pour obtenir le diplôme de Doctorat, 228 p.

**Filho M. M., E. F. Vilela, G. N. Jham, A. Attygalle, A. Svatos and J. Meinwald, 2000.** Initial studies of mating disruption of the tomato moth, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) using synthetic sex pheromone. *J. Braz. Chem. Sco., Vol. 11 (6) : 621-628*

**Fraval A., 2006.** Les pucerons, 2<sup>ème</sup> partie. Insectes 27, N° 142 (3), 06 p.

**Fraval A., 2009.** Les aleurodes. Insecte 31, N° 155 (4), 05 p.

**Gacemi A. and Guénaoui Y., 2012.** Efficacy of Emamectin Benzoate on *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) infesting a protected tomato crop in Algeria. *Academic Journal of Entomology* 5 (1): 37-40

**Garcia M. F. e Espul J. C., 1982.** Bioecología de la polilla de tomate (*Scorbipalpa absoluta*) en Mendoza, Republica Argentina. *Rev. Invest. Agropecuarias INTA*, 38 (3): 135-146

**Gebiola G., Bernardo U., Ribes A. and A. P. Gibson, 2015 -** An integrative study of *Necremnus* Thomson (Hymenoptera: Eulophidae) associated with invasive pests in Europe and North America: taxonomic and ecological implications. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 173: 352-423

**Ghanim N.M. and S.B. Abdel-Ghani, 2014.** Controlling *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) and *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) by aqueous plant extracts. *Life Science Journal*, 11(3): 299-307

**Gharekhani G. and H. Salek-Ebrahimi, 2013.** Evaluation of the survival rate, fecundity and life expectancy of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep: Gelechiidae) on two tomato cultivars under laboratory condition. 2<sup>nd</sup> Global

- Conference on Entomology, November 8-12, 2013, Kuching, Sarawak, Malaysia. Abstract book, p. 129
- Ghoneim K., 2014** - Parasitic insects and mites as potential biocontrol agents for a devastative pest of tomato, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) in the world: a review. *International Journal of Advanced Research*, 2 (8): 81-115
- Gibson G. A. P., H. Baur, B. Ulmer, L. Dossall and F. Muler, 2005.** On the misidentification of chalcid (Hymenoptera: Chalcidoidea) parasitoids of the cabbage seedpod weevil (Coleoptera : Curculionidae) in North America. *Can. Entomol.*, 137: 381-403
- Gonzalez-Cabrera J., O. Molla, H. Monton and A. Urbaneja, 2011.** Efficacy of *Bacillusthuringiensis* (Berliner) in controlling the tomato borer, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae). *BioControl*, 56: 71-80
- Gorman K., M. Berger, K. Haddi and C. Bass, 2011.** The current incidence of tomato borer, *Tuta absoluta*, in the UK. EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA Agadir, Morocco, November 16-18, 2011
- Gözel Ç., U. Gözel and İ. Kasap, 2014.** Potential use of entomopathogenic nematodes to control *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae). Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi, 3-5 Şubat 2014, Antalya, Abstract book, p. 319
- Grapputo A., T. Kumpulainen and J. Mappes, 2005.** Phylogeny and evaluation of parthenogenesis in Finnish bagworm moth species (Lepidoptera: Psychidae: Naryciidae) based on mt-DNA-markers. *Ann. Zool. Fennici* 42: 141-160
- Gray L., G. Collavino, E. Gilardon, C. Hernandez, A. Olsen and G. Simon, 1999.** Heritability and genotypic correlations of “tomato pinworm” (*Tuta absoluta* Meyrick) resistance in a group of lines derived from an interspecific cross in the genus *Lycopersicon*. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg. Vol. 14* (3)
- Guedes R. N. C. and M. C. Picanço, 2011.** *Tuta absoluta* in South America: pest status, management and insecticide resistance. EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA Agadir, Morocco, November 16-18, 2011

- Guénaoui, 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 N° 617:18-19*
- Guénaoui Y., 2010.** *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) acarien invasif signalé sur culture de tomate à Mostaganem dans le nord/ouest de l'Algérie. *EPPO Bulletin, Vol. 40 (2): 193-195*
- Guénaoui Y. et A. Ghelamallah, 2008.** *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae), nouveau ravageur de la tomate en Algérie : premières données sur sa biologie en fonction de la température. In : AFPP - 8ème Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture, Montpellier SupAgro, France, 22-23 Octobre 2008, 645-651
- Guénaoui Y, R. Bensaad and K. Ouezzani 2011.** Importance of native polyphagous predators able to prey on *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato crop (Algeria). EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International symposium on management of *Tuta absoluta*-Agadir-Morocco November 16-18, 2011
- Guénaoui Y., A. Dahliz, R. Bensaad and K. Ouezzani, 2013.** Five years after the first records of *Tuta absoluta* (Meyrick) in Algeria, what do we expect from its native natural enemies ? IV International Symposium, Agrosym 2013, 678-682
- Guénaoui Y., M. Labdaoui et K. Hamou, 2014.** Influence de la biodiversité végétale aux abords de la culture de tomate sur les entomophages de *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae). AFPP, Dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier (France). 22 et 23 octobre 2014
- Guénaoui Y., A. Dehliz, R. Bensaad, Z. E. Labdaoui and K. Hamou, 2015b.** Seven years of studies on *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Algeria: What we have learned about? VI International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2015". Jahorina (Bosnia), 15-18 octobre 2015 Book of Proceedings 2015 , 799-804 ([www.agrosym.rs.ba](http://www.agrosym.rs.ba))
- Gutierrez J. et J. Chazeau, 1972.** Cycle de développement et table de vie de *Tetranychus neocaledonicus* André (Acariens : Tetranychidae) et d'un de ses principaux prédateurs à Madagascar *Stethorus madecassus* Chazeau (Coccinellidae). *Entomophaga, 17 (3): 275-295*

