

UNIVERSITE-BLIDA I

Faculté des Sciences de la Nature et de Vie

Département des Biotechnologies

MÉMOIRE DE MAGISTER

En Sciences Agronomiques

Spécialité : Biodiversité et Bioprotection

**TRADUCTION DE LA RESISTANCE CONTRE LES BIOAGRESSEURS
DE LA TOMATE SOUS L'APPLICATION DE MICRO-DOSES DE
SUCRES SOLUBLES**

Par

Fatma Zohra MAHI

Devant le jury composé de :

L. ALLAL-BENFEKIH	Pr.	U. Blida I	Présidente
A.GUENDOZ -BENRIMA	Pr.	U. Blida I	Directrice de thèse
Z.E. DJAZOULI	MCA.	U. Boumerdés	Examineur
L. BENDIFFELLAH	M.C.A.	U. Blida I	Examinatrice

Blida, Octobre 2015

RESUME

TRADUCTION DE LA RESISTANCE CONTRE LES BIOAGRESSEURS DE LA TOMATE SOUS L'APPLICATION DE MICRO DOSES DE SUCRES OLUBLES

Les plantes sont recouvertes par une cuticule qui les protège des facteurs climatiques, limite la perte d'eau et constitue une barrière pour les phyto-agresseurs. La cuticule est très faiblement perméable aux composés solubles à l'eau qui la traversent de part et d'autre provenant de la plante ou de l'extérieur.

La perméabilité cuticulaire est spécifique de la plante (espèce, genre, variété). Elle est aussi liée à des propriétés physiques, des molécules et à des facteurs climatiques. Certains groupes de molécules d'origine végétale constituent à la surface des plantes des signaux perçus par l'insecte qui influencent son comportement, dans la sélection de la plante hôte pour pondre. Réciproquement, des composés solubles à l'eau, comme les sucres déposés à la surface de la plante y pénètrent et peuvent constituer des signaux qui déclenchent à l'intérieur de la plante des réactions en cascade de défense et intervenir dans les voies de régulation physiologiques des plantes. L'objectif de notre étude est de mettre en évidence l'effet de la pulvérisation foliaire de deux sucres solubles (saccharose et fructose) à différentes doses sur l'installation des larves et des pontes de la mineuse de la tomate.

Les résultats montrent que quel que soit la dose des deux sucres appliqués, leur effet sur la biosynthèse des sucres totaux est contrarié. En effet, seule la double dose de saccharose augmente leur taux, par rapport aux autres doses et à toutes les doses de fructose dont l'effet sur la biosynthèse diminue ou reste marginalement proche de celui des plants témoins. Cependant, l'abondance globale larvaire, celle des larves L1 et des pontes diminue de façon très variée selon les doses et les sucres, par rapport à celle du témoin.

Mots clés: fructose, résistance, saccharose, sucres totaux, tomate, *Tuta absoluta*.

Abstract

TRANSLATION OF RESISTANCE AGAINST THE PESTS TOMATO IN THE APPLICATION OF MICRO DOSES SOLUBLE SUGAR

The plants are covered with a cuticle that protects from climatic factors, limit water loss and constitutes a barrier for phyto-aggressors. The cuticle is very slightly permeable to water soluble compounds which traverse either side from the plant or outside.

Cuticular permeability is specific to the plant (species, genus, variety), it is also linked to physical properties of molecules and climatic factors. Some plant groups are molecules on the surface of plant signals perceived by the insect that influence its behavior, and the selection of the host plant to lay eggs. Conversely compounds soluble in water left on the surface of the plant to penetrate and may constitute signals that trigger within the plant cascade of defense reactions and involved in the physiological regulation of pathways of plants.

The aim of our study is to demonstrate the effect of foliar spraying of two soluble sugars (sucrose and fructose) at different doses on installation of pests on tomato.

The results show that regardless of the dose applied two sugars, the overall abundance and even laying and L1 larvae decrease compared to the control, but their effect on the biosynthesis of total sugars is thwarted. Indeed, only the double dose of sucrose increases their rates compared to other doses and all doses of fructose, the effect of marginally decreases or remains similar to that of control plants.

Keywords: Tomato, *Tuta absoluta*, sucrose, fructose, total sugars, resistance.

الملخص

ترجمة مقاومة الطماطم ضد الحشرات الضارة تحت تطبيق جرعات دقيقة

من السكريات القابلة للذوبان

تغذى النباتات ببشرة تحميها من العوامل المناخية كما تحد من فقدان المياه وتشكل عائق امام الحشرات الضارة.

البشرة النباتية قليلة النفاذية للمركبات القابلة للذوبان في الماء التي تمر عبر كلا الجانبين من النبتة أو من خارجها.

نفاذية البشرة النباتية محددة من النبتة بذاتها (صنف, النوع), كما ترتبط بالخصائص الفيزيائية و الجزئية وعوامل مناخية.

بعض الجزيئات النباتية تشكل على سطح النبتة إشارات تجذب الحشرة و تؤثر على سلوكها في اختيار النبتة المضيفة لوضع البيض. بالتبادل، مركبات قابلة للذوبان في الماء مثل السكريات التي تترسب على سطح النبتة وتتغلغل يمكن ان تشكل إشارات تثير ردود فعل دفاعية عند النبتة.

الهدف من دراستنا هو التدليل على تأثير الرش الورقي لنوعين من السكريات القابلة لذوبان (السكروز-الفركتوز) بجرعات مختلفة على عملية وضع البيض و تطور اليرقات لحفارة الطماطم.

أظهرت النتائج انه بغض النظر عن الجرعة المطبقة لكل من النوعين من السكريات (السكروز- الفركتوز) تأثير عكسي على التركيب الحيوي للسكريات الكلية، في الواقع وحدها الجرعة المضاعفة من السكروز تزيد معدلاتها مقارنة بالجرعات الأخرى أما بالنسبة لجرعات الفركتوز فتأثيرها كان بخفض التركيب الحيوي أو بقاءه قريبا من الشاهد. و مع ذلك، فاليرقات L1 والبيضات تنخفض باختلاف الجرعات و السكر المستعمل مقارنة بالشاهد.

الكلمات المفتاحية : السكروز، الفركتوز، السكريات الكاملة ، المقاومة ،حفارة الطماطم، الطماطم.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, il m'est agréable de présenter mes plus vifs remerciements à :

*Mme. **GUENDOZ A.**, Professeur au département de Biotechnologie à l'Université BLIDA I, d'avoir accepté la direction de ma thèse. Qu'elle trouve ici mes remerciements pour son suivi et ses conseils ainsi pour ces encouragements.*

*Je tiens à présenter mon grand respect et mes remerciements Mme. **ALLAL-BENFEKIH L.** ; Professeur au sein de département de Biotechnologie à l'Université BLIDA I, pour avoir accepté de présider le jury de cette thèse.*

*Mes remerciements vont également à Mr. **DJAZOULI Z.E.**, Maitres de conférences classe A au département de Biotechnologie à l'Université de Blida I et Mme. **BENDIFFELLAH L.**, Maitre de conférence classe A à l'Université de Boumerdès qui ont accepté de porter juge à ce travail.*

*Toute ma considération, mes remerciements et ma gratitude vont à Mr. **AROUN M.F.** Maitre-Assistant classe A au département de Biotechnologie à l'Université de Blida I, qui a suivi ce travail avec beaucoup d'intérêt. Qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance et de ma gratitude les plus profondes pour le temps qu'il m'a toujours accordé, pour son grand soutien scientifique ainsi que pour ses précieux conseils et ses encouragements.*

Que tous les enseignants du département de Biotechnologie à l'Université de Blida I trouvent ici ma haute considération et mes remerciements pour leur précieuse formation.

J'adresse mes sincères remerciements professeur.....ainsi qu'aux deux ingénieures du Laboratoire de vétérinaire qui nous ont accueillis au début de ce travail.

*Un grand merci à Mr **BELHIMER M** ; mon supérieur au sein de la Subdivision Agricole de la daïra de Mesra-MOSTAGANEM, pour son soutien permanent et son indulgence durant la période de ma formation de magister.*

*Je ne peux achever cet avant propos sans remercier vivement Mrs. **DJOURDEM**, propriétaires de l'exploitation agricole au niveau de la région de Touahria de m'avoir consacré une serre, pour leur collaboration dans le travail de terrain et qui sont eux ce travail n'aurai existé.*

Que toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent l'expression de ma haute considération.

DEDICACES

A la mémoire de mon grand-père Mohamed, que ce travail soit le témoignage de mon éternelle reconnaissance. Puisse Dieu, Le Tout Puissant, lui accorder Sa Sainte Miséricorde.

*A mes très chers parents,
Vos encouragements et vos prières m'ont toujours soutenue et guidé. En ce jour, j'espère réaliser un de vos rêves et être digne de vous. Veuillez trouver, mes très chers parents, dans cette thèse le fruit de votre dévouement ainsi que l'expression de ma gratitude et de mon profond amour. Que Dieu vous garde et vous procure santé et longue vie.*

Ma profonde reconnaissance à mon époux pour son soutien sans faille, sa grande indulgence, sa compréhension et surtout sa contribution dans le partage du stress de la recherche et sans qui, une grande part de ce travail n'aurait pas été accomplie. Je suis heureuse de partager cette thèse avec lui.

*Je dédie aussi ce travail à mes très chers frères Sidahmed, Youcef, Ali, Mohamed et Bou abdallâh Je les remercie de leur patience et leur compréhension.
A mes grands-parents paternels et maternels qui ont toujours prié pour moi et pour m'avoir toujours encouragé. Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond respect et de ma profonde gratitude.*

A ma tante Rachida et son mari Brahim pour leur soutien permanent et leurs encouragements continus. Ils ont vécu en même temps que moi toutes les étapes de cette thèse, avec ses joies et ses peines.

A mes cousins et cousines plus particulièrement Wissem et Malek, je leur souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité

A tous les membres de ma famille, petits et grands, Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection

A ma belle famille plus particulièrement mes beaux-parents.

A mes chères ami(e)s : Sarah, Amina, Mounia, Karima, Fouzia, Redouane et Hamid. Vous êtes pour moi des frères, sœurs et des amis sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous uni et des souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

Fatma Zohra

TABLE DE MATIERES

RESUME

ABSTRACT

ملخص

REMERCIEMENTS

DEDICACES

SOMMAIRE

LISTE DES ILLUSTRATIONS ET GRAPHIQUES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION 14

**CHAPITRE 1 : Importance économique de la tomate, ses
bioagresseurs et méthodes de lutte..... 17**

1.1 Généralités sur la tomate *Lycopersicum esculentum* 17

1.1.1 Importance économique en Algérie..... 17

1.1.2. Principaux bioagresseurs de la tomate..... 17

1.2. La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) 19

1.2.1. Plantes hôtes 19

1.2.2. Biologie de la mineuse..... 19

1.3. Stratégies de luttés..... 23

1.3.1. Mesures culturales..... 23

1.3.2. La lutte biotechnique..... 24

1.3.3. La lutte biologique..... 25

1.3.4. La lutte chimique..... 25

CHAPITRE 2 : Sélection de la plante-hôte par le ravageur..... 27

2.1.	Introduction.....	27
2.2	Les mécanismes de choix de la plante.....	27
2.3	Séquence comportementale aboutissant à la ponte.....	30
2.3.1.	Phase de recherche à distance.....	30
2.3.2.	Phase d'évaluation par contact.....	31
2.4.	Les signaux de la reconnaissance d'un site de ponte.....	32
2.4.1.	Les facteurs physiques.....	32
2.4.1.1.	Les stimuli visuels.....	33
2.4.1.2.	La vision.....	33
2.4.1.3.	La couleur.....	33
2.4.1.4.	La couleur et la forme.....	34
2.4.1.5.	Les stimuli physiques de contact.....	34
2.4.1.6.	Les cires.....	35
2.4.1.7.	La texture.....	35
2.4.2.	Les stimuli chimiques.....	36
2.5.	Les substances volatiles ou faiblement volatiles.....	37
2.5.1.	Les substances de contact non-volatiles.....	38
2.6.	Les métabolites secondaires.....	38
2.7.	Les métabolites primaires.....	39
CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES.....		44
3.1	Introduction.....	44
3.2.	Objectifs.....	44
3.3.	Présentation de la région d'étude	45
3.3.1.	Présentation de la station d'étude.....	45
3.3.1.1.	Situation géographique	45
3.3.1.2.	Caractéristiques climatiques_	46
3.4.	Présentation du dispositif expérimental_	46
3.4.1.	Présentation des parcelles d'études	46
3.5.	Matériel d'étude	47

3.5.1.	Matériel biologique	47
3.5.1.1.	Matériel végétal	47
3.5.1.2.	Matériel animal : La mineuse de la tomate	48
3.5.2.	Les traitements appliqués	48
3.5.2.1.	Le fructose.....	48
3.5.2.2.	Le saccharose	49
3.6.	Méthodologie du travail.....	49
3.6.1.	Méthodes de préparation et application des bioproduits.....	49
3.6.2.	Méthode d'échantillonnage et de dénombrement.....	50
3.6.3.	Les analyses phytochimiques.....	50
3.6.3.1.	Extraction et dosage des sucres totaux.....	50
3.7.	Analyse statistique des résultats.....	51
3.7.1.	Analyse multivariée (PAST vers. 1.37).....	51
3.7.2.	Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009).....	51
3.7.3.	Corrélations (Excel™).....	52
CHAPITRE 4 : RESULTATS		53
4.1.	Effet de saccharose et du fructose sur la biosynthèse des sucres totaux.....	53
4.1.1.	Effet temporel sur la biosynthèse des sucres totaux.....	53
4.1.2.	Tendance des variations temporelles des taux sucres totaux sous l'effet des sucres solubles.....	54
4.1.2.1	Taux de sucres totaux.....	54
4.1.3.	Effet comparé sur la biosynthèse des sucres totaux.....	55
4.2.	Effet de saccharose et du fructose sur l'abondance de <i>Tuta absoluta</i>	56
4.2.1.	Abondance globale.....	56
4.2.1.1	Evolution temporelle des abondances.....	
4.2.1.2	Effet comparé sur l'abondance globale.....	57

4.2.2.	Abondance des œufs.....	58
4.2.2.1	Effet comparé sur les œufs de <i>Tuta absoluta</i>	59
4.2.3.	Abondance des Larves L1.....	60
4.2.3.1	Effet comparé sur les larves L1 de <i>Tuta absoluta</i>	61
4.3.	Relation de la biosynthèse des sucres totaux et de la disponibilité de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet de saccharose et du fructose.....	62
4.3.1.	La disponibilité globale.....	62
4.3.2.	La disponibilité des œufs de <i>Tuta absoluta</i>	66
4.3.3.	La disponibilité des larves L1 de <i>Tuta absoluta</i>	66
4.4.	Répartition temporelle de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet des doses deux sucres.....	66
CHAPITRE 5 : Discussion Générale.....		70
5.1.	Effet du saccharose et du fructose sur la biosynthèse des sucres totaux.....	71
5.2.	Effet du saccharose et du fructose sur l'abondance de <i>Tuta absoluta</i>	73
CONCLUSION GENERALE.....		80
APPENDICE		82
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		85

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure 1.1.	Dégâts et symptômes larvaires	19
Figure 1.2.	Accouplement.....	20
Figure 1.3.	La ponte.....	20
Figure 1.4.	Œuf.....	20
Figure 1.5.	Larve L1.....	21
Figure 1.6.	Les stades larvaires.....	21
Figure 1.7.	Chrysalide.....	22
Figure 1.8	Cycle de vie de <i>T. absoluta</i>	23
Figure2.1.	Modèle montrant l'interaction entre stimuli externes (positifs ou négatifs) et internes gouvernant le choix d'un site de ponte chez un insecte phytophage.....	29
Figure 2.2.	Séquence comportementale typique d'un papillon hétérocère nocturne avec les différents actes comportementaux se succédant au cours de la sélection d'une plante hôte. Les modalités sensorielles impliquées sont indiquées en italique.....	30
Figure 2.3.	Coupe transversale schématisée de la surface d'une plante.	42
Figure 2.4.	Coupe transversale d'une cuticule de plante.....	

Figure 3.1.	Situation géographique de la station d'étude.....	46
Figure 3.2.	Dispositif expérimental sur la parcelle d'étude.....	47
Figure 3.3.	Le fructose.....	48
Figure 3.4.	Le saccharose	49
Figure 4.1.	Effet temporel du sucrose et du fructose sur la biosynthèse des sucres totaux.....	53
Figure 4.2.	Analyse multivariée «ACP» représentant la biosynthèse des sucres totaux sous l'effet des différentes doses de saccharose et du fructose.....	55
Figure 4.3.	Effet comparé sur la biosynthèse des sucres totaux.....	56
Figure 4.4.	Evolution temporelle des abondances de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet du saccharose et du fructose.....	57
Figure 4.5.	Effet comparé sur l'abondance globale.....	58
Figure 4.6.	Evolution temporelle des œufs de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet du saccharose et du fructose.....	59
Figure 4.7.	Effet comparé sur les œufs de <i>Tuta absoluta</i>	60
Figure 4.8.	Evolution temporelle des larves L1 de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet du saccharose et du fructose.....	61
Figure 4.9.	Effet comparé sur les larves L ₁ de <i>Tuta absoluta</i>	62
Figure 4.10.	Relation de la biosynthèse des sucres totaux et de la disponibilité globale de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet de saccharose et du fructose.....	63

Figure 4.11.	Relation de la biosynthèse des sucres totaux et de la disponibilité des œufs de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet du saccharose et du fructose.....	64
Figure 4.12.	Relation de la biosynthèse des sucres totaux et de la disponibilité des larves L1 de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet du saccharose et du fructose.....	65
Figure 4.13.	Type de répartition des populations de la mineuse de la tomate <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet de différentes doses de sucrose et fructose.....	69
Tableau 4.1.	Modèle G.L.M. appliqué à l'effet des sucres solubles sur la biosynthèse des sucres totaux.....	56
Tableau 4.2.	Modèle G.L.M. appliqué à l'effet des sucres solubles sur l'abondance globale de <i>Tuta absoluta</i>	58
Tableau 4.3.	Modèle G.L.M. appliqué à l'effet des sucres solubles sur l'abondance des œufs de <i>Tuta absoluta</i>	59
Tableau 4.4.	Modèle G.L.M. appliqué à l'effet des sucres solubles sur l'abondance des larves L1 de <i>Tuta absoluta</i>	62
Tableau 4.5.	Type de répartition temporelle des populations de la mineuse de la tomate sous l'effet de différentes doses de saccharose et fructose.....	67

INTRODUCTION

Depuis la colonisation et la diversification de la flore terrestre, il y a plus de 400 millions d'années, les insectes se sont adaptés et diversifiés en suivant l'évolution du monde végétal. Aujourd'hui, au moins la moitié des espèces d'insectes répertoriées s'alimentent au dépend de l'énorme biomasse fournie par les plantes vivantes. On les appelle les insectes phytophages. Entre 400 000 et 500 000 espèces vivraient sur environ 300 000 espèces de plantes vasculaires. La majorité des insectes phytophages sont des Coléoptères (scarabées) et des Lépidoptères (papillons), représentant à part égale environ 66% des espèces de phytophages. On estime ensuite qu'environ 14% sont des Hémiptères (cicadelles, pucerons), 10% des Diptères (mouches), 5% des Orthoptères (sauterelles, criquets), 3% des Hyménoptères (abeilles, fourmis), et moins de 2% étant des Thysanoptères (thrips) ou des Phasmidés (phasmes) [1].

Outre le rôle positif joué par nombreux insectes dans la pollinisation des plantes cultivées (arbres fruitiers, légumineuses, tournesol, colza...) et dans les transferts d'énergie dans les écosystèmes, ils peuvent être nuisibles à l'agriculture lorsqu'ils pullulent ou lorsqu'ils sont vecteurs de maladies. Le nombre d'espèces considérées comme ravageurs chroniques des cultures est limité. Au niveau mondial, entre 9 000 et 10 000 espèces d'insectes ravageurs présentent un risque élevé pour l'agriculture [2,3].

Toutefois, ces insectes phytophages constituent une menace majeure pour l'agriculture. Malgré une lutte par insecticide abondante dans certains pays, générant un coût élevé et un impact négatif sur l'environnement, on estime qu'en

moyenne 13% de la récolte des productions agricoles mondiales sont perdus aux insectes ravageurs [3].