- Haddi K., 2011.** Studies on insecticide resistance in *Tuta absoluta* (Meyrick), with special emphasis on characterization of two target site mechanisms. Thesis in entomological Sciences of the University of Catania, 148 p.
- Han P., Lavoit A.V., Le Bot J., Amiens-Deneux E. and N. Desneux, 2014.** Nitrogen and water availability to tomato plants bottom up effects on the leafminer *Tuta absoluta*. 15<sup>th</sup> International Symposium on Insect-Plant relationships. 17-22 August 2014, Univ. of Neuchâtel (Switzerland) Abstract Book, p. 111
- Hanafy H. E. M. and W. El-Sayed, 2013.** Efficacy of bio-and chemical insecticides in the control of *Tuta absoluta* (Meyrick) and *Helicoverpa armigera* (Hubner) infesting tomato plants. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7 (2): 943-948
- Hand S., V. Companys and S. Lamprecht, 2010.** Flubendiamide: an effective tool to control tomato leaf miner (*Tuta absoluta*). IHC Lisboa, Integrated pest management session, Abstract book, p. 116.
- Houamel S., 2013.** Etude bioécologique des thrips inféodés aux cultures sous serre dans la région d'El Ghrous (Biskra). Mémoire de Magister en sciences agronomiques de l'université de Biskra, 68 p.
- Hussein N. M., M. I. Hussein, S. H. Gadelhak and M. A. Hammad, 2014.** Effect of two plant extracts and four aromatic oils on *Tuta absoluta* population and productivity of tomato cultivar Gold Stone. *Nature and Science*, 12 (7): 108-118
- Ingegno B. L., C. Ferracini, D. Gallinotti, A. Alma and L. Tavella, 2013.** Evaluation of the effectiveness of *Dicyphuserrans* (Woff) as predator of *Tuta absoluta* (Meyrick). *Biological Control*, 67: 246-252
- Inkinen P., 1994.** Distribution and abundance in British notuid moths revisited. *Ann. Zool. Fennici* 31:235-243
- INPV, 2010.** Bulletin d'informations phytosanitaires N° 21 ([www.inpv.edu.dz](http://www.inpv.edu.dz), 07/03/2013)
- INPV, 2013.** Bulletin d'informations phytosanitaires N° 31 ([www.inpv.edu.dz](http://www.inpv.edu.dz), 05/04/2014)
- Iziquel Y. and B. Le Rü, 1992.** Fecundity, longevity, and intrinsic natural rate of increase of *Epidinocarsis lopezi* (De Santis) (Hymenoptera: Encyrtidae). *Can. Entomol.*, 124: 1115-1121

- James D. and M. M. Stevens, 1992.** *Stenomesus japonicus* (Ashmed) (Hym. : Eulophidae), a *parasitoid* of the introduced biological control agent *Dialectica scalaris* (Zeller) (Lep. : Gracillariidae). *J. Aust. Ent. Soc.*, 31 : 233-234
- Jeannequin B., F. Dosba, D. Plénet, M. Pitrat et J.E. Chauvin, 2011.** Vers des cultures fruitières et légumières à hautes performances environnementales. *Innovations Agronomiques 12*: 73-85
- Jha R. K., H. Chi and L. C. Tang, 2012.** Life table of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) with a discussion on jackknife vs. bootstrap techniques and variations on the Euler-Lotka equation. *Formosan Entomol.* 32: 355-375
- Jiang Y. X., C. de Bals, I. D. Bedford, G. Nombela and M. Muniz, 2004.** Effect of *Bemisia tabaci* biotype in the transmission of Tomato Yellow Leaf Curl Sardinia Virus (TYLCSV-ES) between tomato and common weeds. *Span. J. Agric. Res.* 02 (1): 115-119
- Kaoud H.A., 2014** - Alternative methods for the control of *Tuta absoluta*. *Glob. J. Mul. App. Sci.*, 2 (2): 41-46
- Kenis M. and D. Cugala, 2006.** Prospects for the biological control of the groundnut leaf miner, *Aproaeremamodicea*, in Africa. *Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 1 (31), 09 p.
- Khan, M. A. and R. S. J. Singh, 1994.** A new species of *Stenomesus* Westwood (Chalcidoidea: Eulophidae) from Nainital hills. *Shashpa*, Vol 01 (1): 11-16
- Kılıç T., D. Uysal, B. Güven and E. Kaya, 2014.** Mass trapping studies against Tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi*, 3-5 Şubat 2014, Antalya, Abstract book, p. 03
- Klapwijk J. and B. V. Koppert, 2011.** Biological control of the exotic invasive pest *Tuta absoluta* in the Mediterranean area. 12° SICONBIOL, 18-21 July 2011, Book of abstract, p. 73
- Kolai N., C. Abdallah, A. Berkani, F. Saiah and M. Badaoui, 2011.** Observations on the biology of *Necremnus* sp., new parasitoids of *Tuta absoluta* in Mostaganem (Algeria). *EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA Agadir, Morocco, November 16-18, 2011*

- Kona N.E. M., A. K.C Taha and M. E. E. Mahmoud, 2014.** Effects of botanical extracts of neem (*Azadirachta indica*) and jatropha (*Jatropha curcus*) on eggs and larvae of tomato leafminer, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae). *Persian Gulf Crop Protection*, 3 (3): 41-46
- Konus M., 2014.** Analyzing resistance of different *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae) strains to abamectin insecticide. *Journal of Biochemistry-Turk J Biochem*, 39 (3): 291-297
- Koudjil M., F. Boukabcha et H. Harichane, 2014.** Perte en rendement et déprédation par la mineuse, *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae), sur la culture de tomate dans la wilaya de Chlef (Algérie). *Nature et Technologie (B) Sciences agronomiques et biologique N° 12 : 73-85*
- Ksentini I., T. Jardak and N. Zeghal, 2010.** *Bacillus thuringiensis*, deltamethrin and spinosad side-effects on three *Trichogramma* species. *Bulletin of Insectology*, 63 (1): 31-37
- Larraín P., C. Escudero, J. Morre and J. Rodríguez, 2014.** Insecticide effect of cyantraniliprole on tomato moth *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) larvae in field trials. *Chilean Journal of agricultural research*, 74 (2) : 178-183
- Lebeau A., 2010.** Résistance de la tomate, l'aubergine et le piment à *Ralstonia solanacearum* : interactions entre les gènes de résistance et la diversité bactérienne, caractérisation et cartographie des facteurs génétiques impliqués chez l'aubergine. Thèse pour obtenir le diplôme de Doctorat en Sciences, Université de la Réunion. 178 p.
- Leclant F., 1999.** Les pucerons des plantes cultivées. Clé d'identification (II), cultures maraîchères. ACTA, Editions INRA, 98 p.
- Legendre G., M. Buradino, Y. Trotin, J. M. Leyre, V. Baffert, E. Colombel et E. Tabone, 2014.** Etude de l'efficacité de différentes souches de Trichogrammes vis-à-vis de *Tuta absoluta* (Meyrick) en serre expérimentale. AFPP. 10<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture, Montpellier-22 et 23 octobre 2014, 11 p.
- Le Rüe B. et B. Papierok, 1987.** Taux intrinsèque d'accroissement naturel de la cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Homoptères : Pseudococcidae). Intérêt d'une méthode simplifiée d'estimation de  $r_m$ . *Ecol. Applic.*, Vol. 8 (1) :3-14

- Lietti M., E. Botto and R. Alzogaray, 2005.** Insecticide resistance in Argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology* 34(1): 113-119
- Lin S. Y. H. and J. T. Trumble, 1985.** Influence of temperature and tomato maturity on development and survival of *Keiferia lycopersicella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Environ. Entomol.*, 14: 855-858
- Lukhtanov V. and J. Puplesiene, 1999.** Polyploidy in bisexual Lepidoptera species (Insecta: Lepidoptera): old hypotheses and new data. *Bonn. Zool. Beitr.*, 48 (4) : 313-328
- Luna M. G., N. E. Sanchez and P. Pereyra, 2007.** Parasitism of *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae) by *Pseudapanteles dignus* (Hymenoptera, Braconidae) under laboratory conditions. *Environ. Entomol.* 36 (4) : 887-893
- Mahdi K., B. Doumandji-Mitiche et S. Doumandji, 2011.** Les ennemis naturels de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* en Algérie : perspectives de lutte biologique. AFPP-Quatrième conférence internationale sur les méthodes alternatives en protection des cultures. Lille (France), 08-10 mars 2011. P : 561-567
- Mahdi K., B. Doumandji-Mitiche et S. Doumandji, 2011.** Effet de la température sur le cycle de développement de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* dans l'Algérois. AFPP –Neuvième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture Montpellier – 26 et 27 octobre 2011
- Mahdi k.,B. Doumandji-Mitiche,L. Saharaoui et S. Doumandji,2011.** Comparaison entre les captures de mâles de *Tuta absoluta* par les pièges à phéromones type delta et bassines à eau en zone littorale à Heuraoua. EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA Agadir, Morocco, November 16-18, 2011
- Mailhot D., J. Marois and D. Wright, 2007.** Arthropod management and applied ecology: Species of thrips associated with cotton flowers. *Journal of Cotton Science*, 11:186-198
- Maison P. et G. Massonié, 1982.** Premières observations sur la spécificité de la résistance du pêcher à la transmission aphidienne du virus de la Sharka. *Agronomie*, 2 (7) : 681-683