L'utilisation intensive de ces matières actives a fait apparaître des résistances dans les populations cibles ce qui entraîne une baisse d'efficacité des produits [2]. Même si la tendance actuelle est de réduire la dose des matières actives dans les préparations commerciales, les quantités moyennes de pesticides épandues par hectare restent fortes, avec environ 80% d'un traitement n'atteignant pas sa cible (défaut d'application, lessivage ou dégradation solaire) [4].

Aujourd'hui, l'agriculture doit devenir durable et prendre en considération la protection de l'environnement, de la santé humaine et la sécurité alimentaire.

Pour mettre en œuvre de nouvelles pratiques agricoles intégrant une gestion rationnelle des organismes nuisibles, il est fondamental de mieux comprendre les relations existant entre les insectes ravageurs et leurs plantes hôtes cultivées ou sauvages. L'accouplement et la sélection du site de ponte, sont les étapes clés de la reproduction de la plupart des insectes.

La connaissance des mécanismes selon lesquels un insecte va choisir une plante plutôt qu'une autre pour s'y nourrir et pondre pourrait permettre de développer des stratégies visant à les perturber et protéger ainsi les cultures [5].

Pour contrôler le ravageur sans l'inconvénient des pesticides de synthèse, il est intéressant de trouver d'autres méthodes, alternatives, en protection phytosanitaire [6,7]. En effet, de nouveaux produits sont recherchés pour, d'une part, assurer une protection efficace de la production agricole, et d'autre part, contribuer à une gestion durable de l'environnement. Dans cette optique, un nouveau concept basé sur l'utilisation de la voie de signalisation des sucres pour induire la protection des cultures.

Notre travail a porté sur l'étude de l'efficacité par pulvérisation foliaire de micro doses de saccharose et de fructose sur l'installation de la mineuse de la tomate, ainsi que sur la biosynthèse des sucres totaux par la plante.

Notre travail comporte deux parties. La première partie fait ressortir l'état des connaissances sur l'importance économique de la tomate, ces maladies, ces bioagresseurs, dont la mineuse, *Tuta absoluta*, les méthodes de lutte classiques utilisés contre ce ravageur primaire, ainsi que les critères de sélection de la plante par un phytophage.

La deuxième partie, est consacrée à l'étude de l'effet de la pulvérisation foliaire de deux sucres solubles (saccharose et fructose) à différentes doses sur la biosynthèse des sucres totaux et l'installation de la mineuse de la tomate. Dans la discussion et conclusion générale, nous résumerons nos données acquises et nous les discuterons.

CHAPITRE1 :

IMPORTANCE ECONOMIQUE DE LA TOMATE, SES BIOAGRESSEURS ET METHODES DE LUTTE

1.1. Généralités sur la tomate *Lycopersicum esculentum*

1.1.1. Importance économique en Algérie

La tomate est une culture maraichère importante dans le monde comme la pomme de terre. En 2009, la production mondiale était d'environ 141,4 millions de tonnes de fruits frais sur une superficie évaluée à 4.98 millions d'hectares [8]. Son importance économique est due à son cycle de développement assez court, qui peut donner de hauts rendements.

La tomate est originaire des Andes d'Amérique du Sud. Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe en 1544 [9]. Actuellement, sa culture est pratiquée dans le monde entier. Il existe plus de 4000 variétés de tomate qui se différencient par leur résistance aux facteurs biotiques et abiotiques, ainsi que par les caractéristiques de leurs fruits, leur précocité et le port de la plante [10].

En Algérie, la tomate a pu gagner une place importante dans l'économie du pays, c'est un légume de base pour la population Algérienne et elle prend la deuxième place en maraichère (820137 Tonnes) après la pomme de terre (1 506 859 Tonnes) ; C'est un légume qui est cultivé dans toutes les régions, notamment

au littoral dans le secteur maraîcher comme il occupe une grande place dans le secteur industriel, et surtout dans les régions du nord Algérien [11].

1.1.2. Principaux Bioagresseurs de la tomate

La tomate est une culture sujette aux attaques de ravageurs et aux maladies [12]. Les plus importantes maladies sont dues à des champignons: le Mildiou causé par *Phytophthora infestans* [13]. [14], les alternarioses provoquées par *Alternaria solani*, *Alternaria tomati*, et *Alternaria Danci* [15]. Les Fusarioses induites par *Fusarium oxysporum*, *Fusarium falcatum*, et *Fusarium sclerotiorum* [16]. [17]. Et la pourriture grise par *Botrytis cinerea* [18]. La verticilliose due à *Verticillium dahliae* [19].

Les maladies virales sont principalement : la mosaïque de la tomate due au virus de la mosaïque de tabac [17]. [18], et l'enroulement chlorotique des feuilles de la tomate provoqué le virus (TYLCV). Les principales maladies bactériennes sont surtout le chancre bactérien causé par (*Clavibacter michiganensis Subsp. michiganensis*), et la Moucheture de la tomate provoquée par *Pseudomonas syringae pv. Tomato* [19].

Selon TROTTIN-CAUDAL et *al.* (1995) [20], les principaux insectes ravageurs sous serre sont les aleurodes, les pucerons, les mineuses, les acariens, les thrips, les noctuelles et les punaises. Parmi ces ravageurs de la tomate, un nouveau ravageur est observé ces dernières années, il cause des pertes considérables aussi bien sous serre qu'en plein champ ; c'est la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* qui fait l'objet de notre travail.

1.2. La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)

LACORDAIRE et FEUVRIER (2010) [21] rappellent que *T.absoluta* est un redoutable ravageur des Solanacées. Cité la première fois en Amérique du Sud en 1935, son invasion n'a depuis cessée de progresser. En Algérie sa première apparition fut à Mostaganem au mois de mars 2008, ensuite elle s'est propagée dans le reste du pays [22]. *T.absoluta* est un microlépidoptère de la famille des *Gelichiidae*, ces chenilles mineuses peuvent provoquer des dégâts pouvant aller jusqu'à 80% et même 100% des pertes au niveau des cultures [23].



Feuille



Tige



Fruit

Figure 1.1: dégâts et symptômes larvaire [24] .

1.2.1. Plantes hôtes

Ce ravageur considéré pour l'instant comme redoutable pour la culture de tomate, est signalé sur d'autres solanacées comme la pomme de terre, le poivron et l'aubergine. Certaines mauvaises herbes, comme la morelle noire (*Solanum nigrum*), la morelle jaune (*Solanum elaeagnifolium*) et la stramoine (*Datura stramonium* L.) sont des plantes hôtes pour *T.absoluta* [25 ; 26], comme également le tabac (*Nicotiana tabacum*) [27].

1.2.2. Biologie de la mineuse

La biologie de cette espèce a été étudiée dans plusieurs pays d'Amérique du Sud sur tomate et autres solanacées. Les activités de dispersion et

d'accouplement sont effectuées pendant les deux premières heures de l'aurore, entre le 5 h 30 et le 7 h 30 du matin [28 ; 29].

La durée de l'accouplement, la pré-oviposition et l'oviposition des adultes est affecté par plusieurs facteurs environnementaux comme la température, l'humidité relative et l'alimentation. Quand la température varie entre 24-25°C et l'humidité entre 70-80%, l'accouplement s'effectue entre 16 et 24 heures après émergence. Les femelles commencent l'oviposition approximativement 1 jour après l'accouplement [30 ; 31]. La ponte des œufs commence de 2 à 3 jours après l'émergence [32]. En général, chaque femelle peut déposer une moyenne de 40 à 55 œuf [29 ; 33 ; 30 ; 31]; bien qu'on ait obtenu des valeurs maximales de 100 à 300 œufs par femelle [34 ; 35]. Bien que la période d'oviposition peut varier en moyenne de 4 à 16 jours [29 ; 33 ; 30 ; 34 ; 31] ; le taux de ponte est le plus important le premier jour. Il diminue ensuite considérablement [33 ; 35 ; 34]. Pendant les sept jours suivants l'accouplement, la femelle dépose 76% du total des œufs [35]



Figure 1.2: Accouplement [36]

Les œufs sont déposés isolés, préférentiellement sur les feuilles ; bien qu'ils peuvent être déposés sur les tiges et le calice des fleurs et fruits. Ils sont déposés pour la plupart adjacents aux nervures des feuilles [29 ; 33 ; 32 ; 30].



Figure 1.3: La ponte [36]



Figure 1.4: Œuf [24]

A son émergence de l'œuf, la larve perce un orifice presque circulaire à l'extrémité du chorion [34]. La larve néonate (L1) commence à perfore l'épiderme créant ainsi un orifice de pénétration dans l'épiderme des feuilles, des bourgeons, inflorescences et fruits de différents degrés de maturation, selon l'état phénologique de la culture.

Figure 1.5 : Larve L₁ [24]

Les larves de différents stades confectionnent des mines caractérisées par la présence d'excréments bruns [37 ; 38]. La période larvaire dure environ de 11,9 à 14 jours [39 ; 40 ; 41 ; 42]. En fin de cycle, la larve aura consommé 2,8 cm² de la surface foliaire, dont 2,2 cm² par le 4ème stade [43]. Les chenilles sont actives et se déplacent dans différentes parties de la plante dans les heures les plus chaudes de la journée, principalement pour le troisième et quatrième stade où les dégâts sont plus importants [42].

L₂L₃L₄

Figure 1.6 : Les stades larvaires [24].

Au stade prénympheal, l'insecte cesse de s'alimenter. Avant de se métamorphoser, la chenille quitte la galerie et se laisse transporter par un fil de soie sur le sol où se déroule la nymphose jusqu'à l'émergence. La chrysalide reste dans le sol environ 6 à 10 jours avant l'émergence [44 ; 39 ; 42 ; 45].

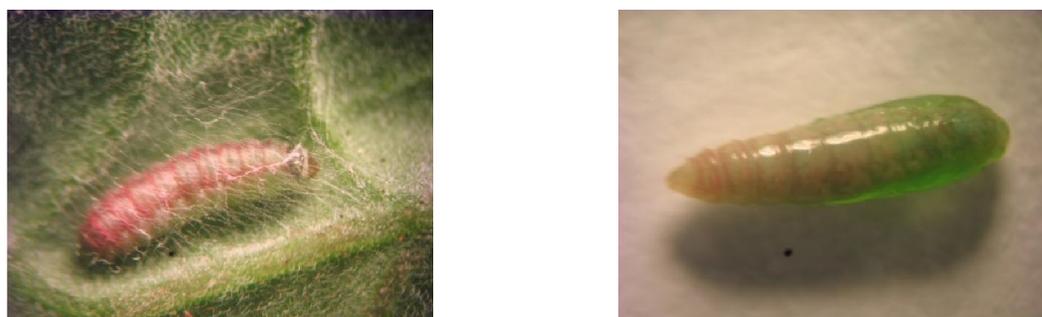


Figure 1.7 : Chrysalide [24]

T. absoluta se reproduit très rapidement. [42] montre que le cycle de vie de cet insecte peut durer de 29 à 38 jours, en fonction des conditions climatiques. La température minimale d'activités est de 9°C. Une femelle peut pondre de 250 à 260 œufs au cours de sa vie. Les œufs sont déposés sur la partie aérienne des plantes, les œufs se transforment ensuite en chenilles qui creusent des galeries dans les feuilles, tiges et fruits.

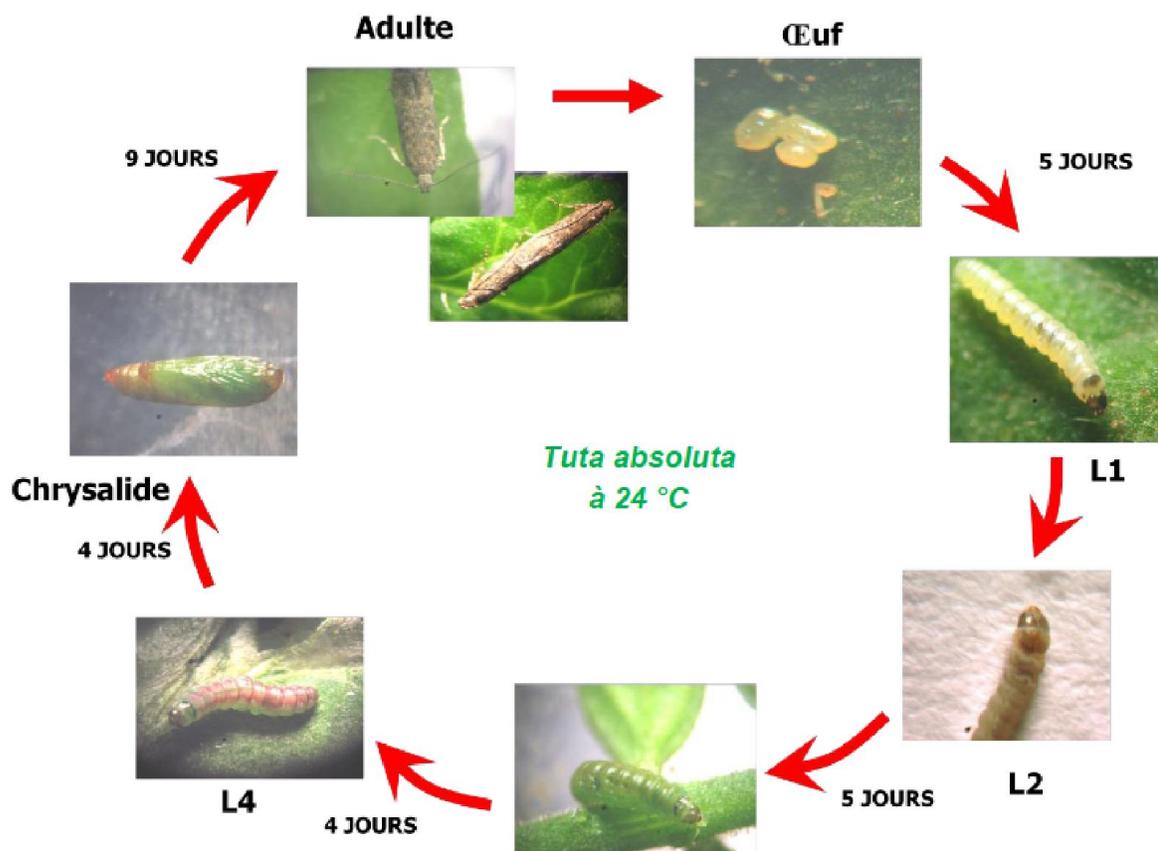


Figure 1.8 : Cycle de vie de *T. absoluta* [36]

1.3. Stratégies de luttés

Le meilleur moyen de se prémunir contre la mineuse de la tomate consiste à conjuguer plusieurs stratégies, qui sont les suivantes :

1.3.1. Mesures culturales

Selon WANG et *al.* (1998) [46] les techniques culturales sont les suivantes :

➤ L'Hygiène : L'enlèvement complet d'une culture infectée par la mineuse de la tomate est la condition essentielle pour éviter ou du moins réduire au minimum les risques de réinfestation, d'une récolte à l'autre. Il faut veiller à ce que tous les débris de culture soient parfaitement détruits par incinération ou enfouissement profond.

Lorsque les pupes se trouvent enfouies sous au moins 7 à 9 cm de terre, la sortie des adultes sera difficile.

- Ramassage de la mineuse à la main en inspectant régulièrement la culture dès le début et en détruisant les feuilles infestées. On peut ainsi limiter l'importance des populations.
- Désinfection des caisses : veiller à ce que les caisses ou les boîtes qui ont servi à une opération soient soigneusement désinfectées, avant d'être réutiliser pour l'opération suivante. Les adultes, les feuilles infestées ou les fruits laissés dans les caisses peuvent être source d'infestation.

1.3.2. La lutte biotechnique

Selon WANG et *al.* (1998), [46] les moyens de lutte biotechniques sont les suivants :

La surveillance est indispensable à la détection des adultes, si l'on veut en éviter la multiplication ; La surveillance la plus efficace consiste en une inspection hebdomadaire des pièges à phéromones, que l'on place au centre de la serre pendant toute la saison de végétation, pour détecter les adultes mâles. Les pièges doivent se trouver au même niveau que le sommet des plants ; Rappelons que les leurres à base de phéromone, dont on garnit les pièges doivent être renouvelés régulièrement ; Confusion sexuelle : il est possible de désorienter les mâles de la mineuse de la tomate, qui sont à la recherche des femelles, en diffusant lentement dans l'atmosphère la phéromone sexuelle de la mineuse. On empêche ainsi l'accouplement. La technique de confusion sexuelle est efficace pour empêcher leur prolifération ; Pièges lumineux : la mineuse adulte est attirée par la lumière et on peut se procurer dans le commerce des pièges lumineux qui contribuent à réduire la population.

1.3.3. La lutte biologique

Les résultats d'étude menées au centre de recherche sur la culture abutée et industrielle à Harrow et Ontario, donnent à espérer que certaines espèces de Trichogramme peuvent être de bons auxiliaires de lutte biologique contre la mineuse de la tomate, à condition d'appuyer leur action, par d'autres mesures de lutte [46].

L'activité prédatrice de 03 espèces de punaises autochtones (*Nesidiocoris tenuis* (Nesibug), *Macrolophus caliginosus* et *Dicyphus tamanini*) laissent entrevoir une possibilité de lutte biologique par une multiplication de leur effectif, en vue d'assurer des lâchers à des périodes propices en fonction de la situation dans chaque exploitation [47]. Selon TORRES et al. [45], des lâchers d'un autre prédateur naturel *Podisus nigrispinus* auraient des résultats positifs sur la maîtrise de *T.absoluta*.

Retarder l'effeuillage permet le bon développement de *Nesidiocoris* et de *Macrolophus* dans les cultures [48].

En Espagne et en France : Pour faire face à l'attaque de *T.absoluta*, ils ont déployé des prédateurs de la mineuse de la tomate qui sont du genre *Machrolophus*, une punaise qui se nourrit abondamment des œufs du papillon. La punaise fait merveille, mais son temps d'installation est de trois mois. Alors pour compléter le dispositif les professionnels ont utilisé un parasitoïde. Une mini guêpe dont la particularité est de pondre ses œufs à l'intérieur de l'œuf de *T.absoluta*.

1.3.4. La lutte chimique

La lutte chimique joue toujours un rôle important dans la réduction des dégâts grâce à son efficacité immédiate et à sa facilité d'application par les agriculteurs. Elle est considérée comme le moyen le plus utilisé dans la protection des

végétaux, mais lorsqu'elle est abusive, elle peut provoquer des risques multiples pour l'utilisateur et le consommateur. Les effets négatifs sont surtout :

- La présence de résidus toxiques dans ou sur les aliments traités.
- La pollution des sols et des ressources hydriques.
- La phytotoxicité induite par les surdosages.
- L'apparition des souches de ravageurs résistantes aux insecticides dus à l'utilisation abusive des mêmes spécialités.

La résistance d'un organisme aux insecticides a été définie par un comité d'experts O.M.S. (Organisation mondiale de la santé) en 1957 comme : «la capacité acquise par une population d'insectes à tolérer une dose toxique mortelle pour la plupart des individus dans une population de la même espèce». Elle est provoquée par des mutations génétiques qui altèrent les processus toxicocinétique et toxico dynamique (pénétration cuticulaire, métabolisme, interaction avec la cible principale). Ce phénomène a un impact négatif sur l'environnement, car il entraîne une augmentation des applications d'insecticides, ce qui renforce encore plus la résistance des ravageurs aux insecticides [49 ; 50].

Aujourd'hui, l'agriculture doit devenir durable et prendre en considération la protection de l'environnement, de la santé humaine et la sécurité alimentaire. Pour mettre en œuvre de nouvelles pratiques agricoles intégrant une gestion rationnelle des organismes nuisibles, il est fondamental de mieux comprendre les relations existant entre les insectes ravageurs et leurs plantes hôtes cultivées ou sauvages. L'accouplement et la sélection du site de ponte, sont les étapes clé de la reproduction de la plupart des insectes. La connaissance des mécanismes selon lesquels un insecte va choisir une plante plutôt qu'une autre pour s'y nourrir et pondre pourrait permettre de développer des stratégies visant à les perturber et protéger ainsi les cultures [51].