- Mansouri S.M., G. Nouri-Ganbalani, S. A. A Fathi, J. Razmjou and B. Naseri, 2011.** Life history parameters of *Phthorimaea operculella* (Lep.: Gelechiidae) on tuber of some potato germplasms. ([www.entsociran.ir](http://www.entsociran.ir), 01/07/2015)
- MARA, 1968.** Statistique agricole, superficies et productions, Série B. Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire (Algérie), p. 40
- Marchiori C. H., C. G. Silva and A. P. Lobo, 2003.** First occurrence of the parasitoid *Conura* sp. (Hymenoptera: Chalcididae) in pupae of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera, Gelechiidae) in tomato in Lavras, Minas Gerais, Brazil. *Arq. Inst. Biol. Sao Paulo*, V. 70 (1): 115-116
- Matta A. and R. Ripa, 1981.** Contribution to the control of the tomato fruit moth *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) I. Population studies. *Agricultura Technica (Chile)*, 41(2) : 73-77
- Mazollier C., E. Oudard et E. Béliard, 2001.** Les lépidoptères ravageurs en légumes biologiques. Fiche 01, TECHNITAB, FLASHMEN GAP, 04 p.
- Medeiros M., R. Sujii and H. C. Morais, 2009.** Effect of plan diversification on abundance of the South American pinworm and predators in two cropping systems. *Horticultura Brasileira*, 27: 300-306
- Megido R.C., Haubruge E. and F.J. Verheggen, 2012.** First evidence of deuterotokous parthenogenesis in the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *J. Pest Sci*; 85(4): 409-412
- Melouk S., F. Bounaceur and A. Guendouz-Benrima, 2013.** Natural enemies of *Bemisia tabaci* (Hemiptera : Aleyrodoidea) at Biskra crop area in South Algeria. *Archives of Applied Science Research*, 05 (6): 222-226
- Moiroux J., G. Bourgeois, G. Boivin et J. Brodeur, 2014.** Impact différentiel du réchauffement climatique sur les insectes ravageurs des cultures et leurs ennemis naturels : implications en agriculture. Feuillet technique Ouranos Projet 550005-103, Québec, Canada, 12 p.
- Montovan K., C. Couchoux, L. E. Jones, H. K. Reeve and S. Nouhuys, 2014.** The puzzle of sub-maximal resource use by a parasitoid wasp. *Q-Bio*. PE, 52 p.
- Moreira G. R., 2006.** Inheritance of antixenosis resistance of *Lycopersicon pennellii* (LA 716) and *L. hirsutum* f. *typicum* (LA 1777) to *Tuta absoluta*. Thesis of Doctor of Sciences, University of Vicosa (Brasil), 88 p.

- Moriones E. and M. Luis-Arteaga, 2002.** Integrated pest and disease management in greenhouse crops. *Kluwer academic publishers. p.: 16-33*
- Morse J. G. and M. S. Hoddle, 2006.** Invasion biology of thrips. *Annu. Rev. Entomol., 51 : 67-89*
- Mouhouche F. et S. Ziri, 2011.** Approche de lutte contre *Tuta absoluta* sur culture de tomate dans lesahel algérois. EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA Agadir, Morocco, November 16-18, 2011
- Murray B. G., 1982.** On the meaning of density dependence. *Oecologia (Berl)*, 53: 370-373
- Mushtaha R. M., 2013.** Characterization and bioassay of different commercial products of *B. thuringiensis* against four larval stages and adults of an insect *Tuta absoluta* in laboratory. Master Thesis, Islamic University of Gaza, 110 p.
- Nhung V.T. H., D. T. Dung and K. D. Long, 2012.** Some research result on larval ectoparasitoid *Stenomesus* sp. (Hym.: Eulophidae) on green bean leaf folder *Omiodes indicata* (F.) (Lep.: Pyralidae) in spring 2010 at Nghi Loc. *Nghe An. Tạp chí Khoa học., 10 (1): 41 – 49*
- OEPP, 2011.** *Tuta absoluta* continue à se disséminer autour du Bassin méditerranéen. OEPP, Service d'information, N° 04. (2011/076), p. 04
- Oliveira C. R. F., C. H. C. Matos and E. Hatano, 2007.** Occurrence of *Pyemotes* sp. on *Tuta absoluta* (Meyrick). *Brazilian Archives of Biology and Technology, Vol. 50 (6): 929-932*
- ONS, 2010.** Office national des statistiques. [www.ons.dz](http://www.ons.dz) (01/05/2013)
- ONS, 2015.** Office national des statistiques. [www.ons.dz](http://www.ons.dz) (01/03/2015)
- Oriani M. A. G., J. D. Vendramim and C. J. Vasconcelos, 2011.** Biology of *Bemesia tabaci* (Genn.) B biotype (Hemiptera, Aleyrodidae) on tomato genotype. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), V. 68 (1) : 37-41*
- Oukil S., M. Boukassem et S. Benabdellah, 2011.** Etude de l'entomofaune de deux variétés de tomate. Fluctuation temporelle des vols de *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae) dans la Mitidja orientale en zone littorale (wilaya de Boumerdes). EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in

- collaboration with the IRAC and IBMA Agadir, Morocco, November 16-18, 2011
- Peck O., Z. Boucek and A. Hoffer, 1964.** Keys to the Chalcidoidea of Czechoslovakia (Insecta : Hymenoptera). *Memoirs of the Entomological Society of Canada, N° 34, 117 p.*
- Perdikis D., A. Fantinou, N. Garantonakis, P. Kitsis, D. Maselou and S. Panagakis, 2009.** Studies on the damage potential of the predator *Nesidiocoris tenuis* on tomato plants. *Bullettin of Insectology 62 (1): 41-46*
- Pereyra P. C. and N. E. Sanchez, 2006.** Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology 35 (5): 671-676*
- Perez A. L., 2012.** Bioecology alternative pest control and fruit of pepper. Thesis of Magister, university of Vicosa (Brasil), 42 p.
- Peterson K.D., Davis R.S., Higley L.G. and O.A. Fernandes, 2009.** Mortality risk in insects. *Environ. Entomol., 38(1): 02-10*
- Pires L. M., E. J. Marques, V. W. Teixeira, A. A. C. Teixeira, L. C. Alves and E. S. Alves, 2009.** Ultrastructure of *Tuta absoluta* parasitized eggs and the reproductive potential of females after parasitism by *Metarhizium anisopliae*. Elsevier, Vol. 40 (2): 255–261
- Ponti L., Andrew P., Gutierrez M. and A. Altieri, 2012.** Holistic Management of invasive species: The Case Study of *Tuta Absoluta* (Meyrick) (Lépidoptéra, Gelechiidae). *Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia Anno LX, 2012: 125-136*
- Portakaldali M., Öztemiz S. and Kütük H., 2013.** A new host for *Tuta Absoluta* (Meyrick) (Lépidoptéra, Gelechiidae) in Turkey. *J. Entomol. Res. Sco., 15 (3) : 21-24*
- Povolny D., 1994.** Gnorimoschemini of southern South America VI: identification keys, checklist of Neotropical taxa and general considerations (Lepidoptera, Gelechiidae). *Steenstrupia 20: 01-42*
- Pratissoli D., J. C. Zanuncio, U. R. Vianna, J. S. Andrade, F. D. Zinger, J. R. Alencar and G. L. Leite, 2008.** Parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* and *Trichogramma acacioi* (Hym. : Trichogrammatidae) on eggs

of *Sitotroga*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Vol. 51 (6): 1249-1254

- Preedy V.R. and R.R. Watson, 2008.** Tomatoes and Tomato Products: Nutritional, Medicinal and Therapeutic Properties. Science Publishers, Enfield, NH, USA, p.: 01-21
- Razuri V. e E. Vargas, 1975.** Biología y comportamiento de *Scrobipalpa absoluta* Meyrick (Lep.: Gelechiidae) en tomatera. *Revista peruana de entomología*. Vol., 18 (1): 84-89
- Reda A. M. A. and A. E. Hatem, 2012.** Biological and eradication parameters of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) affected by two bioinsecticides. *Bol. San. Veg. Plagas*, 38: 321-333
- Rekad F. Z., Y. Guénaoui, D. Andrivon et R. Corbière, 2010.** Caractérisation phénotypique d'isolats de *Phytophthora infestans* originaires de la région nord-ouest de l'Algérie. (<https://colloque4.inra.fr>, 26/11/2015)
- Remini B., 2005.** La problématique de l'eau en Algérie. Collection hydraulique et transport solide. Imprimerie MADANI. 182 p.
- Riley D. G., S. V. Joseph, R. Srinivasan and S. Diffie, 2011.** Thrips vectors of tospoviruses. *J. Integ. Pest Mngmt*, 1 (2), 10 p.
- Rodriguez M., M. Gerding and A. France, 2006.** Effectivity of entomopathogenic fungus strains on tomato moth *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) larvae. *Agricultura Técnica (Chile)*, Vol. 66 (2): 159-165
- Rondoni G., Ielo F., Ricci C. and E. Conti, 2014.** Intraguild predation responses in tow aphidophagous coccinellids identify differences among juvenile stages and aphid densities. *Insectes* (5): 974-983
- Sabour M. M. and S. M. Singer, 2014.** Evaluation of two *Metarhizium* varieties against *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) in Egypt. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, V. 3 (9): 1983-1987
- Saiah F., H. Menad, N. Kolai, A. Berkani and M. Badaoui, 2011.** *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae): Infestation and parasitism levels on tomato under greenhouse conditions in Mostaganem (Western Algeria). EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA Agadir, Morocco, November 16-18, 2011

- Sannino L., 2012.** Notes on taxonomy, morphology and biology of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). *Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia Anno LX, 2012: 67-75*
- Santos A.C., R. C. Oliveira, S. Silva and A. Freitas, 2011.** Efficacy of insecticides on *Tuta absoluta* (Meyrick) and other pests in pole tomato. *BioAssay, 6:4* ([www.bioassay.org.br](http://www.bioassay.org.br), 06/12/2014)
- Savino V., Coviella C.E. and M. G. Luna 2012.** Reproductive biology and functional response of *Dineulophus phthorimaeae*, a natural enemy of the tomato moth, *Tuta absoluta*. *Journal of Insect Science, 12:153*
- Shankara N., J. L. de Jeude, M. de Goffau, M. Hilmi et B. Van Dam, 2005.** La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. *Digigrafi, Wageningen, Pays-Bas, p. 105*
- Silva D. B., 2012.** Des envolvimento e tabela de vida de fertilidade de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae) em regime de temperaturas e alternante em dois cultivares de tomate. *UFPA, Lavras, 75 p.*
- Smith P. E., 2009.** Whitefly : identification and biology in New Zealand greenhouse tomato crops. Factsheet 01, Sustainable Farming Fund, 08 p.
- Snoussi S. A., 2010.** Etude de base sur la tomate en Algérie. Rapport de GTFS/REM/070/ITA, 52 p.
- Sobreira F. M., F. M. Sobreira, G. S. Andrade, G. D. de Almeida and F. de Pina Matta, 2009.** Sources of resistance to tomato leafminer in cherry tomatoes. *Scientia Agraria, Curitiba, 10 (3): 327-330*
- Soriano J. D., Belda J. E. e F. J. Calvo, 2011.** Parametros biológicos de *Necremnus artynes* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide de larvas de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). VII Congreso Nacional de Entomología Aplicada y XIII Jornadas de la SEEA, Libro Resúmenes p. 59
- Soro S., M. Doumbouya et D. Koné, 2008.** Potentiel infectieux des sols de cultures de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sous abri et incidence de l'âge de repiquage sur la vigueur des plants vis-à-vis de *Pythium* sp. à Songon-Dabou en Côte d'Ivoire. *Tropicicultura, 26 (3) : 173-178*
- Spasova D., S. Dragica and A. Biljana, 2013.** Harmfulness and population dynamics of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) in Strumica region. *Zbornik radova N° 18 (20): 159-163*