CHAPITRE 2 :

SELECTION DE LA PLANTE-HOTE PAR LE RAVAGEUR

2.1. Introduction

Tous les insectes phytophages ont plus ou moins tendance à se spécialiser sur certaines espèces végétales, appelées plantes hôtes, auxquelles ils se sont adaptés pour assurer leur reproduction, limitant ainsi la compétition entre espèces. Une plante hôte doit donc être acceptée à la fois par la femelle adulte pour pondre et par la larve pour s'alimenter. Fabre (1886) [52] a été un des premiers à proposer que les insectes phytophages possèdent une sorte 'd'instinct botanique' qui leur permet de reconnaître des espèces végétales apparentées.

2.2. Les mécanismes de choix de la plante

Un insecte phytophage dépend entièrement de la disponibilité de ses plantes-hôtes pour survivre et se reproduire. Il doit donc les rencontrer dès qu'elles apparaissent dans son écosystème pour y déposer ses œufs et /ou s'alimenter. Pour cela, son cycle reproducteur doit coïncider avec le développement de la plante-hôte. Chez *Choristoneura fumiferana* (*Lepidoptera*, *Tortricidae*), de l'émergence des larves doit être synchronisée avec le développement des bourgeons du sapin baunier et de l'épinette blanche qui augmentent la possibilité d'établissement des larves de ces deux espèces [53]. L'insecte doit disposer également de mécanismes efficaces pour localiser et identifier sa ou ses plantes hôtes. Ceci reste possible grâce à l'élaboration de comportements cohérents et parfois sophistiqués, qui reposent sur la détection de signaux pertinents le renseignant sur la qualité et les variations de son environnement [54].

Chez les lépidoptères, le comportement de ponte est une chaîne complexe de séquences et réponses des signaux. L'insecte sélectionne sa plante-hôte en

fonction des informations que celle-ci lui fournit. Les insectes phytophages sont sensibles à des stimuli de la plante-hôte ayant un rôle répulsif ou attractifs [55]. Ces informations peuvent être visuelles, mécaniques et chimiques et comportent deux grandes étapes :

1. une orientation à distance reposant sur des caractéristiques olfactives et visuelles des parties aériennes de la plante-hôte.
2. une reconnaissance au contact avec la surface de la plante par l'intermédiaire de stimuli visuels et/ou tactiles chimique [56 ; 57].

Grâce à un équipement sensoriel spécifiquement adapté, l'insecte détecte par olfaction, vision à distance, gustation et mécanoréception au contact de la plante des signaux chimique et physique produits par celle-ci. L'intégration par ces différents signaux au niveau du système nerveux central (SNC) forme l'image sensorielle, qui va être comparée avec celle stockée et fixée génétiquement chez l'insecte, qui peut se modifier par l'expérience (Fig.2.1) [58].

Au moment de la ponte, la femelle d'un insecte phytophage se trouve devant une gamme très importante de ses plantes-hôtes. Le choix d'une plante-hôte par la femelle signifie qu'il existe une préférence de ponte entre les différentes espèces présentes. Mais, ce choix entre plusieurs espèces hôtes n'a donc pas forcément une valeur adaptative pour l'insecte [59].

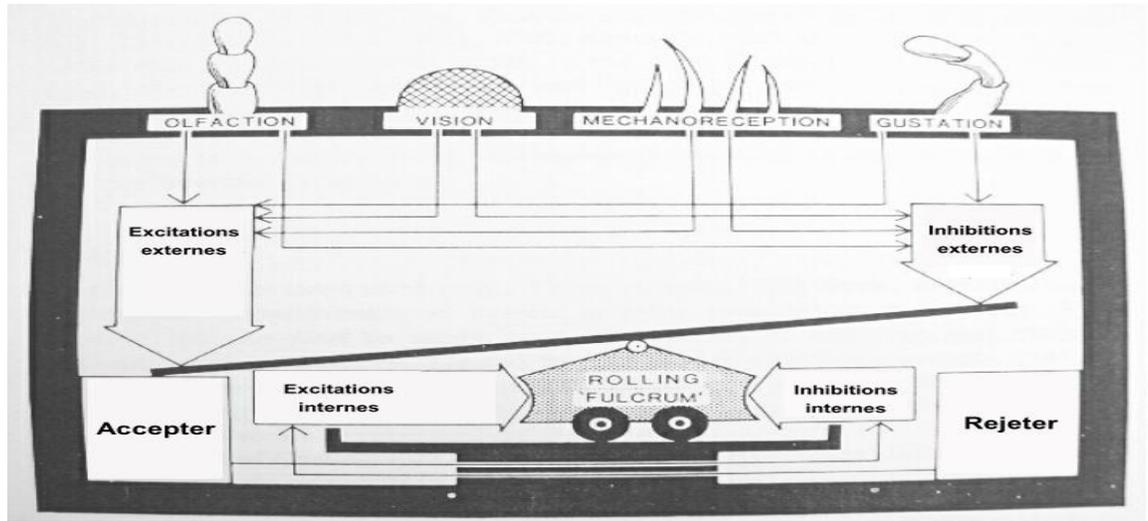


Figure 2.1 : Modèle montrant l'interaction entre stimuli externes (positifs ou négatifs) et internes gouvernant le choix d'un site de ponte chez un insecte phytophage [60].

A partir des informations qu'elle perçoit, la femelle serait capable de déterminer l'acceptabilité d'une plante, c'est-à-dire à quel niveau celle-ci est adaptée pour le développement de sa descendance [59]. Cette acceptabilité est le résultat des stimuli qui gouvernent la sélection de la plante. Il peut s'agir d'une stimulation qui entraîne une réponse comportementale positive ou négative et également d'un choix réel entre plantes [58]. Les stimuli positifs (facteurs chimiques, et physiques stimulants), devraient dominer les stimuli négatifs (barrières physiques, facteurs chimique et physique dissuadant) dans le cas de l'acceptabilité de la plante, alors que sur une plante faiblement acceptable ou rejetée par l'insecte, les stimuli négatifs auraient plus d'importance ou domineraient [55]. C'est au niveau du système nerveux central que la balance entre les stimuli positifs et négatifs s'établirait [61], et qu'en fonction de facteurs internes qui peuvent moduler cet équilibre [55].

2.3. Séquence comportementale aboutissant à la ponte

L'oviposition est l'étape la plus importante dans le cycle reproducteur de l'insecte phytophage. La survie des insectes est largement dépendante de la capacité de la femelle à reconnaître la plante sur laquelle va se nourrir sa descendance et se développer. Le choix de la femelle gravide du support de ponte est primordial, surtout lorsque celle-ci a peu de capacité pour se déplacer du lieu de ponte.

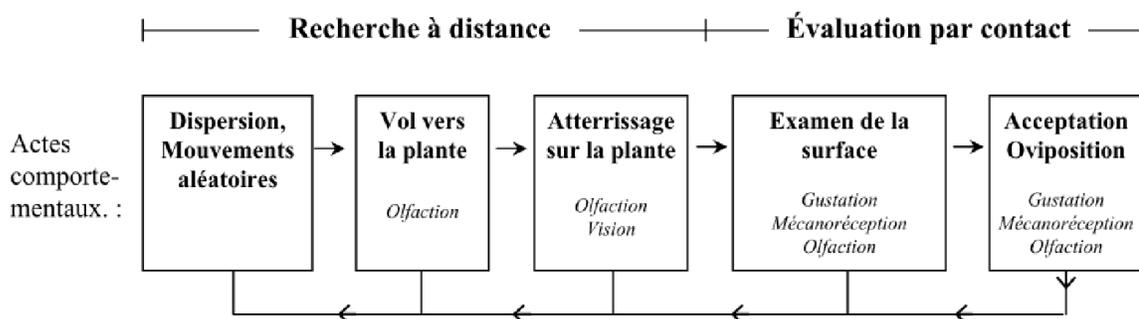


Figure 2.2. Séquence comportementale typique d'un papillon hétérocère nocturne avec les différents actes comportementaux se succédant au cours de la sélection d'une plante hôte. Les modalités sensorielles impliquées sont indiquées en italique [61].

Le dépôt réussi des œufs dépend de séquences comportementales, dont ces derniers se divisent en deux grandes phases comportementales consécutives, séparées par l'atterrissage :

2.3.1. Phase de recherche à distance

Lorsque l'insecte ne perçoit pas la plante, la femelle se déplace au hasard dans l'environnement de la plante qui va l'amener à la localisation à distance d'un signal émis par la plante-hôte (visuel ou olfactif). Ces stimuli déclenchent une série de comportements successifs de recherche orientée (taxis) ou aléatoire (Kinesis) permettant de trouver la plante [62].

D'après Hanover [54], l'oviposition peut être dépendante de la morphologie de certaines structures des plantes par exemple : feuillage, écorce, et fleurs. Comme elle peut être influencée par la perception des couleurs, la forme de la plante, l'intensité spectrale ou la réflectivité, la taille et la silhouette [63].

La localisation visuelle de l'hôte permet aux insectes de retrouver les plantes intéressantes, mais seulement sur de courtes distances. Pour localiser un hôte sur de très longues distance, la perception de substances chimiques, comme les allélochimiques est nécessaire [64].

A une certaine distance de la plante, les odeurs qui en émanent seraient constituées sous forme de poches, perçues par l'insecte comme des bouffées. Ils ne permettraient pas à celui-ci de se diriger directement vers la source [63]. Les stimuli visuels ont un effet de synergie sur l'activité de stimuli chimiques [60]. Bernays et Chapman (1994) [63], ont démontré jusqu'à quelle distance un insecte est capable de percevoir et reconnaître une plante-hôte. Ils ont utilisé comme exemple la mouche d'oignon, qui peut percevoir une odeur jusqu'à 100m de distance.

2.3.2. Phase d'évaluation par contact

Une fois l'insecte à localiser et toucher la plante, il entre dans une phase d'évaluation pour déterminer si le site est acceptable pour l'oviposition. Des contacts répétés de ses tarsi, antennes, ovipositeur et pièces buccales avec la surface de la plante, lui indiquent l'acceptabilité du site et suite à la reconnaissance et à l'acceptation du site, la femelle dépose un ou plusieurs œufs sur la plante. La progression normale ou l'arrêt de l'oviposition est conditionnée par la stimulation des femelles par d'autres stimuli de contact [65].

Durant cette phase, l'insecte se trouve en contact avec un grand nombre de stimuli, d'ordre visuel, tactile (mécanoréception) et chimique par contact qui sont les modalités sensorielles dominantes [56].

Chez la plupart des insectes, qui pondent à la surface des plantes, l'évaluation concerne seulement la perception de stimuli présents en surface. Par contre, chez les insectes qui pondent dans les tissus de la plante, une étape d'évaluation supplémentaire est nécessaire où l'insecte va tester un échantillon des tissus internes (composition chimique, dureté, épaisseur,...) en effectuant des blessures à la surface du végétale [59]. En ce qui concerne le carpocapse, lorsqu'il est au contact avec la surface de la plante-hôte, et après un test de cette surface par des contacts répétés de ses pattes, antennes et ovipositeur, l'insecte tente de percevoir des signaux physiques et chimiques lui indiquent l'acceptabilité du site, pour cela la femelle pond un seul œuf dont d'autres signaux peuvent stimuler la femelle pour continuer la ponte et déposer d'autres œufs [66]. En revanche si la plante ou le site sont rejetés, la femelle revient à une étape comportementale antérieure. Un tel saut en arrière peut aussi se faire au milieu de la séquence comportementale si l'information et les conditions ne sont plus suffisantes pour stimuler la progression normale [61 ; 55].

2.4. Les signaux de la reconnaissance d'un site de ponte

Nicole (2002) [65], signale que lors de la localisation, l'insecte utilise plus particulièrement des informations physiques (visuels et physiques de contact) et chimiques pour entreprendre et poursuivre ou non, les séquences comportementales engagées. Ces informations sont intimement associées [60].

2.4.1. Les facteurs physiques

La sélection d'une plante par un insecte phytophage peut être expliquée en partie par les caractéristiques physiques du site de ponte comme la texture, la

couleur, la forme de la plante ou de l'organe sélectionné. Ceux-ci participeraient à la formation de l'image sensorielle recherchée par la femelle, caractéristique de la plante-hôte [59].

2.4.1.1. Les stimuli visuels

Selon Renwick et Chew (1994) [66], ces stimuli comprenant la qualité spectrale (la sensibilité des insectes se situant entre 350 et 650 nm, proche ultraviolet à rouge), la taille et la forme de la plante prédominent dans la localisation d'un site de ponte chez les papillons diurnes. En revanche chez les papillons nocturnes, comprenant la majorité des hétérocères, leur importance serait bien moindre [56].

2.4.1.2. La vision

Dans la nature, l'orientation de la femelle de *C. pomonella* vers la plante-hôte se fait d'abord à distance à partir des repères visuels (la silhouette de l'arbre) [67,68].

Calatayud et al, [69], signale que *Busseole fuxa* (Fuller) (*Lepidoptera, Noctuidae*) préfère de ne pas pondre sur les plantes qui possèdent des tiges aux diamètres très petits, lorsqu'elle a le choix, parce qu'elles limitent l'insertion convenable de son ovipositeur. Selon Duffield et al. [70], *Chrysophtharta bimaculata* Olivier, choisit son hôte l'eucalyptus, selon la taille des arbres, les arbres significativement plus petits sont les plus attaqués. Dans le même concept, l'abeille domestique, *Apis mellifera* L. (*Hymenoptera, Apidae*), est capable de discriminer morphologiquement les inflorescences de la lavande française, *Lavandula stoechas*. Elle choisit dans une plus grande proportion les grosses inflorescences, donc celles qui contiennent plus de fleurs et par le fait même une plus grande quantité de nectar.

2.4.1.3. La couleur

Selon Schoonhoven et al. (1998) [59], la couleur intervient via les longueurs d'ondes perçues par l'insecte, dont chacun possède un spectre d'action. Ce sont les longueurs d'ondes pour lesquelles la réponse comportementale de l'individu est maximale. Par exemple pour *Pieris brassicae* (*Lepidoptera, Pieridae*) la longueur

d'onde en lumière monochromatique qui provoque un maximum de réponse est de : 450 nm pour la prise de nourriture ; et de 540 nm pour la ponte.

L'action de « tambouriner » la surface foliaire qui intervient dans l'étape finale de sélection est maximale à 550 nm. Les femelles gravides de la piéride du chou sont attirées vers les surfaces vertes [63].

D'après Myers et al, (1981) [71], *Cactoblastis Cactorum* Berg. (Lepidoptera, Phycitidae) choisit les plants de Cactus les plus verts et les plus grands, présentant une bonne activité de photosynthèse. *Delia antiqua* Meigen (Diptera, Anthomyiidae), pond plus d'œufs lorsque les feuilles d'oignon sont jaunes, plutôt que lorsqu'elles prennent d'autres couleurs. Cela ne veut pas dire que tous les insectes phytophages sont attirés par la couleur jaune. Car pour les espèces qui s'alimentent et pondent sur les fleurs elles sont attirées beaucoup plus par le bleu.

2.4.1.4. La couleur et la forme

D'après Bernays et Chapman (1994) [63], l'effet de la forme et de la couleur lors de la sélection de la plante-hôte pourrait être démontré par l'exemple de la mouche des pommes, *Rhagoletis pomonella* (Diptera, Tephritidae). En conditions de choix de formes (rectangle ou sphère), taille et de couleur (jaune, rouge, blanc et noir) la mouche choisit les rectangles jaunes. Dans d'autres travaux les sphères jaunes attirent peu d'insectes, tandis que les sphères rouges et blanches attirent un grand nombre. D'autre part, les insectes ont une réponse positive pour les sphères de petit diamètre. Dans l'ensemble, ce sont les sphères dont le diamètre et la coloration sont proches des pommes consommées par l'insecte qui ont la préférence.

2.4.1.5. Les stimuli physiques de contact

Une fois l'insecte est en contact avec la plante, il obtient des informations additionnelles sur la qualité de la plante qui n'étaient pas accessible pendant les

phases précédentes. A ce niveau, ce sont les stimuli tactiles (mécano-sensoriels) et chimio-sensoriels de contact (gustatif) qui interviennent [59].

Le choix de la plante-hôte, durant cette étape, est influencé par :

- la présence des trichomes et des cires à la surface de la plante ;
- l'épaisseur et la dureté de la feuille.

Ces caractéristiques semblent jouer un rôle d'une barrière défensive primaire contre les ravageurs [72 ; 63 ; 59].

2.4.1.6. Les cires

Les propriétés chimiques et physiques des cires cuticulaires des plantes jouent un rôle critique dans l'interaction entre les plantes et les insectes phytophages. L'étude effectuée par Juma en 2005 montre que chez *Busseola fuxa* (Fuller) (*Lepidoptera, Noctuidae*), la composition des cires cuticulaires de sa plante-hôte exerce une influence sur le processus d'acceptation des femelles pondeuses [70]. Au cours du développement de la plante, la morphologie et la composition des cires changent [63].

Le refus de la plante est dû à l'épaisseur des cires [73]. Au laboratoire, si les cires sont enlevées de ces plantes par un solvant organique, et si elles sont alors présentées à l'insecte, celui-ci va procéder à la palpation de la surface du végétal. Dans les conditions naturelles les nymphes refusent d'ingérer les jeunes feuilles après avoir palpé la plante, par contre pour le feuillage âgé, le contact par les nymphes est suivi immédiatement de l'ingestion. Ceci est confirmé lorsqu'on pratique un enlèvement de la couche de cires épicuticulaires qui recouvrent les jeunes feuilles [74].

2.4.1.7. La texture

Les signaux morphologiques sont par exemple des reliefs comme les nervures ou les crevasses sur les feuilles. Celles-ci peuvent guider la femelle dans le

placement de ses œufs ou bien stimuler un comportement locomoteur particulier de l'insecte [75].

Dès qu'un insecte établit un contact, il rompt les glandes trichomiales, un exsudat clair est sécrété et rapidement transformé par oxydation phénolique en une substance dure qui retient les tarsees [76].

La ponte de *C. pomonella* est influencée par la densité des trichomes, dont cette dernière est corrélée négativement avec la distribution des œufs sur les deux faces foliaires [66].

Les résultats obtenus par Kumar en 1992 montrent que la résistance des cultivars de maïs au *Chylopartellus* sp. (Swinhoe) (Lepidoptera, Pyralidae) est attribuée à la présence des trichomes en grande densité sur la surface des feuilles [70].

2.4.2. Les stimuli chimiques

Les substances constituant l'information chimique sont appelées médiateurs chimiques ou des sémiocimiques [77 ; 78]. Elles complètent l'information physique pour former l'image sensorielle d'une plante-hôte recherchée par l'insecte [55].

A partir des années 60 et 70, ces médiateurs chimiques ont été classés en fonction de leur action comportementale et/ou physiologique exercée sur les êtres vivants [78].

En effet, l'influence de substances produites par des plantes-hôtes et non-hôtes sur la préférence de ponte d'insectes phytophages a été montrée par différentes études [79 ; 80 ; 81 ; 82 ; 83]. Leur classification et définition sont résumées dans la (Fig.2.3) [79 ; 78].

2.5. Les substances volatiles ou faiblement volatiles

Les odeurs perçues à faible distance par un insecte posé sur la plante sont principalement concentrées dans une couche limite d'aire, relativement immobile, d'une épaisseur de 1 à 2 mm à la surface de la plante [63]. Les cires épicuticulaires pourraient relâcher lentement des substances volatiles en favorisant la saturation de cette couche d'aire limite [84], comme elles pourraient aussi adsorber des substances volatiles de l'environnement [85].

Chez le carpocapse et selon [86 ; 87 ; 88 ; 89], l'olfaction joue un rôle très important dans la localisation de la plante-hôte. Plusieurs études montrent l'importance de l'odeur du pommier dans l'attraction des chenilles néonates ainsi que son effet stimulant sur la ponte des femelles mises en cage. Il semble être le facteur principal attractif des femelles au site de ponte [89]. Les fruits et les feuilles du pommier émettent un mélange complexe de composants [90]. Bengtsson et *al*, (2001) [91] montrent qu'il y a 9 composés volatils issus des branches, feuilles et des pommes vertes engendrant des réponses antennaires de *C. pomonella*. Il s'agit du méthyl salicylate, (E)- β - farnésène, fi-caryophyllène, 4,8-diméthyl-1,3(E), 7-nonatriène, (Z)-3-hescénol, (Z,E)- α -farnésène, linalool, germa crène D, et (E,E)- α - farnésène. Les mêmes auteurs signalent que (E, E)- α - farnésène, est le composant le plus important des pommes qui stimule l'oviposition des femelles et l'orientation des larves. Sa production se fait principalement au niveau de l'épiderme et la couche de cire de la pomme [91].