- Speranza S. and L. Sannino, 2011.** Current status of *Tuta absoluta* in Italy. EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA Agadir, Morocco, November 16-18, 2011
- Suinaga F. A., V. W. D. Casali, D. J. H. Silva and M. C. Picanço, 2003.** Genetic dissimilarity among sources of resistance of *Lycopersicon* spp. to *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *R. bras. Agrociência*, v. 9, n. 4, p. 371-376
- Tabone E., 2015.** TutaPI : Mise en place d'une protection biologique contre *Tuta absoluta*, ravageur invasif de la tomate. Colloque recherche, Paris 12<sup>e</sup>, 13 et 14 octobre 2015. ECOPHYTO Brochure web.: 13-14. (<https://colloque.inra.fr>, 05/12/2015)
- Tabone E., G. Legendre, M. Buradino et E. Colombel, 2015.** Des trichogrammes testés contre *Tuta absoluta* sur tomate. *Phytoma* (680):12-16. <http://prodinra.inra.fr/record/307204>
- Taha A. M., A.F.E. Afsah and F.H. Fargalla, 2013.** Evaluation of the effect of integrated control of tomato leafminer *Tuta absoluta* with sex pheromone and insecticides. *Nature and Science*. 11(7): 26-29
- Tavella ., C. Ferracini, B. L. Ingegno, M. Mosti, P. Navone and A. Alma, 2012.** Adaptation of native natural enemies: the parasitoids of the genus *Necremnus* and the predator *Dicyphus errans*. *Atti Accademia Nazionale, Italiana di Entomologia, Anno LX*: 95-102
- Temerak S. A., 2011.** The status of *Tuta absoluta* in Egypt. EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA Agadir, Morocco, November 16-18, 2011
- Thomazini A. P. B. W., J. D. Vendramim, R. Brunherotto and M. T.R. Lopes, 2001.** Effect of *Lycopersicon* spp. Genotypes on biology and oviposition of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera, Gelechiidae). *Neotropical Entomol.* 30 (2): 283-288
- Tropea G. G., G. Siscaro, A. Colombo e G. Campo, 2009.** Rinvenuta in Sicilia *Tuta absoluta*. *Informatore Agrario*, 65: 71

- Tropea G. G., G. Siscaro, A. Biondi and L. Zappalà, 2011.** Biology, distribution and damage of *Tuta absoluta*, an exotic invasive pest from South America. EPPO/IOBC/ FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA Agadir, Morocco, November 16-18, 2011
- Urbaneja A. and P.H. Stansly, 2004.** Host suitability of different instars of the whitefly *Bemisia tabaci* 'biotype Q' for *Eretmocerus mundus*. *BioControl*, 49: 153–161
- Urbaneja A., G. Tapia and P. Stansly, 2005.** Influence of host plant and prey availability on developmental time and survivorship of *Nesidiocoris tenuis* (Het., Miridae). *Biocontrol Science and Technology*, 15(5): 513-518
- Urbaneja A., R. Vercher, V. Navarro, Garcia Mari F. e J. L. Porcuna, 2007.** La polilla del tomate, *Tuta absoluta*. *Phytoma España* 194:16-23
- Urbaneja A., H. Monto and O. Molla, 2009.** Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. *Jor. Appl. Entomol.*, 133: 292-296.
- Van Damme V., N. Berkvens, R. Moerkens, E. Berckmoes, L. Wittemans, R. De Vis, H. Casteels, L. Tirry and P. De Clercq, 2014.** Overwintering potential of the invasive leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) as a pest in greenhouse tomato production in Western Europe. *J. Pest Sci. Spriger. Published on line 23 November 2014, 09 p.*
- Vayssières J. F., G. Delvare, J. M. Maldès et H. P. Aberlenc, 2001.** Inventaire préliminaire des arthropodes ravageurs et auxiliaires des cultures maraichères sur l'île de la Réunion. *Inesct Sc. Applic. Vol. 21(1): 01-22*
- Van Emden H.F. and R. Harrington, 2007.** Aphids as crop pests. CAB International, 717 p.
- Vargas C. H., 1970.** Observations on the bionomics and natural enemies of the tomato moth *Gnorimoschema absoluta* (Meyrick) (Lep. Gelechiidae). *Depto Agricultura Universidad del Norte-Arica; 1: 75-110.*
- Vercher R., Y. Guenaoui, A. Calabuig, C. Felipe and A. Ghelamallah, 2010.** Ecology of *Tuta absoluta* (Meyrick), the new invasive pest of tomato. IHC Lisboa, Integrated pest management session, abstract book p. 213

- Verdu M. J., 1991.** Chalcidoidea (Hym., Apocrita, Terebrantia) in horticultural plants of « Comunidad Valenciana ». *Boln. Asoc. Esp. Ent.*, 15 : 245-255
- Vieira M. M., 2008.** Minieira do tomateiro (*Tuta absoluta*) Uma Nova Ameaça à Produção de tomate. V Seminário Internacional do Tomate de Industria, Mora, 23 de Fevereiro de 2008.
- Virgala M. B., E. N. Botto e C. Lafalce, 2006.** Evaluación de algunos insecticidas para el control de la «polilla del tomate», *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) y su efecto residual sobre el parasitoide *Trichogrammatoidea bactrae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Rev. Soc. Entomol. Argent.*, 65 (3-4): 57-65
- Wharton R. A., 1993.** Bionomics of Braconidae. *Annu. Rev. Entomol.*, 38:121-143
- Yankova V., N. Velchova and D. Markova, 2014.** Effectiveness of phytopesticide Neem Azal T/S ® against tomato leaf miner (*Tuta absoluta* Meyrick) in greenhouse tomato. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20 (No 5): 1116-1118
- Yefremova Z., E. Ebrahimi and E. Yafremova, 2007.** The Subfamilies Eulophinae, Entedoninae and Tetrastichinae in Iran, with description of new species (Hymenoptera: Eulophidae). *Entomofauna*, 28 (25): 321-356
- Yoshimoto C. M., 1965,** Synopsis of Hawaiian Eulophidae including Aphelininae (Hym.: Chalcidoidea). *Pacific Insects*, 7 (4): 665-699
- Zaid R., M. F. Aroun et K. Moumene, 2011.** Inventaire des ennemis naturels de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lep:Gelechiidae) et effet de son parasitoïde *Diglyphus isaea* (Hym: Eulophidae) sur deux variétés de tomate dans les régions de Staouéli et Chéraga. EPPO/ IOBC/NEPPO joint international symposium on management of *Tuta absoluta* (Tomato Borer), 16–18 November 2011, Agadir, Morocco.
- Zappala L., U. Bernardo, A. Biondi, A. Cocco, S. Deliperi, G. Delrio, M. Giorgini, P. Pedata, C. Rapisarda, G. Tropea and G. Siscaro, 2012.** Recruitment of native parasitoids by the exotic pest *Tuta absoluta* in Southern Italy. *Bulletin of Insectology*, 65 (1): 51-61
- Zappala L., A. Biondi, A. Alma, I.J. Al-Jboory, J. Arno, A. Bayram, A. Chailleux, A. El-Arnaouty, D. Gerling, Y. Guenaoui, L. Shaltiel-Harpaz, G. Siscaro, M. Stavrinides, L. Tavella, R. Vercher, A. Urbaneja and N. Desneux, 2013.** Natural enemies of the South American moth, *Tuta*

*absoluta*, in Europe, North Africa and Middle East, and their potential use in pest control strategies. *J. Pest Sci.*, 86: 635–647

**Zhu C. D. and D. W. Huang, 2001.**A taxonomic study on Eulophidae from Zhejiane, China (Hymenoptera : Chalcidoidea). *Acta Zootaxonomica Sinica*, Vol. 26 (4): 533-547

# **Annexes**

## Annexes

### Annexe 01: Questionnaire de l'enquête menée sur la tomate dans le sud-est algérien

استقصاء حول زراعة الطماطم

و المنطقة: اسم المزرعة

الولاية

:

المستوى الدراسي للفلاح:

أهم المزروعات:

المساحة المخصصة لزراعة الطماطم:

طريقة زراعة الطماطم: ( بيوت بلاستيكية - حقل مكشوف - تحت النخيل)

فترة الزراعة:

إسم البذور المستعملة:

كمية المحصول:

مكان التسويق:

ما هي المشاكل الصحية للطماطم و طرق المكافحة؟

.....  
.....  
.....  
.....

هل تعتبر أن حشرة توتا أبسولوتا أهم مشكل صحي للطماطم؟ .....

هل توقفت أو أنقصت من زراعة الطماطم بسبب حشرة توتا أبسولوتا؟ .....

ماهي الطرق و المواد الكيميائية التي تستعملها لمكافحة حشرة توتا أبسولوتا؟ .....

.....

ما المدة الزمنية بين معالجة كيميائية و أخرى؟ .....

ما عدد مرات المعالجة خلال مدة الإنتاج؟ .....

هل تستعمل نفس الدواء أو تخالف بين الأدوية؟ .....

- Quel est le nom de votre exploitation et dans quelle région se situe-t-elle?
- Quel est votre niveau scolaire?
- Quelles sont les principales cultures que vous produisez?

- Quelle est la superficie réservée à la production de la tomate?
- Quel mode utilisez-vous pour produire la tomate (Tomate de plein champ, sous serre, ...)?
- A quel moment de l'année vous installez votre culture de tomate?
- Quelles sont les variétés de tomate que vous utilisez?
- Quel est le rendement obtenu par hectare?
- Où vous vendez votre produit?
- Quels sont les problèmes phytosanitaires de la tomate que vous rencontrez dans vos parcelles?
- Considérez-vous que *Tuta absoluta* constitue le principal problème phytosanitaire de la tomate dans votre exploitation?
- Est-ce que vous avez réduit la superficie réservée à la production de la tomate à cause de *Tuta absoluta*?
- Quels sont les moyens que vous employez pour lutter contre *Tuta absoluta*?
- Quels sont les produits que vous employez pour lutter contre *Tuta absoluta*?
- Est-ce que vous appliquez le même produit ou vous alternez entre les spécialités?
- Quel est le temps entre un traitement un autre?
- Quel est le nombre de traitement durant tout le cycle de la culture de tomate?