Yan et *al*, [88] mentionnent que les femelles du carpocapse sont attirées au site de ponte par des composés volatils à distance qui peut aller jusqu'à 1.5 cm dans une aire calme [90] et lorsqu'il y a des mouvements d'air, la distance s'agrandit [92]. [88], ajoutent que la présence des substances volatiles du pommier augmente d'une part le début de la libération de la phéromone et d'autre part provoque la maturation des œufs déposés en plus de la stimulation de la ponte chez les femelles gravides.

2.5.1. Les substances de contact non-volatiles

Les substances non-volatiles que l'insecte perçoit par contact seraient imbriquées plus ou moins profondément dans la couche de cires recouvrant la surface du végétale [85]. En effet, divers composés autres que les cires peuvent être dans ces cires épicuticulaires [93], certains pouvant être polaires. Chez les insectes polyphages, qui n'ont pas de comportement spécifique pour rompre la cuticule (Ex. : tambourinage de la surface avec les pattes) et dont l'adulte ne mord pas les tissus, seuls les composés de surface peuvent être perçus au moment de la ponte. L'acceptation ou le rejet d'une plante seraient donc basés sur les composés de surface plutôt que sur la composition interne et la valeur nutritionnelle de la plante pour la descendance [85].

Selon Städler (2002) [84], la concentration des substances actives à la surface des plantes serait très faible et leur distribution ne serait pas uniforme. Ceci expliquerait pourquoi le seuil de sensibilité des chémorécepteurs des insectes est souvent si bas et pourquoi les femelles " inspectent " soigneusement la surface des plantes avant de pondre par des comportements particuliers de marche, de palpation ou d'antennation [85]. A titre d'exemple, des stimulants de ponte identifiés pour la mouche *Delia radicum* (Diptera, Anthomyiidae) peuvent être détectés à partir 10⁻¹¹ M [94] et à partir de 10⁻⁴ M pour le papillon Pieris rapae (Lepidoptera, Pieridae) [55].

2.6. Les métabolites secondaires

Les substances du métabolisme secondaire sont les meilleurs candidats pour " représenter " une plante car elles peuvent être caractéristiques de genres ou de familles de plantes soit par leur qualité, soit par leur dominance quantitative. Ces métabolites secondaires peuvent être définis comme « des composés d'origine végétale qui ne sont pas présents de manière universelle chez les plantes supérieures, mais qui sont restreints à certains taxons, ou se rencontrent chez

certains groupes de plantes à des concentrations plus élevées que dans d'autres, et qui n'ont pas de signification nutritionnelle pour les insectes » [95].

En comparaison avec les métabolites primaires, les métabolites secondaires affichent une large gamme de composants. Il a été estimé que dans le monde végétal sont synthétisés plusieurs centaines de milliers de métabolites secondaires différents, mais seulement 100000 ont été identifiés [59].

Dans le passé et jusqu'à la seconde moitié du XXème siècle, les métabolites secondaires étaient généralement considérés comme des déchets du métabolisme [59]. [96] lançait l'idée que les métabolites secondaires avaient un rôle dans les mécanismes de défense contre les insectes et les ennemis naturels. D'après [84], la majorité des composés identifiés actifs sur l'oviposition d'un insecte phytophage sont caractéristiques de la famille de la plante étudiée et proviennent le plus souvent du métabolisme secondaire (Ex. : glucosinolates, phénols, flavonoïdes, quinones, coumarines, di-, tri- et sesquiterpènes, stéroïdes, saponines, alcaloïdes).

2.7. Les métabolites primaires

Ils constituent la majeure partie de la biomasse végétale. La majorité des métabolites primaires comme les acides aminés, les acides organiques et les acides gras, interviennent dans les processus physiologiques fondamentaux des plantes, comme la biosynthèse des membranes cellulaires, de la cuticule, de protéines enzymatiques et de structure, ils forment une source de nutriments non négligeable pour les organismes herbivores [97].

Plusieurs études ont également montré que des métabolites primaires, sucres, acides aminés, lipides, pouvaient influencer l'oviposition des insectes [98]. Mais, comme ces composés sont ubiquitaires chez les plantes et leur concentration varie en fonction du stade phénologique, de l'âge et de l'état physiologique de la plante en plus des facteurs environnementaux [59]. Le rôle de ces substances pourrait

alors être d'influencer la distribution des œufs entre différents organes ou entre différents individus d'une même espèce végétale hôte [84].

Les métabolites primaires peuvent agir comme autant d'indicateurs de l'espèce, de l'état physiologique, de l'âge ou du stade de croissance de la plante [99].

[100] signalent que les métabolites primaires sont d'origine photosynthétique. Si on fournit au maïs du CO₂ marqué au ¹³C, on ne constate que les substances photosynthétiques formées, comme les sucres solubles, sont marqués au ¹³C. Ces sucres solubles apparaissent à la surface des feuilles dès la fin de fixation du CO₂ par la plante du maïs, et ceci en 30 minutes [58].

En grande partie, l'information biochimique recueillie par l'insecte dépend de la diffusion des métabolites des tissus internes de la plante vers la surface. La barrière ultime régissant cette diffusion est la cuticule et ses propriétés de transfert (Ex. : la perméabilité) [101].

La cuticule est une fine structure extracellulaire protectrice recouvrant l'épiderme foliaire, joue un rôle de première importance dans les transferts s'effectuant entre la plante et son environnement aérien [59]. Les variations entre espèces sont souvent importantes. Elles ne dépendent pas de l'épaisseur des cuticules mais plutôt de leur différence de microstructure et de composition chimique. Ces paramètres interfèrent aussi sur le comportement de l'insecte, son oviposition et le choix de la plante-hôte [85].

La cuticule, par sa structure riche en cires, est une membrane nettement lipophile. Elle présente peu d'affinité pour l'eau et les molécules hydrosolubles [102].

Elle limite les pertes, que ce soient les pertes d'eau par transpiration ou les pertes d'éléments minéraux, dont la transpiration cuticulaire représente en général 5 % de la transpiration foliaire totale [103].

Son épaisseur varie généralement entre 0.1 μm et 20 μm où les cires cuticulaire présentent 1 à 10 % de la cuticule totale [104] cité par [94].

D'après Jeffree (1996) [105], la cuticule est ordonnée en diverses couches qui sont différenciables par leur ontogénie, ultrastructure et composition chimique. De la surface externe vers l'intérieur de la feuille, on distingue les couches suivantes (Figure 2.3) :

- Les cires épicuticulaires (W) (très hydrophobes) ;
- La cuticule proprement dite ou cuticule primaire (CP) ;
- La cuticule secondaire (CL) ;
- La lamelle de pectine (P).

Mehri (1995) [106] , signale que l'origine de ces substances hydrosolubles peut-être diverses :

- ✓ **Endogène** : dans ce cas les substances sont originaires de la cuticule et des tissus foliaires.
- ✓ **Exogène** : les substances provenant du milieu extérieur peuvent être issues du métabolisme des micro-organismes épiphytes, le miellat, de pollen, de poussière.

D'après [84], il semblerait qu'ils proviennent des tissus internes de l'organe où ils seraient stockés dans les vacuoles des cellules sous forme de glyco- ou glucosides (hétérosides) avant d'être transportés dans les espaces intercellulaires aqueux de l'apoplaste. Delà, ils atteindraient les cires épicuticulaires en migrant par diffusion passive à travers la cuticule [104].

Bien que la perméabilité de la cuticule est plus grande pour des substances lipophiles que lipophobes, des composés même assez polaires peuvent être récupérés à la surface de feuilles par l'eau. Ce phénomène est connu sous le nom de " Leaching ", existe naturellement lorsque des substances de la plante sont lessivées par l'eau de pluie, de brouillard ou de rosée [107] .De nombreux composés organiques et inorganiques (sucres, sucres alcools, acides aminés,

acides organiques, phénols, alcaloïdes, K^+ , Ca^{2+} ou Mg^{2+}) peuvent être lessivés quelque fois en grandes quantités à partir de tous les organes de la plante, en particulier lorsqu'ils sont matures et sénescents [107]. Cependant, la cuticule n'est pas une barrière totalement imperméable à la pénétration ou l'extrusion de différents composés. Il existe une perméabilité cuticulaire à l'eau [108], aux gaz [109], aux ions [110] et aux produits phytosanitaires [111] qui ont été abondamment étudiées. La perméabilité au sorbitol a été étudiée par [102].

La cuticule possède un pouvoir discriminant et spécifique dans le passage passif des sucres et acides aminés libres. Les acides gras à chaînes courtes (C_{16} ou C_{18}) favorisent le passage des sucres dès leur biosynthèse dans les tissus, avec une vitesse de 10^{-9} m/sec, sans dépense d'énergie de la part de la plante [58].

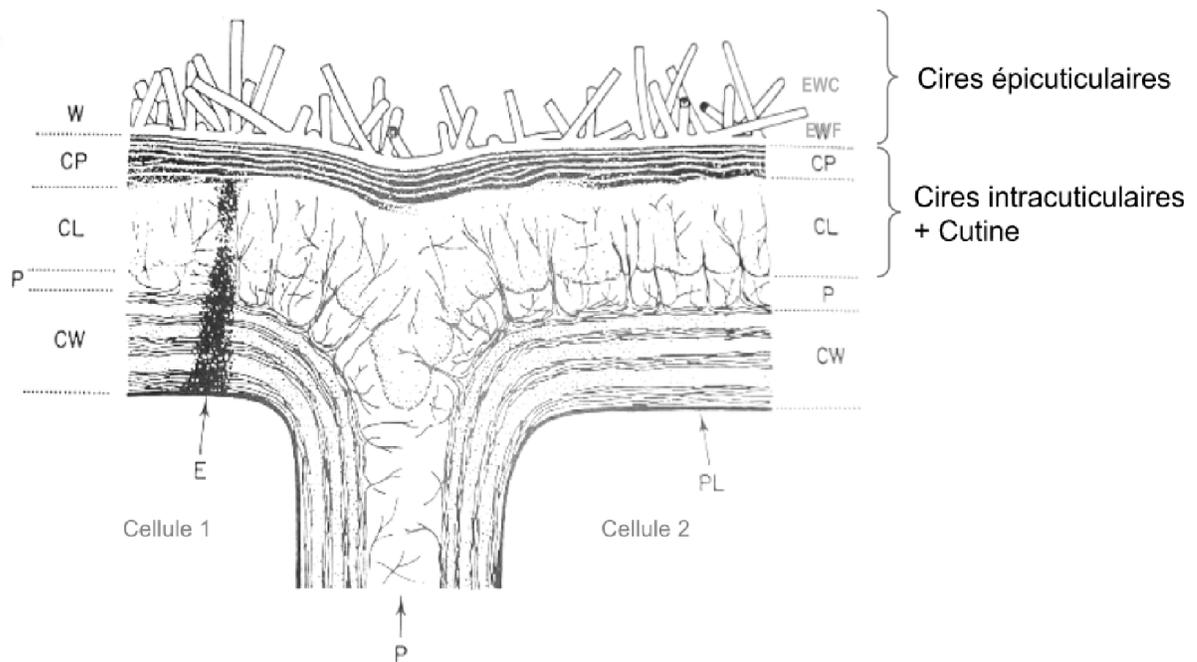


Figure 2.3. Coupe transversale schématisée de la surface d'une plante [106]

Montrant deux cellules de l'épiderme recouvertes par la cuticule, composée de cutine insoluble et de cires intra- et épicuticulaires solubles. Les parois cellulaires (CW) et la lamelle moyenne de pectine (P) sont recouvertes par une cuticule qui se

compose d'une membrane cuticulaire, divisée en lamelle cuticulaire (CL) et cuticule proper (CP), d'un film (EWF) et de cristaux (EWC) de cires épicuticulaires. PL plasmalemme, E ectodesme.

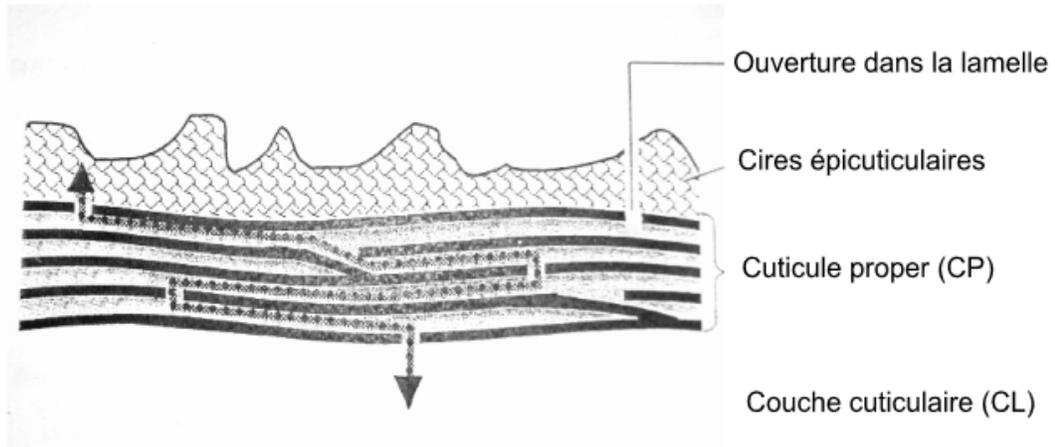


Figure 2.4. : Coupe transversale d'une cuticule de plante [112].

Montrant une voie de diffusion possible pour un composé organique à travers la structure feuilletée de la cuticule propre qui est la principale barrière limitant la perméabilité de molécules vers l'extérieur.

Généralement, une molécule diffuse d'autant mieux à travers la cuticule qu'elle est de petite taille et apolaire. Avec des vitesses de diffusion de l'ordre de quelques nanomètres/seconde. Le niveau de concentration d'une substance en surface semble corrélé avec sa concentration dans l'apoplaste. Pour le glucose, par exemple, la durée de diffusion est de l'ordre de 4 heures [104].

CHAPITRE 3

MATERIEL ET METHODES

3.1. Introduction

Empêcher ou réduire de façon efficace les dommages causés aux productions végétales par les ravageurs phytophages tout en respectant le milieu environnant est une nécessité économique qui s'impose dans tous les systèmes agricoles.

L'Utilisation harmonieuse d'un ensemble de techniques, de façon à créer et maintenir des situations défavorables au développement des populations de ravageurs, au dessus du seuil de nuisance, et qui englobent également les moyens biotechniques de lutte regroupant un ensemble de procédés qui mettent en œuvre des stimuli de nature physique ou chimique en modifiant le comportement des ravageurs dans un sens bénéfique pour la culture [113] .

L'invasion des cultures de tomate par *Tuta absoluta* et les dégâts importants occasionnés ont suscité des questions relatives à son introduction, sa répartition, sa biologie et aux moyens de lutte capables de réduire l'ampleur de ses dégâts en Algérie.

3.2. Objectifs

Les ravageurs et leurs plantes hôtes évoluent dans des agroécosystèmes instables, faces aux impacts climatiques et anthropiques, ils essayent tous, comme étant des êtres vivants, de survivre en procurant leurs habitats, en s'alimentant et en garantissant leurs progénitures.

La plante source de nutrition fournit à un organisme (ravageurs et auxiliaires) les composés chimiques nécessaires qui sont convertis en réserves énergétiques d'une importance capitale dans la survie, le maintien et la reproduction des insectes.

Donc, la qualité de la plante hôte peut en effet expliquer la pullulation des insectes phytophages, ainsi que leur disponibilité en réserves énergétiques et leur capacité de se défendre des agressions.

L'objectif visé dans ce travail est de mettre en évidence les effets par pulvérisation foliaire de deux sucres solubles, le saccharose, et le fructose à trois micro doses sur l'installation de la mineuse de la tomate (*Lycopersicon esculentum*) et la biosynthèse des sucres totaux par la plante.

3.3. Présentation de la région d'étude

3.3.1. Présentation de la station d'étude

3.3.1.1. Situation géographique

La station d'étude (fig.3.1) se situe dans la commune de Touahria, située à 63 mètres d'altitude, à une Latitude de 35° 48' 38" Nord et Longitude: 0° 12' 34", dans la daïra de Mesra, wilaya de Mostaganem. Elle s'étend sur 56 km² et compte 7 593 habitants. Elle est entourée par les communes de Sirat, Mansourah et Bouguirat, [114]

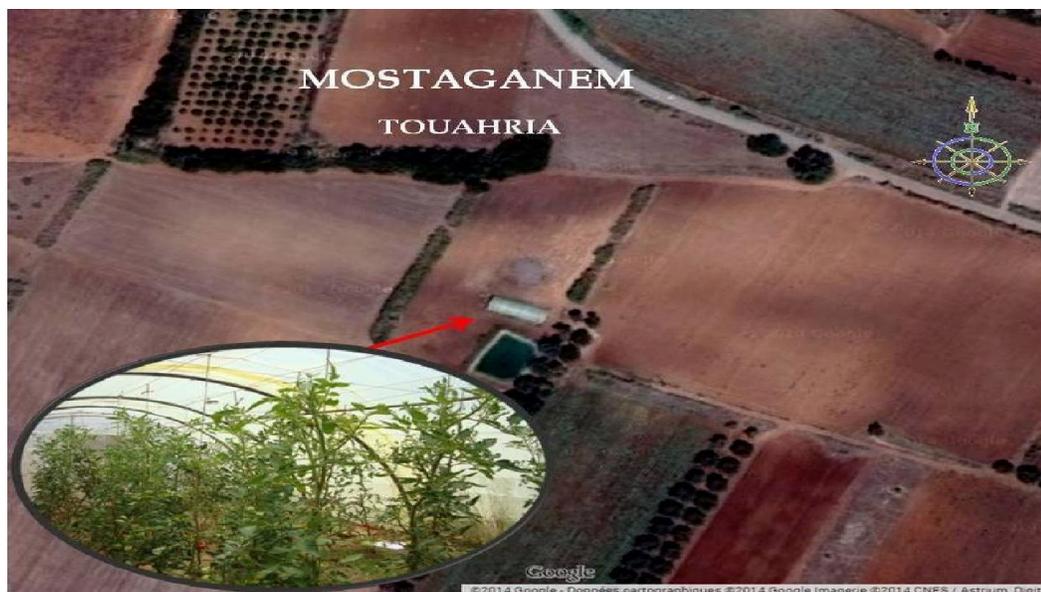


Figure 3.1: Situation géographique de la station d'étude [115]

3.3.1.2. Caractéristiques climatiques

La région de Mostaganem se caractérise par un climat semi-aride, compte tenu de sa proximité de la mer. L'influence de la mer étant limitée à une bande étroite bordant, le littoral. L'influence de la mer se traduit par des températures hivernales élevées et des températures estivales faibles. [116].

3.4. Présentation du dispositif expérimental

3.4.1. Présentation de la parcelle d'étude

Notre étude a été réalisée dans une serre tunnel, de 6 m de long, 4 m de large et 1.5 m hauteur (fig.3.2.). L'abri est couvert d'un film plastique en polyéthylène jaunâtre dont la durée de vie est d'un an.

Le plan d'expérience est constitué de huit micro parcelles (fig.3.2.), distantes de 50 cm, comprenant chacune deux lignes de six plants, espacés de 50 cm entre les

lignes et plants. Le dispositif est représenté par deux micro parcelles témoin et six traitées à raison de deux micro parcelles par micro dose pour chacun des deux sucres appliqués.