## Annexe 02: Résultats de l'enquête menée sur la tomate à El Oued

Niveau scolaire des producteurs de tomate	Nombre d'agriculteurs questionnés	Niveau scolaire	Nombre d'agriculteurs	%
	30	Universitaire	9	30,00
		Secondaire	12	40,00
		Moyen	6	20,00
		Primaire	3	10,00
		Analphabète	0	0,00
		<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100,00</b>
Superficie réservée à la production de la tomate	30	Superficie	Nombre d'exploitation	%
		5 Ha	1	3,33

		2,5 Ha	3	10,00
		2 Ha	7	23,33
		1,5 Ha	2	6,67
		1 Ha	16	53,33
		0,5 Ha	1	3,33
		<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100,00</b>
Variétés de tomate cultivées	30	Variété	Nombre d'exploitation	%
		Aya	9	30,00
		Petra	8	26,67
		Ziralda	3	10,00
		Loubana	2	6,67
		Bahdja	2	6,67
		Salima	2	6,67
		Soufia	1	3,33
		Milson	1	3,33
		Emilie	2	6,67
		<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100</b>
Problèmes phytosanitaires de la tomate	30	Bioagresseur	Nombre d'agriculteur	%
		<i>Tutaabsoluta</i>	11	36,67
		Noctuelles	10	33,33
		Mildiou	06	20,00
		Acariens	03	10,00
		<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100</b>
Mode d'installation de la tomate	30	Mode de culture	Nombre d'exploitation	%
		Saison	1	3,33
		Arrière-saison	29	96,67
		Sous-serre	0	0,00
		<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100,00</b>
Changement ou réduction de la culture de tomate à cause de <i>Tutaabsoluta</i>	30	Réponse	Nombre d'agriculteur	%
		Oui	19	63,33
		Non	11	36,67
		<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100</b>
<i>Tutaabsoluta</i> constitue un vrai problème pour la tomate	30	Réponse	Nombre d'agriculteur	%
		Oui	26	86,67
		Non	4	13,33
		<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100,00</b>
Insecticides appliqués contre	30	Type de produit	Nombre d'agriculteur	%

<i>Tutaabsoluta</i>		Tout produit	22	73,33
		Produitshomologuéscontr e <i>Tuta absoluta</i>	8	26,67
		<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100</b>
Alternance des produits	30	Réponse	Nombre d'agriculteur	%
		Oui	28	93,33
		Non	2	6,67
		<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100</b>
Nombre de traitement par cycle de la tomate	30	Nombre de traitement	Nombre d'agriculteur	%
		3 à 8	13	43,33
		10 à 17	11	36,67
		20 à 25	3	10,00
		Plus de 25	3	10,00
		<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100,00</b>
Fréquence des traitements	30	Fréquence des traitements	Nombre d'agriculteur	%
		Tous les 03 jours	10	33,33
		Tous les 05 jours	2	6,67
		Tous les 07 jours	11	36,67
		Tous les 10 jours	2	6,67
		Tous les 15 jours	4	13,33
		Tous les 20 jours	1	3,33
		<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

**Annexe 03:** Comparaison entre les effectifs adultes de *Tutaabsoluta* capturés par les pièges delta et à eau

> t.test (Delta, Eau)

Welch Two Sample t-test

```
data: Delta and Eau
t = -0.4079, df = 66.782, p-value = 0.6846
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-55.73193 36.81764
sample estimates:
mean of x mean of y
76.37143 85.82857
```

**Annexe 04:** Comparaison des effectifs adultes de *Tuta absoluta* capturés en 2009/2010 et 2014/2015

```
> wilcox.test (X2009.2010, X2014.2015)

Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: X2009.2010 and X2014.2015
W = 151.5, p-value = 0.3856
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Warning message:
In wilcox.test.default(X2009.2010, X2014.2015) :
cannot compute exact p-value with ties
```

**Annexe 05:** Corrélation entre l'évolution des effectifs adultes et larvaires de *Tuta absoluta*

```
> cor.test (Larves, Adultes)

Pearson's product-moment correlation

data: Larves and Adultes
t = 3.8622, df = 20, p-value = 0.0009708
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.3202530 0.8429335
sample estimates:
cor
0.6536101
```

**Annexe 06:** Comparaison des degrés d'attaque des larves de *Tuta absoluta* sur fruits de tomate aux effectifs adultes capturés par le piège à phéromone sexuelle

Corrélations		
	Fruit	Piège
Corrélation de Pearson	1	,994**
Fruit Sig. (bilatérale)		,006
N	4	4
Corrélation de Pearson	,994**	1
Piège Sig. (bilatérale)	,006	
N	4	4

\*\* La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

**Annexe 07:** Comparaison entre les taux de parasitisme de *Tutaabsoluta* des deux compagnes agricoles 2011/2012 et 2013/2014

```
> A = c(22.22, 27.59, 22.35, 1.23)
> B= c(8.77, 8.28, 22.97, 5.26)
> wilcox.test (A, B)
```

```
Wilcoxon rank sum test
```

```
data: A and B
```

```
W = 10, p-value = 0.6857
```

```
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```