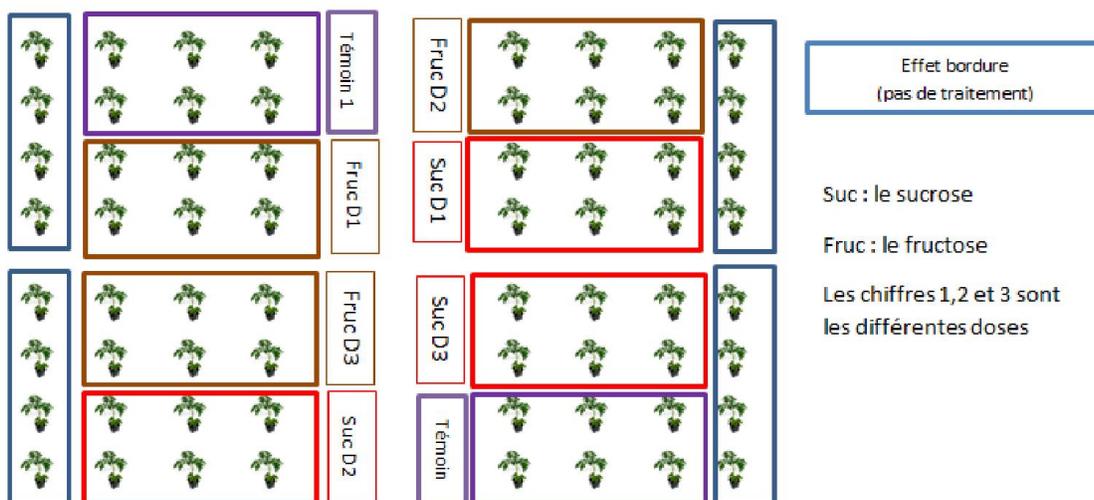


Figure 3.2. : Dispositif expérimental sur la parcelle d'étude

3.5. Matériel d'étude

3.5.1. Matériel biologique

3.5.1.1. Matériel végétal

Notre expérimentation a été effectuée sur une variété de tomate cultivées sous abris serre, la variété Agora. C'est un hybride, à croissance indéterminé. Le plant est vigoureux à croissance rapide, feuillage aéré, enracinement fort. Ses fruits sont moyennement précoces, fermes, d'une couleur régulière uniforme, de calibre très homogène, résistants au virus de la mosaïque du tabac (T.M.V), au Vorticillium, au Fusarium, au Nématodes et au Stemphylium. [119]

3.5.1.2. Matériel animal : La mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*)

Tuta absoluta est considéré comme l'un des ravageurs les plus importants de la tomate [44 ; 43]. Elle constitue un facteur limitant du développement de la culture puisqu'elle peut causer entre 70 % et 100% de pertes [119 ; 120]. Les attaques occasionnées par les chenilles des quatre stades se produisent sur toutes les parties aériennes ; feuilles, fleurs, tiges et fruits [121 ; 122 ; 123 ; 39].

3.5.2. Les traitements appliqués

3.5.2.1. Le fructose :

C'est un sucre simple du groupe des cétooses, que l'on trouve en abondance dans les fruits, le miel et les sécrétions séminales. C'est un hexose (sucre à 6 carbones) (Fig. 3.3) qui présente la même formule brute, décrite par Augustin-Pierre Dubrunfaut en 1847, que ses isomères, en particulier le glucose : $C_6H_{12}O_6$. [117]

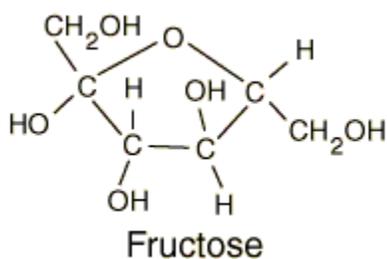


Figure 3.3: Le fructose [117]

3.5.2.2. Le saccharose

C'est un sucre au goût très doux et agréable, très largement utilisé pour l'alimentation, extrait de certaines plantes, principalement de la canne à sucre et de la betterave sucrière, et produit sous forme de petits cristaux blancs. Ce glucide est un disaccharide (Fig. 3.4.) de formule $C_{12}H_{22}O_{11}$ constitué d'une unité glucose (cycle à 6 atomes) et d'une unité fructose (cycle à 5 atomes), isomères de structure $C_6H_{12}O_6$. Son nom chimique est le β -D-fructofuranosyl-(2 \leftrightarrow 1)- α -D-glucopyranoside. [118].

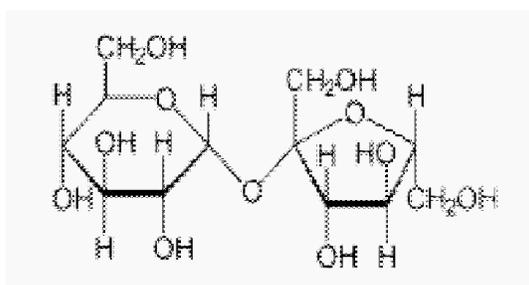


Figure 3.4. : Saccharose (α glucose et β Fructose)

3.6. Méthodologie du travail

3.6.1. Méthodes de préparation et d'application des bioproduits

Les doses de traitement de saccharose et du fructose ont été préparées par dilution à 1 mg/litre d'eau pour la dose, alors que les doubles doses ont été préparées par dilution à 2 mg /litre d'eau et 0. 5mg /litre pour la demi dose.

Trois applications par pulvérisation foliaire des bioproduits ont été effectuées en trois périodes séparées de 20 jours, pendant les stades échelonnés de la floraison et fructification.

3.6.2. Méthode d'échantillonnage et de dénombrement

Nous avons réalisé des prélèvements aléatoires hebdomadaires de deux folioles sur chacun des six plants par micro parcelle ou traitement, afin d'estimer l'effet des bioproduits sur la biosynthèse des sucres totaux et l'abondance globale larvaire, les larves 1 et les œufs de la mineuse de la tomate.

Les prélèvements ont été effectués avant l'application du premier traitement, et tous les sept jours avant et après les deux autres applications de chacun des deux sucres. Au laboratoire, nous avons dénombré sur les folioles prélevés, sous la loupe binoculaire les effectifs en larves, larves de stade 1 et œufs de la mineuse de la tomate durant toute la période d'étude. Ensuite, le matériel végétal recueilli est conservé à basse température (+ 6°C à +8°C°), dans des sachets en papier étiqueté, mentionnant la date de prélèvement, le sucre appliqué, ainsi que la micro dose appliquée, afin de réaliser le dosage des sucres totaux.

3.6.3. Les analyses phytochimiques

3.6.3.1. Extraction et dosage des sucres totaux

Les solubles totaux qui peuvent être représenté par le saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides sont dosés par la méthode de Dubois et *al.* (1956) qui consiste à additionner 3 ml d'éthanol à 80%, à 100 mg de matière végétale fraîche. Le mélange est mis à température ambiante pendant 48 heures. Au moment du dosage, l'éthanol est évaporé par passage à l'étuve à 80°C. L'extrait obtenu est additionné à 10 ml d'eau distillée. Un volume de 0,5 ml de la solution à analyser, est mélangé à 0,5 ml de phénol 5%, auquel nous ajoutons instantanément 2,5 ml d'acide sulfurique concentré 96%. Le mélange doit virer à la couleur jaune orange. Après homogénéisation au vortex, l'échantillon est placé au bain- marie pendant 10 à 20 min à une température de 30°C. La couleur de la solution doit être stable pendant plusieurs heures. L'absorbance est lue à 485 nm.

Les valeurs obtenues sont reportées sur la gamme étalon, à l'aide de l'équation suivant :

$$Y=4,3918 X - 0,1946$$

Y: absorbance

X: quantité des sucres totaux exprimée en mg/g.M.F.

3.7. Les analyses statistiques

Des analyses statistiques des résultats ont été réalisées à l'aide des logiciels PAST vers. 1.37, SYSTAT vers. 12, SPSS 2009 et Excel™, afin de déterminer les effets des différentes micro doses des deux sucres sur l'évolution temporelle de différentes formes biologiques du ravageur, la biosynthèse des sucres totaux par la plante ainsi que l'étude de leur interaction.

3.7.1. Analyse multivariée (PAST vers. 1.37)

Dans le cas de variables quantitatives, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse en composantes principales (A.C.P.). Ainsi, nous avons analysé globalement les variables, effet biocide des différentes micro doses des deux sucres et les paramètres biochimiques, la biosynthèse des sucres totaux.

3.7.2. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (bioproduit, dose, temps), il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.). Dans le cas, où nous voulons connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces catégories. Le déroulement des tests a été réalisé par le logiciel SYSTAT vers. 7, (SPSS 2009).

3.7.3. Corrélation (Excel™)

Elle permet de mettre en évidence la relation entre l'effet des sucres solubles sur l'abondance des différentes formes de la mineuse de la tomate et la biosynthèse des sucres totaux.

CHAPITRE 4

RESULTATS

4.1. Effet du sucrose et du fructose sur la biosynthèse des sucres totaux

4.1.1. Effet temporel sur la biosynthèse des sucres totaux

Les résultats reportés graphiquement sur la figure (4.1) montrent que les trois applications aux différentes doses de sucrose et fructose provoquent un effet contradictoire sur la stimulation de la biosynthèse des sucres totaux de la plante. Le saccharose occasionne par rapport au témoin une majoration de la production des sucres totaux avec l'augmentation des doses, alors que le fructose la diminue beaucoup moins sous l'effet de la demi-dose que de la double dose et la dose.

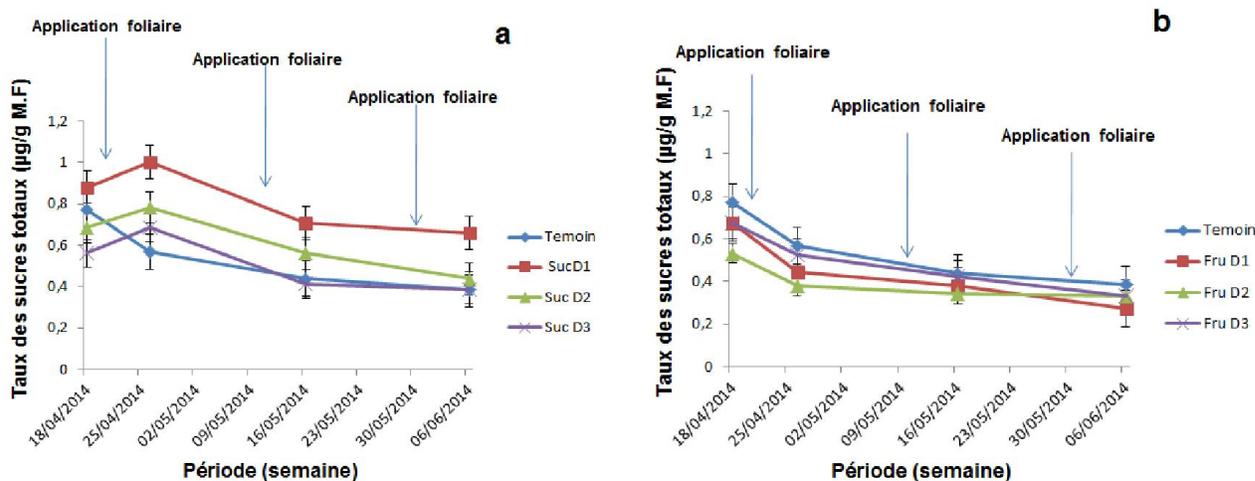


Figure 4.1. : Effet temporel du sucrose et du fructose sur la biosynthèse des sucres totaux

a : saccharose ; b : fructose ; suc : saccharose ; fruc : fructose ; D1 : 20ppm ; D2 : 10ppm ; D3 : 5ppm

Les flèches bleues : les applications foliaires du traitement.

4.1.2. Tendance des variations temporelles des taux sucres totaux sous l'effet des sucres solubles

4.1.2.1. Taux de sucres totaux

L'analyse en composantes principales, effectuée avec le logiciel PAST, à partir de taux de sucres totaux est satisfaisante pour l'ensemble des paramètres étudiés dans la mesure où plus de 80% de la variance est exprimée sur les 2 premiers axes.

La projection de taux de sucres totaux en vecteurs sur l'axe 1 (80,67%) (Fig.4.2) montre que l'effet des trois doses D1, D2 et D3 du sucrose et du fructose est corrélé négativement au temps T1 et T2. Cette tendance est vérifiée par les valeurs négatives du coefficient de corrélation de PEARSON.

La projection des mêmes données sur l'axe 2 (18,36%), montre que la biosynthèse des sucres totaux évolue différemment en deux groupes (Fru_D1, Fru_D2, Fru_D3, Témoin et Suc_ D1, Suc_ D2, Suc_ D3), faisant ressortir une corrélation négative de l'effet des trois doses du sucrose par rapport aux trois doses du fructose et du témoin.

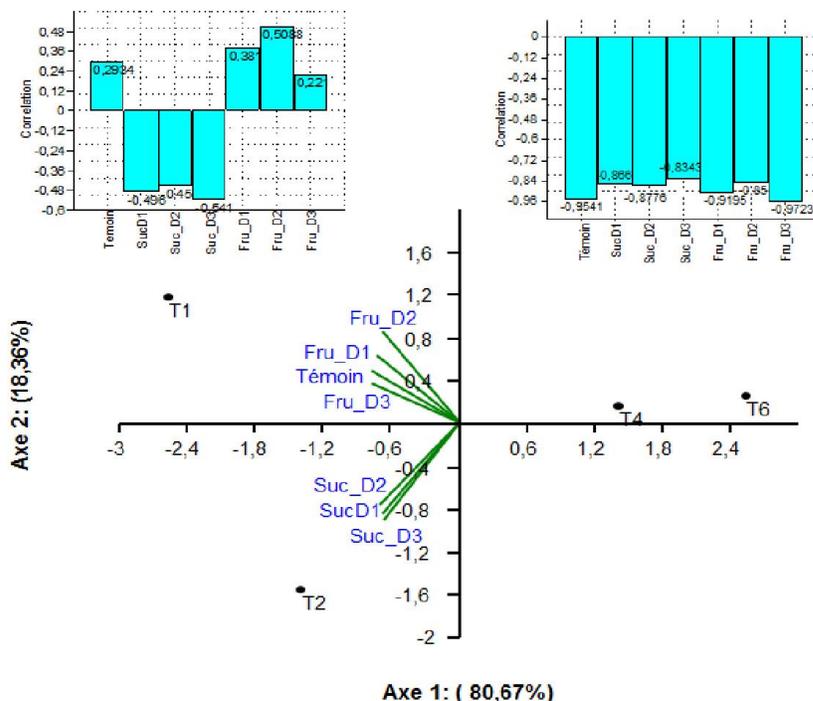


Figure 4.2 : Analyse multivariée «ACP» représentant la biosynthèse des sucres totaux sous l'effet des différentes doses de saccharose et du fructose.

4.1.3. Effet comparé sur la biosynthèse des sucres totaux

Nous avons utilisées le modèle général linéaire (G.L.M), de manière à étudier la variation temporelle de la biosynthèse des taux de sucres totaux sous l'effet du saccharose et du fructose à différentes doses. Les résultats consignés dans le tableau (4.1) et la figure (4.3) montrent que les facteurs temps et produits (sucrose et fructose) influencent très significativement la biosynthèse des sucres totaux. Cette différence est réconfortée par les valeurs des probabilités associées (F.ratio=11,158, $p=0,000$, $p<0,01$), (F.ratio=11,870, $p=0,000$, $p<0,01$) (Tableau 2). Le facteur dose présente également une différence significative (F.ratio=3,736, $p=0,042$, $p<0,05$). De même, les résultats graphiques précisent que la biosynthèse des sucres totaux diminue temporellement ($p=0,000$; $p<0,01$) beaucoup plus sous l'effet des doses D2 et D3 fructose.

Tableau 4.1: Modèle G.L.M. appliqué à l'effet des sucres solubles sur la biosynthèse des sucres totaux

	somme des	D.D.L	moyenne des	F.ratio	P
source	carres		carres		
produit	0,262	2	0,131	11,87	0.000
dose	0,082	2	0,041	3,736	0,042
temps	0,369	3	0,123	11,158	0.000
Var. Intra	0,220	20	0,011		

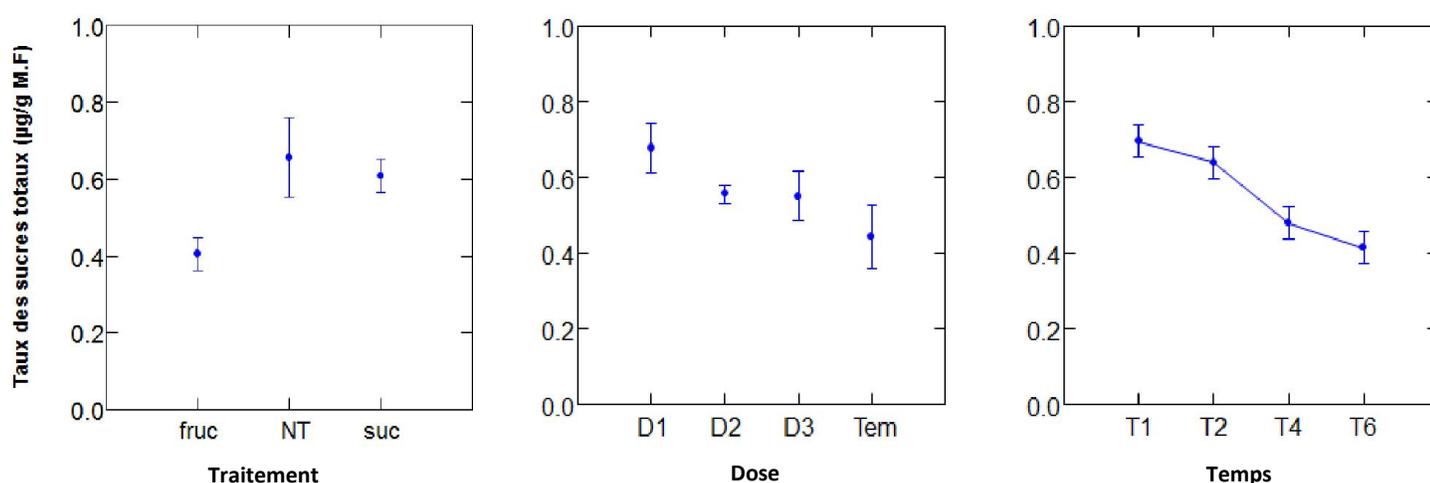


Figure 4.3 : Effet comparé sur la biosynthèse des sucres totaux

Fruc :fructose ;NT : non traité ; suc :saccharose ; D1 :20ppm ;D2 :10ppm ;D3 :5ppm;Tem:témoin ;T1:le temps avant traitement ;T2:après une semaine de la 1ere application du sucre;T4: après une semaine de la 2eme application du sucre;T6: après une semaine de la 3eme application du sucre

4.2. Effet du saccharose et du fructose sur l'abondance de *Tuta absoluta*

4.2.1. Abondance globale

4.2.1.1. Evolution temporelle des abondances

Les résultats graphiques de la figure (4.4) présentent une diminution remarquable de l'abondance globale après l'application des différentes doses de sucrose, mais les doses 1 et 2 paraissent avoir un effet plus marqué que celui de la dose 3 et du témoin. (Fig. 4.4 a). Par contre, l'effet de la demi-dose (D3) du

fructose apparait le plus important par rapport à celui de la dose (D2) et la double dose (D1) et au témoin. (Fig. 4.4. b)

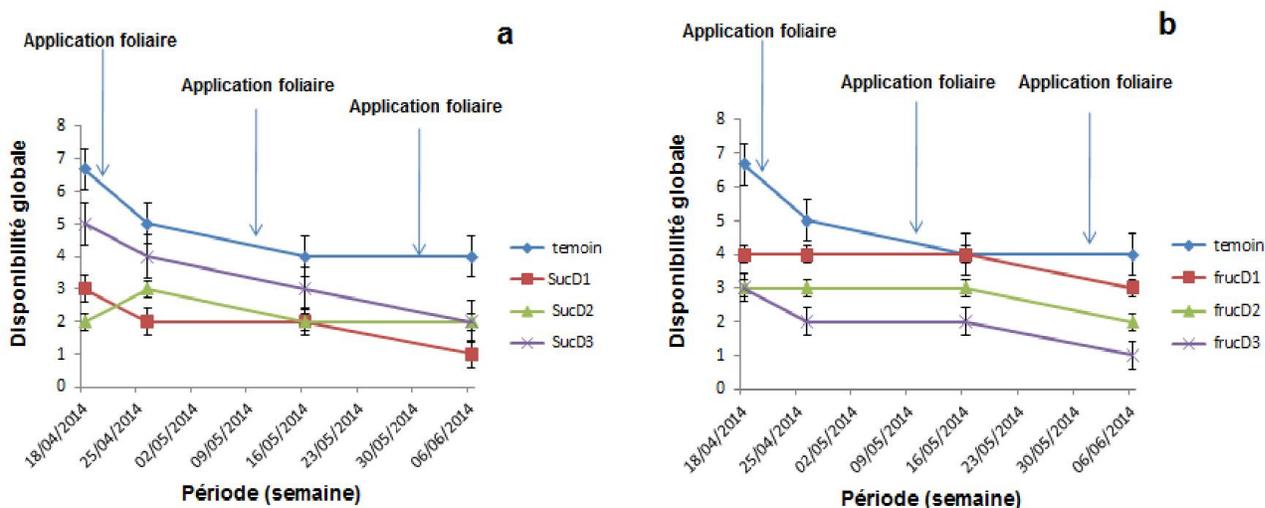


Figure 4.4: Evolution temporelle des abondances de *Tuta absoluta* sous l'effet du saccharose et du fructose

a : sucrose ; b : fructose ; suc : saccharose ; fruc : fructose ; D1 : 20ppm ; D2 : 10ppm ; D3 : 5ppm

Les flèches bleues : les applications foliaires du traitement

4.2.1.2. Effet comparé sur l'abondance globale

L'analyse de la variance type GLM présente une différence non significative pour les facteurs produits ($p=0,506$; $p>0,05$) et doses ($p=0,109$; $p>0,05$) sur l'abondance globale de *T. absoluta*. Malgré cela, les résultats graphiques de la figure (4.5) montrent que la double dose (D1) des deux sucres exerce un effet marginale par rapport à la dose (D2) et la demi-dose (D3) sur la diminution significative de l'abondance globale temporelle de *T. absoluta* ($p=0,018$; $p<0,05$).

Tableau 4.2: Modèle G.L.M. appliqué à l'effet des sucres solubles sur l'abondance globale de *Tuta absoluta*

	somme des	D.D.L	moyenne des	F.ratio	P
source	carres		carres		
produit	0,375	1	0,375	0,460	0,506
dose	5,625	3	1,875	2,298	0,109
temps	10,429	3	3,476	4,260	0,018
Var. Intra	16,321	20	0,816		

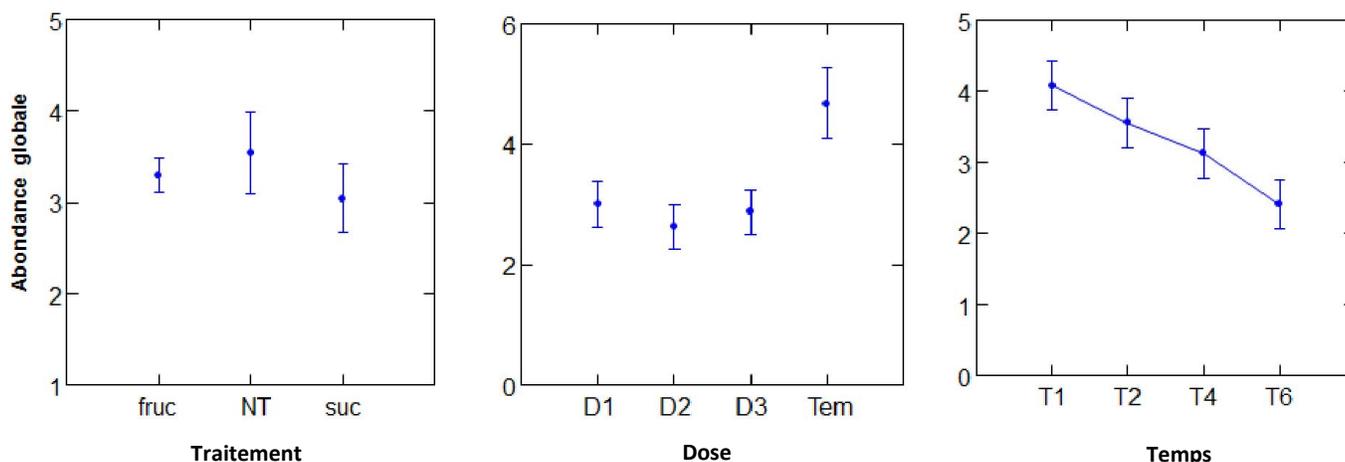


Figure 4.5 : Effet comparé sur l'abondance globale

Fruc :fructose ;NT : non traité ; suc :saccharose ; D1 :20ppm ;D2 :10ppm ;D3 :5ppm;Tem:temoin ;T1:le temps avant traitement ;T2:après une semaine de la 1ere application du sucre;T4: après une semaine de la 2eme application du sucre;T6: après une semaine de la 3eme application du sucre

4.2.2. Abondance des œufs

Les résultats reportés graphiquement sur la figure (4.6) montrent que les différentes doses de saccharose ont un effet plus ou moins marqué sur l'abondance des œufs de *T. absoluta*. Mais, il ressort que malgré sa tardivité d'efficacité, la dose (D2) est celle qui entraîne la plus importante diminution de l'abondance des pontes, comparée à la demi-dose (D3) et la double dose (D1).

Les traitements au fructose révèlent également une variabilité d'efficacité selon les doses. Mais, il s'avère que malgré la précocité d'effet de la demi-dose (D3) par

rapport aux autres doses, elle est temporellement plus efficace que la dose (D2) sur l'abondance des œufs. Alors que la double dose (D1) dont l'effet est moins marquée, fini par devenir inférieur à celui du témoin (Fig.4.6. b).

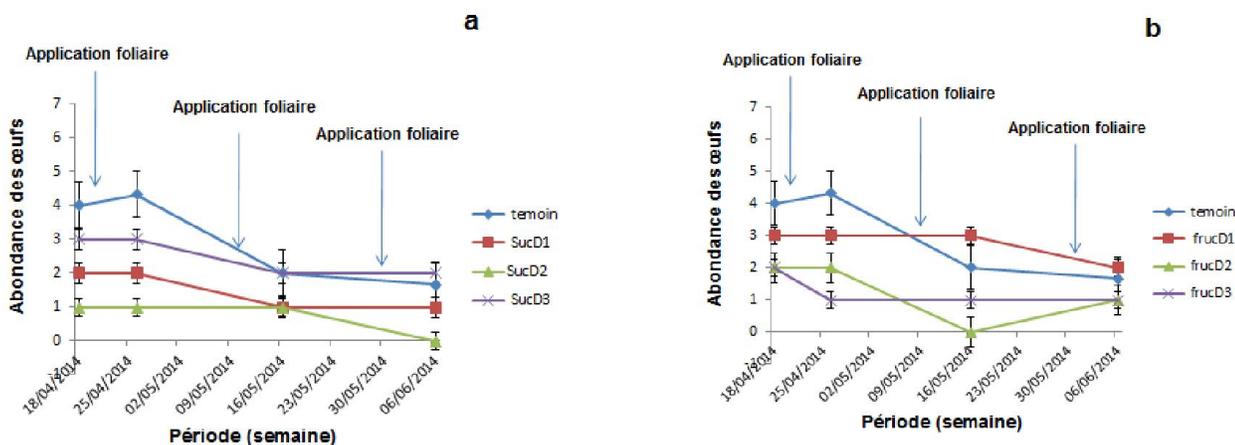


Figure 4.6 : Evolution temporelle des œufs de *Tuta absoluta* sous l'effet du saccharose et du fructose

a : saccharose ; b : fructose ; suc : saccharose ; fruc : fructose ; D1 : 20ppm ; D2 : 10ppm ; D3 : 5ppm

Les flèches bleues : les applications foliaires des traitements

4.2.2.1. Effet comparé sur les œufs de *Tuta absoluta*

L'analyse de la variance type GLM présente une différence significative pour les facteurs temps ($p=0,013$; $p<0,05$) et doses ($p=0,018$; $p<0,05$). En effet, les résultats graphiques de la figure (4.7) montrent une diminution temporelle des pontes *T. absoluta* sous l'effet de la dose (D2) des deux sucres ($p=0,757$; $p>0,05$) par rapport aux deux autres doses et au témoin.

Tableau 4.3 : Modèle G.L.M. appliqué à l'effet des sucres solubles sur l'abondance des œufs de *Tuta absoluta*

source	somme des carres	D.D.L	moyenne des carres	F.ratio	P
produit	0,321	2	0,16	0,28	0,756
dose	5,583	2	2,792	4,942	0,018
temps	7,841	3	2,614	4,627	0,013
Var. Intra	11,298	20	0,565		

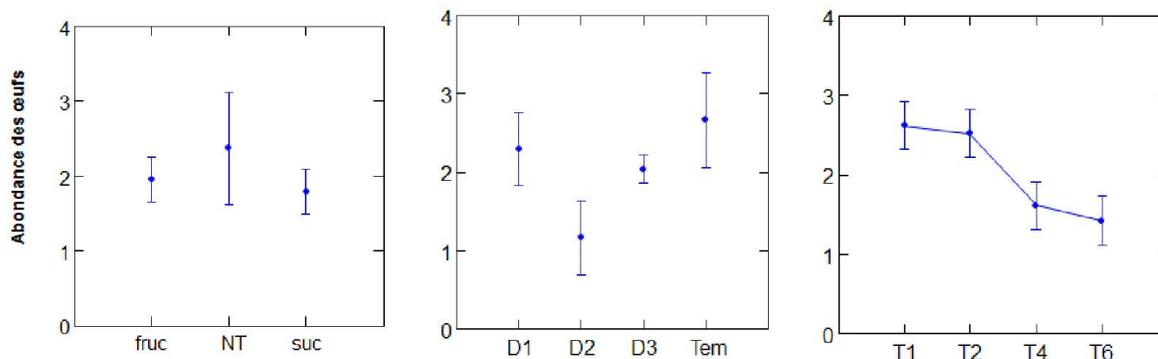


Figure 4.7 : Effet comparé sur les œufs de *Tuta absoluta*

Fruc :fructose ;NT : non traité ; suc :saccharose ; D1 :20ppm ;D2 :10ppm ;D3 :5ppm;Tem:témoin ;T1:le temps avant traitement ;T2:après une semaine de la 1ere application du sucre;T4: après une semaine de la 2eme application du sucre;T6: après une semaine de la 3eme application du sucre

4.2.3. Abondance des Larves L1

Les résultats reportés graphiquement sur la figure (4.8) montrent que l'abondance des larves L1 est faible aussi bien sur les plants témoin que ceux traités aux trois doses de saccharose (Fig.4.8.a). Mais, par rapport au témoin, les doses D1 et D2 ont un effet plus précoce que la D3.

Par contre, la dose D3 du fructose s'avère celle qui influence le plus l'abondance larvaire par rapport aux doses D1 et D2 qui paraissent n'ayant aucun effet, comparé au témoin. (Fig.4.8.b)

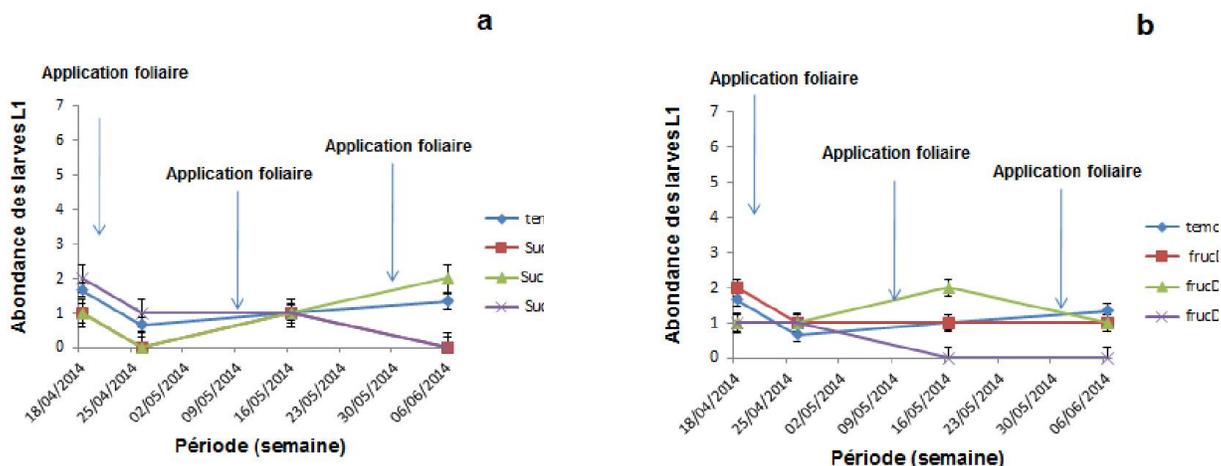


Figure 4.8 : Evolution temporelle des larves L1 de *Tuta absoluta* sous l'effet du saccharose et du fructose

a : saccharose ; b : fructose ; suc : saccharose ; fruc : fructose ; D1 : 20ppm ; D2 : 10ppm ; D3 : 5ppm

Les flèches bleues : les applications foliaires du traitement

4.2.3.1. Effet comparé sur les larves L1 de *Tuta absoluta*

L'analyse de la variance type GLM (Fig.4.9) présente une différence non significative entre les facteurs produits ($p=0,513$; $p>0,05$) et doses ($p=0,559$; $p>0,05$). Malgré cela, il apparait que le saccharose présente une efficacité marginalement plus marquée à celle du témoin et du fructose. Les doses deux sucres ont un effet également marginal sur l'abondance larvaire, mais marquée sous la D3 que la D1. Alors que la D2 montre une efficacité qui se rapproche de celle du témoin.

L'abondance des larves (Figure 4.9), diminue sous l'application foliaire des sucres. Il est intéressant de constater une diminution de l'abondance des larves après la première application (T2) et la 3eme application (T6).

Tableau 4.4 : Modèle G.L.M. appliqué à l'effet des sucres solubles sur l'abondance des larves L1 de *Tuta absoluta* :

	somme des	D.D.L	moyenne des	F.ratio	P
source	carres		carres		
produit	0,167	1	0,167	0,444	0,513
dose	0,798	3	0,266	0,708	0,559
temps	2,127	3	0,709	1,888	0,164
Var. Intra	7,512	20	0,376		

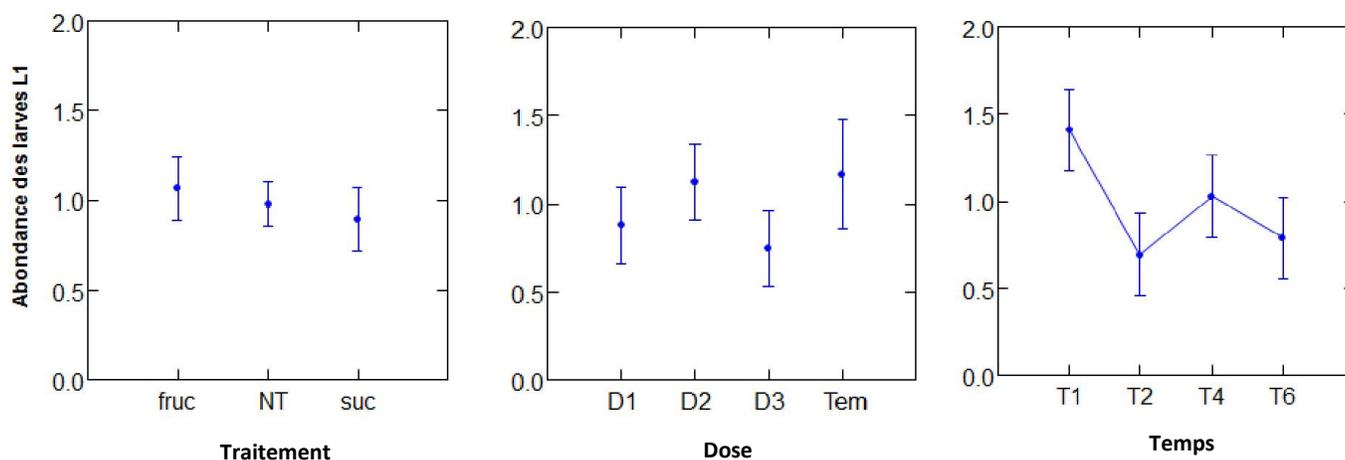


Figure 4.9 : Effet comparé sur les larves L₁ de *Tuta absoluta*

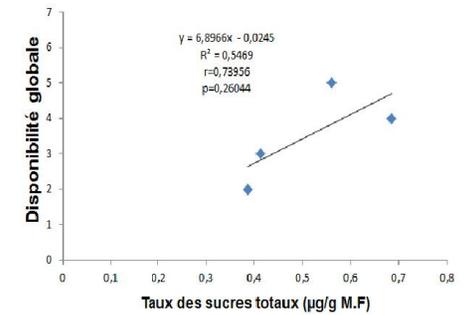
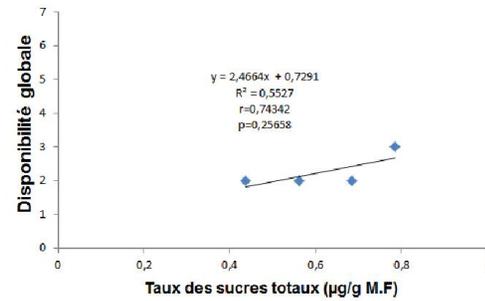
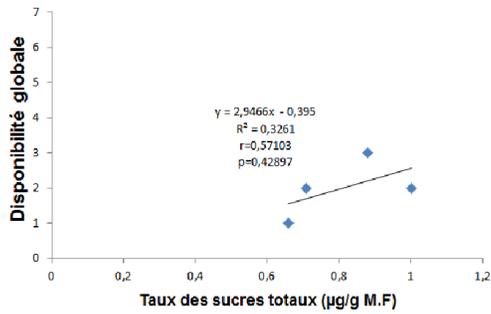
Fruc :fructose ;NT : non traité ; suc :saccharose ; D1 :20ppm ;D2 :10ppm ;D3 :5ppm;Tem:temoin ;T1:le temps avant traitement ;T2:après une semaine de la 1ere application du sucre;T4: après une semaine de la 2eme application du sucre;T6: après une semaine de la 3eme application du sucre

4.3. Relation de la biosynthèse des sucres totaux et de la disponibilité de *Tuta absoluta* sous l'effet du saccharose et du fructose

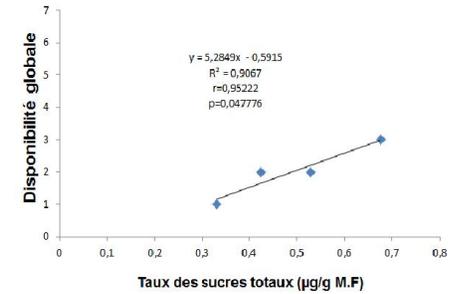
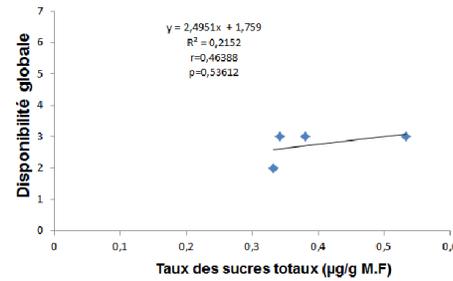
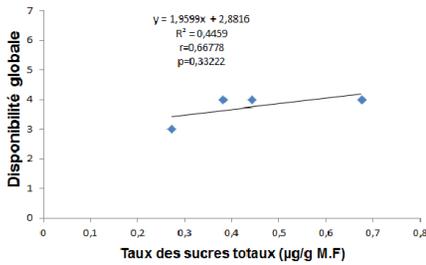
4.3.1. La disponibilité globale

Les résultats reportés graphiquement sur la figure (4.10) montrent une corrélation positive entre le taux des sucres totaux et la disponibilité globale de *T. absoluta* sous l'effet des trois doses D1 ($r=0,571$), D2 ($r=0,743$) et D3 ($r=0,739$) de saccharose et du fructose D1 ($r=0,667$), D2 ($r=0,463$) et D3 ($r=0,952$).

Saccharose



Fructose



Témoïn

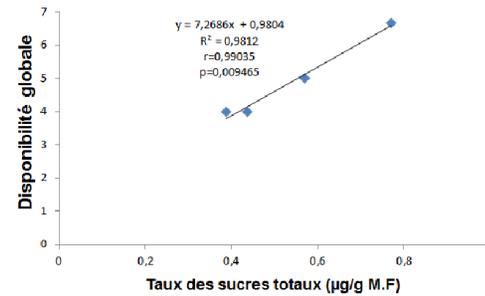


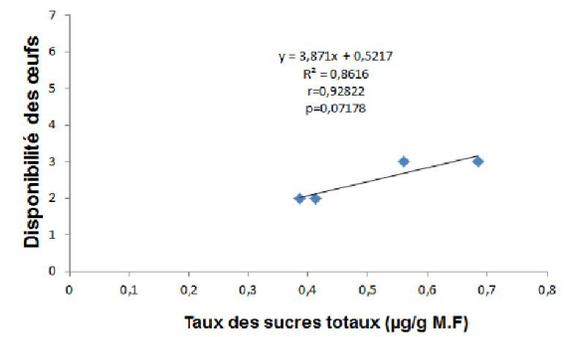
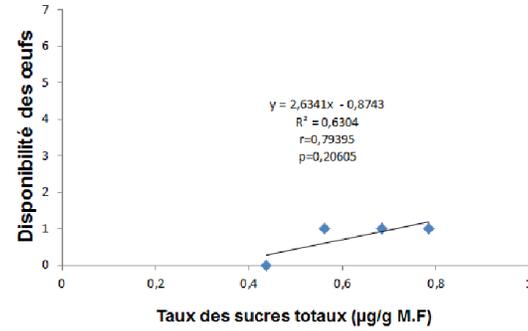
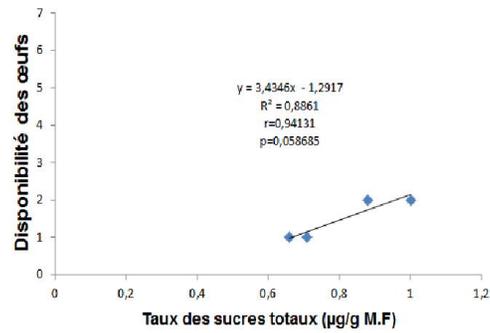
Figure 4.10 : Relation de la biosynthèse des sucres totaux et de la disponibilité globale de *Tuta absoluta* sous l'effet de

saccharose et du fructose

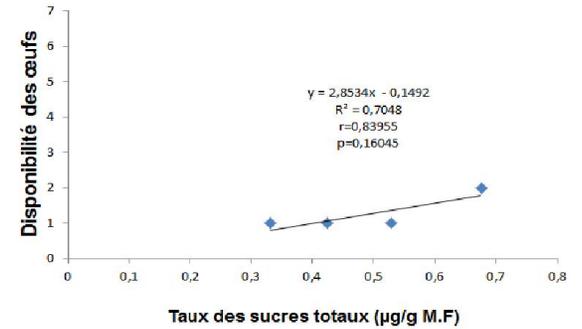
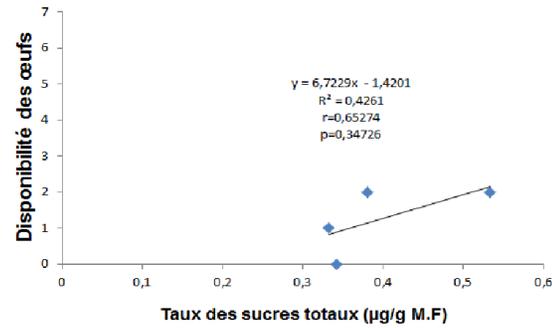
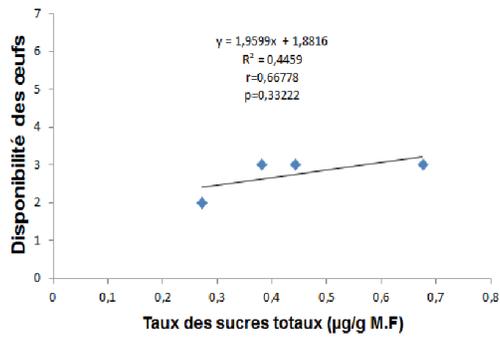
r =coefficient de corrélation de PEARSON

p = probabilité associé

Saccharose



Fructose



Témoin

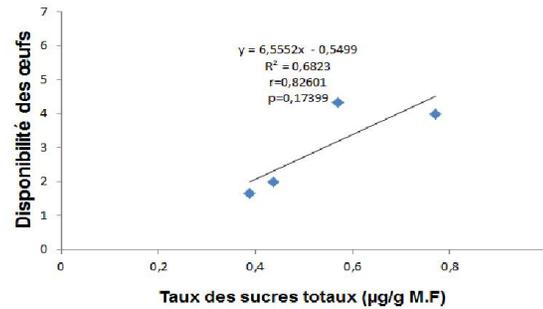
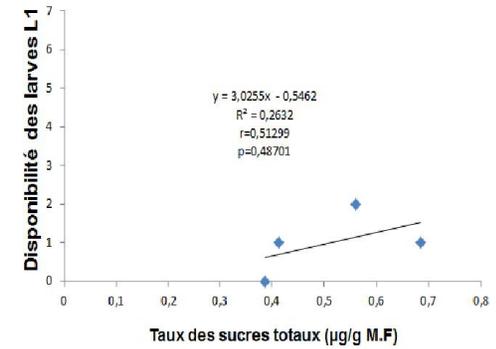
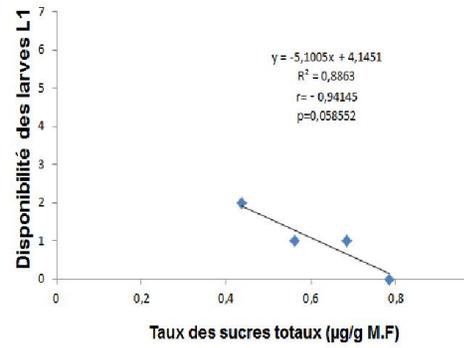
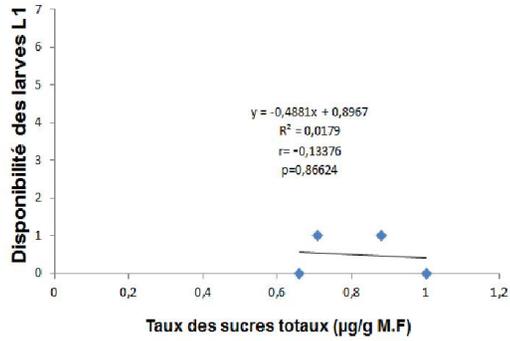


Figure 4.11: Relation de la biosynthèse des sucres totaux et de la disponibilité des œufs de *Tuta absoluta* sous l'effet du saccharose et du fructose.

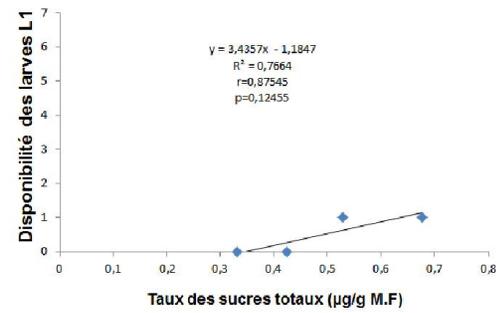
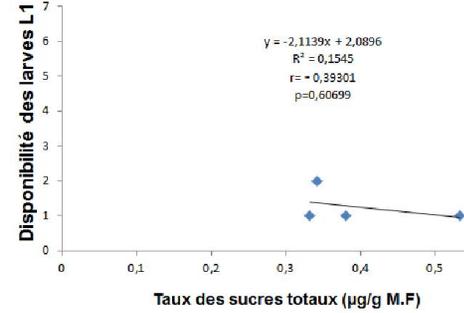
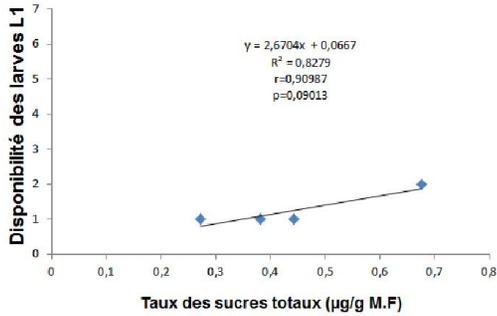
r =coefficient de corrélation de PEARSON

p = probabilité associé

Saccharose



Fructose



Témoin

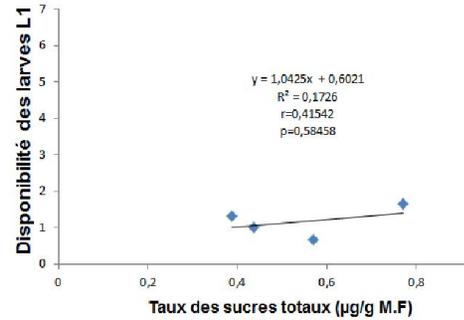


Figure 4.12: Relation de la biosynthèse des sucres totaux et de la disponibilité des larves L1 de *Tuta absoluta* sous l'effet du saccharose et du fructose

r=coefficient de corrélation de PEARSON

p= probabilité associé

4.3.2. La disponibilité des œufs de *Tuta absoluta*

Les résultats reportés graphiquement sur la figure (4.11) montrent une corrélation positive entre le taux des sucres totaux et la disponibilité globale de *T. absoluta* sous l'effet des trois doses D1 ($r=0,941$), D2 ($r=0,793$) et D3 ($r=0,928$) du sucrose et du fructose D1 ($r=0,667$), D2 ($r=0,652$) et D3 ($r=0,839$).

4.3.3. La disponibilité des larves L1 de *Tuta absoluta*

Les résultats graphiques de la figure (4.12) montrent une corrélation positive entre le taux des sucres totaux et la disponibilité des larves L1 de *T. absoluta* sous l'effet de la dose D3 ($r=0,512$) du saccharose, une corrélation négative sous l'effet de la dose D2 ($r=-0,941$) et aucune corrélation sous l'effet de la dose D1 ($r=-0,133$).

Le fructose induit une corrélation positive entre le taux des sucres totaux et la disponibilité des larves L1 de *T. absoluta* sous l'effet des doses D1 et ($r=-0,39$) est notée entre le taux des sucres totaux et la disponibilité des larves L1 sous l'effet de la dose 2 du fructose.

4.4. Répartition temporelle de *Tuta absoluta* sous l'effet des doses deux sucres:

Les résultats reportés sur le tableau (4.5) montrent que le type de répartition temporelle des populations (œufs et larves) de *T. absoluta* varie selon les sucres, les doses et les fréquences d'application entre uniforme, régulière et contagieuse.

Tableau 4.5: Type de répartition temporelle des populations de la mineuse de la tomate sous l'effet de différentes doses de saccharose et fructose.

			Avant traitement	1 ^{ère} Application	2 ^{ème} Application	3 ^{ème} Application
LE TEMOIN	Non Traité	Total	05.66	05.00	03.00	03.00
		Moy.	2.83	2.50	1.50	1.50
		S ²	1.65	4.20	0.37	0.04
		S ² /M	0.58	1.68	0.25	0.02
		(n-1)*S ² /m	4.08 ^{NS}	11.76 ^{NS}	1.75**	0.19 ^{NS}
LE SUCROSE	La Double Dose	Total	03.00	02.00	02.00	01.00
		Moy.	1.50	1.00	1.00	0.50
		S ²	0.37	2.00	0.00	0.00
		S ² /M	0.25	2.00	0.00	0.00
		(n-1)*S ² /m	1.75**	14.00 ^{NS}	0.00 ^{NS}	0.00 ^{NS}
	La Dose	Total	2.00	1.00	2.00	2.00
		Moy.	1.00	0.50	1.00	1.00
		S ²	0.00	0.00	0.00	2.00
		S ² /M	0.00	0.00	0.00	2.00
		(n-1)*S ² /m	0.00 ^{NS}	0.00 ^{NS}	0.00 ^{NS}	14.00 ^{NS}
	La Demi Dose	Total	5.00	4.00	3.00	2.00
		Moy.	2.50	2.00	1.50	1.00
		S ²	0.31	1.33	0.37	2.00
		S ² /M	0.12	0.66	0.25	2.00
		(n-1)*S ² /m	0.87***	4.66 ^{NS}	1.75**	14.00 ^{NS}
LE FRUCTOSE	La Double Dose	Total	5.00	4.00	4.00	3.00
		Moy.	2.50	2.00	2.00	1.50
		S ²	0.31	1.33	1.33	0.37
		S ² /M	0.12	0.66	0.66	0.25
		(n-1)*S ² /m	0.87***	4.66 ^{NS}	4.66 ^{NS}	1.750**
	La Dose	Total	3.00	3.00	2.00	2.00
		Moy.	1.50	1.50	1.00	1.00
		S ²	0.37	0.37	2.00	0.00
		S ² /M	0.25	0.25	2.00	0.00
		(n-1)*S ² /m	1.750**	1.750**	14.00 ^{NS}	0.00 ^{NS}
	La Demi Dose	Total	3.00	2.00	1.00	1.00
		Moy.	1.50	1.00	0.50	0.50
		S ²	0.37	0.00	0.00	0.00
		S ² /M	0.25	0.00	0.00	0.00
		(n-1)*S ² /m	1.75**	0.00 ^{NS}	0.00 ^{NS}	0.00 ^{NS}

NS : Non significative * : faiblement significative ** : significative *** : hautement significative

L'effet des différentes doses des deux sucres sur la répartition des populations reportés graphiquement (fig.31) est contrarié. En effet, les plants traités aux fortes

doses de sucrose (double dose, dose) présentent une tendance de répartition plus ou moins précoce, de type uniforme, par rapport à ceux traités à la demi dose qui montrent une répartition régulière. Par contre, ceux traités à la forte dose fructose développent une répartition de type régulière, par rapport à ceux traités aux plus faibles doses (dose, demie dose) dont le type de répartition passe de régulière à uniforme. La tendance à la contagion des infestations reste absente (D3S, D1f, D3f) ou très insignifiante ($(n-1) \cdot S^2/m$: non significative) sous l'effet uniquement des traitements (D1S, D2S, D2f).

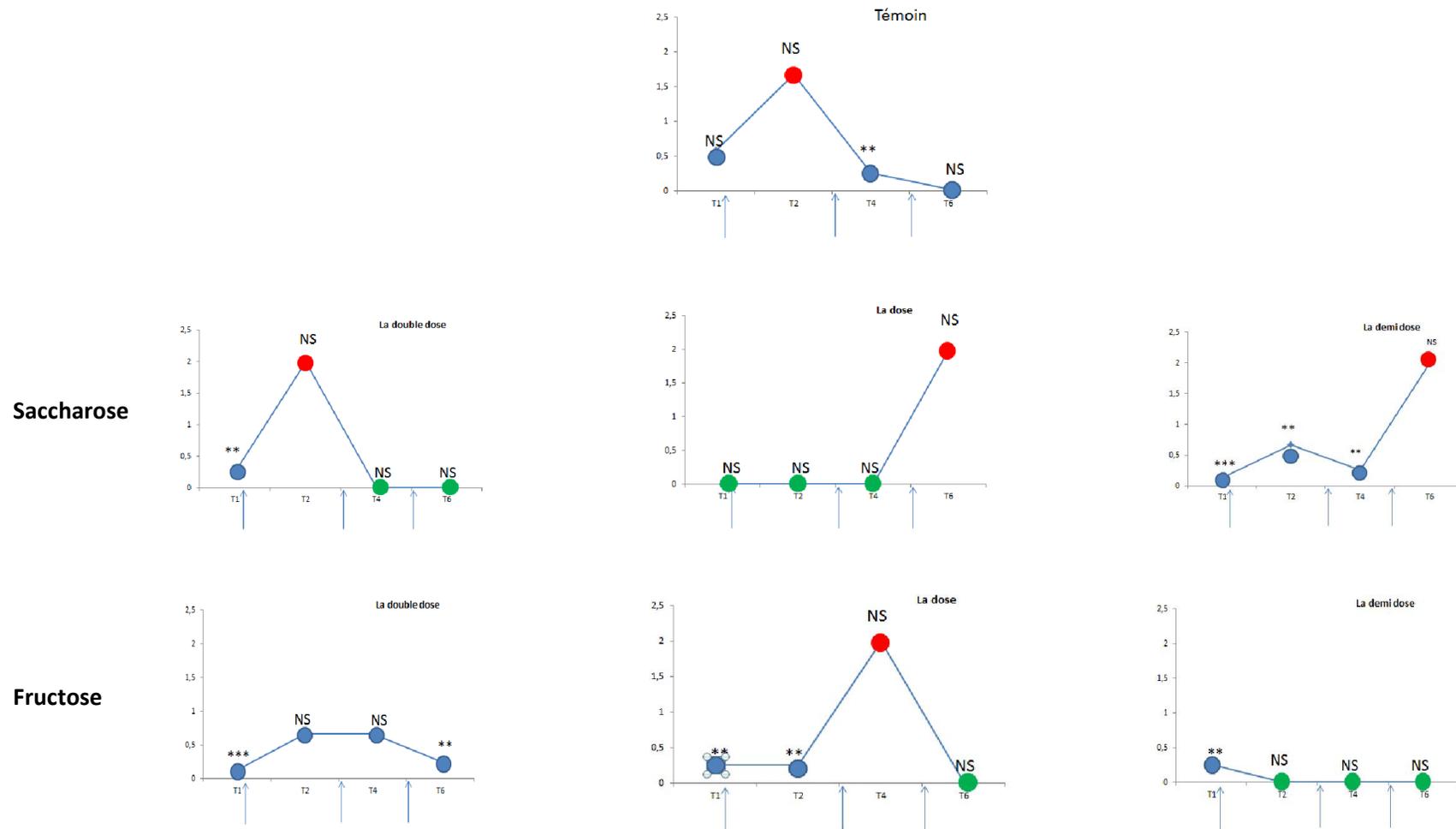


Figure 4.13: Type de répartition des populations de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* sous l'effet de différentes doses de sucrose et fructose.

● : Uniforme ● : régulière ● : contagieuse

CHAPITRE 5

DISCUSSION

L'utilisation intensive des insecticides a fait apparaître des résistances de l'insecte, ce qui entraîne une baisse d'efficacité des produits [124]. Même si la tendance actuelle est de réduire la dose des matières actives dans les préparations commerciales, les quantités moyennes de pesticides épandues par hectare restent fortes [125]. Les méthodes de lutte biologique, quant à elles, en plus de leur coût élevé, sont inefficaces au niveau d'infestation atteint très élevé.

Aujourd'hui, il est urgent de développer de nouvelles méthodes appropriées et complémentaires de la protection des cultures, prendre en considération la protection de l'environnement et de la santé humaine. Il est fondamental de mieux comprendre les relations existantes entre les insectes ravageurs et leurs plantes hôtes pour la mise œuvre de nouvelles pratiques agricoles intégrant une gestion rationnelle des organismes nuisibles.

L'objet de notre étude vise à vérifier l'intérêt de l'utilisation d'une méthode alternative en protection intégrée des cultures qui consisterait en l'induction d'une résistance systémique vis-à-vis des populations de la mineuse de la tomate, *T. absoluta*, par la perturbation de son comportement de ponte et d'installation par la pulvérisation foliaire sur une culture tomate de trois infra-doses de deux sucres, le sucrose et le fructose. Ainsi que de mettre en évidence l'impact de ses deux sucres sur la biosynthèse et la bioaccumulation des sucres totaux dans la plante en présence d'un stress et dont peut dépendre sa capacité à l'acquérir la résistance au ravageur.

5.1. Effet du saccharose et du fructose sur la biosynthèse des sucres totaux

Les différentes doses de saccharose et fructose provoquent un effet contradictoire sur la biosynthèse et la bioaccumulation des sucres totaux de la plante. En effet, par rapport au témoin, le saccharose occasionne une majoration de la production des sucres totaux avec l'augmentation des doses, alors que le fructose la diminue beaucoup plus sous l'effet de la double dose et la dose que de la demi-dose. Il ressort de ces résultats que la nature des sucres appliqués à un effet sur la biosynthèse des sucres totaux par la plante. Ainsi, il apparaît que sous l'effet du fructose, en tant que sucre simple, la plante bio synthétise, mais ne bio accumule pas les sucres totaux, par rapport au saccharose qui est un sucre composé, formé de fructose et de glucose, qui provoque chez la plante la biosynthèse et la bio accumulation des sucres totaux.

En effet, il ressort des travaux réalisés par [126] que le saccharose est le glucide le plus répandu parmi les glucides solubles, et le seul à être transporté par la sève élaborée. Ils montrent également que dans les feuilles de maïs, plante de type C4, le transport du saccharose provenant de la photosynthèse se fait sur une courte distance puisque les cellules synthétisant le saccharose sont celles de la gaine périvasculaire. [127] complètent en précisant que parmi le saccharose entrant dans l'espace libre (apoplaste), une partie est transportée à longue distance dans cet espace sans être hydrolysé et l'autre véhiculée activement dans le phloème.

Le stress exogène induit par les différentes infra doses de saccharose semble être responsable de l'augmentation de l'activité photosynthétique de la biosynthèse des sucres totaux qui augment sous l'effet des doses, et dont une partie est exportée pour les besoins énergétiques d'entretien et de production de la plante et dont une autre partie en surplus est accumulée dans les feuilles, comme le montrent [128] qui précisent que le surplus des hydrates de carbone qui ne peut pas être exporté ou métabolisé par les organes puits entraîne une accumulation

des sucres dans les feuilles sources qui répriment l'expression des gènes photosynthétiques.

De même, il est noté l'effet contrarié des doses de sucres et du fructose sur la biosynthèse et la bioaccumulation des sucres totaux par rapport aux plants témoin. En effet, l'accumulation des sucres totaux sous l'effet du sucrose se traduit d'après de nombreux travaux dont ceux de Alarcon et *al.*, (1994) [129] sur l'amélioration de la résistance de la plante par le renforcement apparent de la tolérance et participerait au maintien de l'hydratation des feuilles. Par ailleurs, [130] précise que plus la plante accumule de carbo-hydrates, plus elle est résistante. Il ajoute également que les teneurs en sucres solubles des feuilles, sont en effet indicatrices du degré de résistance de l'espèce à la salinité.

Des études menées sur de très nombreuses plantes naturelles et cultivées soumises à différents stress hydriques et salins telles que celles de [131] effectuées sur le blé et [132] sur *Zizyphus rotundifolia* ont révélé des accumulations plus ou moins importantes de carbohydrates en réponse à différents degrés de stress et que l'ajustement osmotique s'explique principalement par une importante accumulation des sucres au niveau des différents organes. Ces teneurs pourraient être attribuées aux besoins accentués en carbohydrates et en composés azotés dont la proline, qui représente l'un des composés les plus facilement mobilisables [133]. Alors que [134] signale que la teneur élevée des sucres, essentiellement au niveau des feuilles, pourrait témoigner soit d'une limitation de leur utilisation suite à l'arrêt de croissance, soit d'une force d'appel importante et leur hydrolyse par des enzymes présentes dans ces organes. Tandis que [135] révèle qu'avec une accumulation des sucres et d'autres composés organiques, les changements dans le contenu des carbohydrates sont particulièrement importants vu leur relation direct avec les processus physiologiques tels que la photosynthèse, la translocation et la respiration. Les principaux sucres solubles accumulés sous stress sont le glucose, le fructose et le saccharose. Alors que d'après les résultats que nous avons obtenu, le fructose n'apparait pas constituer un facteur de stress provoquant la bioaccumulation, tout en

réduisant la biosynthèse des sucres totaux. Mais, il s'avère d'après nos résultats que la faible dose est celle qui induit beaucoup plus la biosynthèse des sucres totaux par rapport aux autres doses, mais qui reste marginalement inférieure à celle du témoin. C'est ce qui peut nous laisser envisager que le fructose et l'augmentation des doses par application foliaire sont des facteurs de stress qui diminuent la biosynthèse des sucres totaux et la résistance des plantes. Alors que d'après [136], les doses de sucres supérieures à 100 ppm (10g pour 100L) n'augmentent pas les effets d'induction de résistance.

Les différences observées entre les quantités des sucres soulèvent la question de l'importance des processus métaboliques impliqués dans la synthèse, la dégradation, le transport et le stockage des sucres et leur dérégulation en cas de stress environnemental; de même l'importance quantitative des sucres suggère aussi leur implication dans le processus d'endurcissement des plantes [137].

5.2. Effet du saccharose et du fructose sur l'abondance de *Tuta absoluta*

Dans notre étude, d'une manière générale, l'abondance globale et le nombre des œufs après l'application de saccharose ou du fructose présentent une diminution remarquable. En effet, la double dose (D1) et la dose (D2) du saccharose paraissent avoir un effet plus marqué que celui de la demi-dose (D3) et du témoin, Par contre, l'effet de la demi-dose (D₃) du fructose apparait le plus important par rapport à celui de la dose (D₂) et la double dose (D₁) et au témoin Ceci peut s'expliquer par la variabilité de la perméabilité des molécules après pulvérisation, comme le rapportent les conclusions de [136]; qui montrent que les sucres présents à la surface des végétaux présentent une perméabilité cuticulaire qui peut varier selon l'espèce végétale, l'organe et l'âge de la plante. La pénétration du sucre dans la feuille va dépendre de caractères biotiques liés à la plante et aux microorganismes épiphytes associés, ainsi qu'à des caractères abiotiques comme l'hygrométrie ou la température. Mais, d'après les résultats de notre étude, il apparait que ces facteurs ne sont pas les seuls à contrôler la pénétration des sucres, mais également la biosynthèse et la bioaccumulation des sucres totaux par la plante, et dont l'effet

inducteur de la résistance sur l'installation foliaire du ravageur varie selon leur nature et la dose appliquée. L'application des différentes infra doses foliaires du saccharose et du fructose présentent des effets contrariés sur l'abondance globale et les pontes de *Tuta absoluta*, qui semblent être des facteurs signaux pour la plante dans la reconnaissance du bioagresseur et le déclenchement de ses systèmes de défense. Ainsi, les plus fortes infra doses de saccharose semblent déclencher chez la plante un phénomène de résistance qui peut s'exprimer soit en un mécanisme de tolérance, par la majoration de la biosynthèse et la bioaccumulation des sucres totaux, métabolites énergétiques qui peuvent intervenir dans la restauration de l'attaque du bioagresseur, soit en un mécanisme de défense qui déclenche chez la plante la biosynthèse de métabolites secondaires répulsifs qui diminuent la capacité de reconnaissance de l'hôte par le bioagresseur et en même temps d'accomplir sa ponte. C'est ce qui ressort également des travaux de [136] qui montrent que l'application foliaire des sucres induit rapidement d'une manière systémique des phénomènes qui s'échelonnent dans le temps. La résistance induite peut se situer lors de la reconnaissance de l'hôte par le bio-agresseur et/ou après l'attaque (défense). Les essais en serre ont montré des effets sur les bio-agresseurs qui varient entre 4-6 jours (champignon *Botrytis*, nématode) et 20 jours (insectes lépidoptères, carpocapse, pyrale du maïs) après l'application. Dans le cas des lépidoptères, l'induction de modifications des métabolites présents à la surface des feuilles dont certains sont des signaux pour l'insecte, perturbent la reconnaissance de l'hôte et réduit la ponte. Les changements induits dans la plante mettent un certain temps à se mettre en place et ils doivent l'être avant l'arrivée du bioagresseur. Leurs efficacités vont dépendre de la coïncidence spatio-temporelle entre les effets induits et le bio-agresseur. De même, [138,139,140] signalent que le comportement de l'insecte lui permet de sélectionner sa plante hôte en évitant les plantes défavorables. Les insectes lépidoptères comme la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* et le carpocapse des pommes et des poires, *Cydia pomonella* perçoivent par contact les sucres solubles à la surface des plantes comme des signaux influençant la reconnaissance de la plante et le dépôt de leurs œufs. La composition en métabolites primaires de la surface des feuilles, en particulier celle en sucres solubles influence la

reconnaissance de l'hôte par le bioagresseur, et dont la dynamique d'après [104] suit celle de la photosynthèse et les proportions sont spécifiques aux propriétés de la perméabilité cuticulaire des espèces végétales. Dans ce cadre, la faible infra dose de fructose appliquée tout en se rapprochant des résultats de la disponibilité des sucres totaux sur les plants témoins, est celle qui augmente leur biosynthèse et diminue la disponibilité de l'installation du bioagresseur par rapport aux autres doses. En effet, il ressort des travaux de [136] que les composés solubles à l'eau déposés à la surface de la plante y pénètrent et peuvent constituer des signaux qui déclenchent à l'intérieur de la plante des réactions en cascade de défense et/ou interviennent dans les voies de régulation physiologiques des plantes. Mais, la perméabilité cuticulaire est spécifique de la plante, selon le genre, l'espèce et la variété. Elle est aussi liée à des propriétés physiques des molécules et à des facteurs climatiques. Certains groupes de molécules d'origine végétale constituent à la surface des plantes (ng par cm²) des signaux perçus par l'insecte qui influencent son comportement, ainsi que la sélection de la plante hôte pour pondre. C'est qui semble expliquer la différence de comportement au niveau de l'abondance des infestations larvaires et des pontes selon la nature des sucres, leurs doses d'application, leur degré de pénétration cuticulaire et leurs effets sur la biosynthèse et bioaccumulation des sucres totaux par la plante. C'est ce qui semble ressortir de nos résultats qui démontrent que la nature et la dose du stress glucidique appliquées peuvent avoir des effets contrariés aussi bien sur le comportement du ravageur que sur celui de la plante comme l'ont pu démontrer [141] en affirmant que la composition en métabolites primaires de la surface des feuilles, en particulier celle en sucres solubles influencent la reconnaissance de la plante en tant qu'hôte et le dépôt d'œufs sur les feuilles dans le cas des femelles de la pyrale du maïs, *O. nubilalis*. Mais, Il semblerait d'après [142] que les mécanismes induits par l'application des sucres relèvent de mécanismes naturels fondamentaux que la plante utilise pour se protéger. Les sucres sont des produits cellulaires qui libérés hors de la cellule peuvent être à l'origine de réactions complexes de défenses de la plante. De même, [143] signalent les voies de signalisation des sucres dans la plante, leurs interactions avec celles qui sont régulées dans les réactions aux stress biotiques et abiotiques et avec celles des

hormones de croissance sont des aspects déjà bien étudiés. Néanmoins la voie du fructose, active dans cette induction, est très mal connue et l'étude des phénomènes se complexifie, lorsqu'on considère les séquences induites en cascade au cours du temps, selon la plante, son stade de développement et ses différents sites. En effet, les différents traitements saccharose présentent un effet contrarié sur l'installation du ravageur par rapport à la biochimie de la plante. Il apparait des résultats que le saccharose induit chez la plante des processus de défense dépressifs plus marqué sur l'abondance de *T. absoluta* et qui entraîne une majoration de la biosynthèse et la bioaccumulation des sucres totaux par la plante par rapport au fructose. Il est reconnu par différents travaux dont ceux de [144] que le saccharose est le produit principal de la photosynthèse et le principal glucide de transport dans les plantes. Comme, il est reconnu par [145] contribuant à divers mécanismes de régulation dans les plantes dont la croissance et le développement, l'expression différentielle des gènes et les réponses liées au stress. Il a été proposé comme un signal endogène pour induire des réponses de défense contre les agents pathogènes dans le riz. Au même titre, il ressort de notre étude que le saccharose exogène peut constituer également un facteur de stress provoquant chez la plante différents mécanismes biochimique de défense contre les infestations larvaires et les pontes de la mineuse de la tomate.

L'effet doses du saccharose et du fructose est contrarié ainsi que sur la biosynthèse et la bioaccumulation des sucres totaux par la plante. Il ressort des résultats que les fortes doses de saccharose (D1 et D2) sont celles qui diminuent le plus les abondances globales des populations, des œufs et sur l'augmentation de la biosynthèse des sucres totaux. Cependant, la faible dose présente un effet plus tardif et moins marqué sur la diminution des infestations des larves L1 tout en induisant une augmentation de la biosynthèse des sucres totaux par rapport au témoin. Toutefois, il s'avère que les doses de fructose diminuent le taux des sucres totaux, quelque soit le niveau d'infestation des populations globales, des larves L1 et des œufs. Mais, c'est la faible dose D3 qui diminue le plus la population globales, larves et œufs. Il apparait de cette étude que les deux sucres induisent une diminution des infestations des différents états biologiques du ravageur, dont la

répartition reste uniforme ou régulière. Cependant, il apparaît que les deux sucres appliqués ont un effet contrasté sur la biosynthèse des sucres totaux par la plante. En effet, le saccharose provoque une augmentation des sucres totaux par rapport au fructose qui diminue leur biosynthèse. Ces résultats démontrent bien l'effet inducteur des différentes infra doses des deux sucres sur les processus de défense mécaniques et/ou biochimiques de la plante provoquant la diminution des infestations de la mineuse de la tomate. C'est ce qui est également vérifié par les travaux de nombreux auteurs, dont [146] qui citent que les fortes concentrations (supérieure à 10 %) peuvent réduire le taux d'alimentation de *Myzus persicae*. Tandis que, d'après [136] l'induction de la résistance varie selon la plante, le bio-agresseur, le sucre et sa concentration. Le D-fructose est le sucre qui a les effets les plus généraux aux doses les plus faibles 0.01ppm. En effet, en verger de pommier [136]a montré que le fructose réduit les dommages causés par le carpocapse. Alors que le saccharose qui s'hydrolyse en fructose + glucose pourrait agir par les 3 formes de sucre, étant donné sa facilité d'accès et son faible coût prônent pour une utilisation large qui pourrait expliquer ces effets plus marqués aux fortes doses sur la diminution des populations de la mineuse de la tomate par rapport au fructose. Mais, d'après [136], l'augmentation des doses au-dessus de 100 ppm (10 g pour 100 l) n'augmentent pas les effets d'induction de la résistance et même parfois les annule (nématode) et présente l'inconvénient d'avoir des effets secondaires sur les bioagresseurs épiphytes, comme la prise de nourriture par les insectes, la croissance et développement des champignons ou bactéries épiphytes.

Dans les conditions environnementales, les plantes sont souvent sujettes à différents types de stress qui peuvent engendrer une expression métabolique différente [147,148,149]. Depuis longtemps, il est connu que le taux de ces sucres augmente considérablement chez des plantes soumises aux différents types de stress [150]. La synthèse des sucres est dépendante de l'état sanitaire de la plante et des conditions climatiques [151] L'heure de la journée, l'âge de la feuille, la physiologie de la plante et l'espèce végétale sont des facteurs de variations quantitatives des sucres. Le déficit hydrique, affecte aussi le métabolisme des hydrates de carbone, avec une accumulation des sucres et d'autres composés

organiques. Les changements dans le contenu des carbohydrates sont particulièrement importants vu leur relation direct avec les processus physiologiques tels que la photosynthèse, la translocation et la respiration [152,153]. Les principaux sucres solubles accumulés sous stress sont le glucose, le fructose et le saccharose [154].

Les sucres ont été montrés pour contrôler les processus de développement et l'expression génique dans des plantes agissant comme molécules similaires aux hormones végétales classiques de signalisation [155]. Cependant, les réseaux de régulation sous-jacents impliquant de multiples voies de signalisation sont toujours pas correctement compris. Les contraintes environnementales, comme une infection pathogène et blessures, activer un cascade de réactions de défense et peut également affecter le métabolisme des glucides et sucre gènes sensibles. Il a donc émis l'hypothèse que la pulvérisation de sucre peut également augmenter la résistance de la plante et même plusieurs études ont montré ces effets positifs.

Les mécanismes d'action de ces solutions de sucre sont encore mal connus. Il semblerait que le fructose et le saccharose traversent la cuticule des feuilles et agissent sur des gènes qui régulent la distribution des métabolites dans la plante, ainsi que la photosynthèse. La plante se comporte alors comme si elle émettait des signaux à destination des ravageurs, qui modifient leur comportement, par exemple en réduisant les pontes d'œufs, ou en limitant la mobilité des larves.

Pour bien s'alimenter à partir de sa plante hôte, l'insecte doit y retrouver certaines caractéristiques nutritionnelles essentielles, c'est-à-dire que le contenu en substances nutritives de la plante lui permet de réaliser correctement son cycle vital, le plus rapidement possible. Il lui assure aussi une bonne fitness et survie de sa progéniture. En effet, il est évident que les substances chimiques contenues dans les plantes ont joué et jouent encore un rôle très important dans la relation des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes [156].

Les données bibliographiques [157 ;158 ;159 ;160] devraient également nous permettre de signaler que plusieurs facteurs exercent une influence sur la dynamique des populations d'insectes ravageurs, mais une connaissance de l'écologie nutritionnelle de ces insectes est essentielle pour compléter une image adéquate de ces facteurs et de leurs interactions. Dans leur environnement, les insectes phytophages sont susceptibles de rencontrer au cours de leur existence une gamme de ressources dont la qualité nutritive est très variable. La qualité nutritive du feuillage dépend surtout de son contenu en éléments nutritifs (azote, sucres et eau) et peut être affectée par la présence de substances allélochimiques (phénols, terpènes, etc.). Cette variabilité dans la qualité nutritive du feuillage entre les plantes relève de plusieurs facteurs, tels que la nature du traitement attribuer à la plante et des conditions abiotiques dans l'environnement, et est susceptible d'influencer la biologie des insectes herbivores.

Conclusion et perspective

Nous montrons par l'expérimentation que la pulvérisation foliaire d'infra-doses de l'ordre de la ppm de sucres simples induit une réaction de la plante qui se traduit par une résistance de celle-ci face à la mineuse de la tomate. Les mécanismes impliqués, complexes, se manifestent à la fois avant l'attaque, au moment de la reconnaissance de l'hôte par l'agresseur à la surface de la plante, et lors de l'attaque par des voies de défenses activées dans la plante.

Notre étude fait ressortir que l'application des micro dose de saccharose et du fructose peut permettre d'abaisser les taux de populations de la mineuse de la tomate. Les résultats montrent que les différentes doses de saccharose ont un effet plus ou moins marqué sur l'abondance des œufs de *T. absoluta*. Mais, il ressort que la dose (D₂) est celle qui entraîne la plus importante diminution de l'abondance des pontes, comparée à la demi-dose (D₃) et la double dose (D₁). Les traitements au fructose révèlent également une variabilité d'efficacité selon les doses. Mais, il s'avère que la demi-dose (D₃) par rapport aux autres doses, elle est temporellement moins efficace que la dose (D₂) sur l'abondance des œufs. Alors que la double dose (D₁) dont l'effet est moins marquée, fini par devenir inférieur à celui du témoin.

Les résultats montrent aussi que l'abondance des larves L1 est faible aussi bien sur les plants témoin que ceux traités aux trois doses de saccharose. Mais, par rapport au témoin, les doses D₁ et D₂ ont un effet plus précoce que la D₃. Par contre, la dose D₃ du fructose s'avère celle qui influence le plus l'abondance larvaire par rapport aux doses D₁ et D₂ qui paraissent n'ayant aucun effet, comparé au témoin.

Les résultats de l'effet des trois doses de saccharose et de fructose sur la biosynthèse des sucres totaux et sur l'abondance globale, les pontes et les larves de stade L1, fait ressortir quelque que soit la dose et le sucre appliqué ont un effet induisant une diminution de l'abondance de tous les stades biologiques de la

mineuse de la tomate dont la répartition reste uniforme ou régulière. Cependant, il apparait que les deux sucres appliqués ont un effet contrasté sur la biosynthèse des sucres totaux par la plante. En effet, le saccharose provoque une augmentation des sucres totaux par rapport au fructose qui diminue la biosynthèse.

La sauvegarde de la diversité biologique engendrée par ces différents facteurs reste Toutefois à surveiller et étudier dans des agro- écosystèmes. On ne peut totalement exclure des effets favorisant d'autres bioagresseurs ou défavorisant des auxiliaires.

La résistance induite peut être aussi efficace sur la réduction des dégâts que la pulvérisation d'un insecticide chimique.

Le mode d'action de la pulvérisation foliaire des sucres solubles en infra-doses est complexe ; afin d'optimiser leurs effets, il est nécessaire d'approfondir les recherches pour en comprendre leurs mécanismes de pénétration, leurs effets en tant qu'éliciteur sur les différents processus physiques, physiologiques, biochimiques et l'effet de leurs interactions selon les pratiques culturales, les conditions édaphiques et climatiques. Une des hypothèses est celle du déclenchement d'une action rapide par pénétration dans les cellules de garde des stomates.

APPENDICE A

La quantité des sucres totaux sous l'effet de saccharose

Sortie	Témoïn	SucD1	Suc D2	Suc D3
18/04/2014	0,77110372	0,88100551	0,68404754	0,56063573
26/04/2014	0,5705785	1,00259575	0,78468965	0,68404754
16/05/2014	0,43714802	0,70795574	0,56063573	0,41286033
06/06/2014	0,38735826	0,65968396	0,43714802	0,38667517

La quantité des sucres totaux sous l'effet du fructose

Sortie	Témoïn	Fru D1	Fru D2	Fru D3
18/04/2014	0,77110372	0,67562275	0,53306161	0,67562275
26/04/2014	0,5705785	0,44359944	0,38075504	0,52816613
16/05/2014	0,43714802	0,38075504	0,34236532	0,42515597
06/06/2014	0,38735826	0,27246232	0,33248326	0,33248326

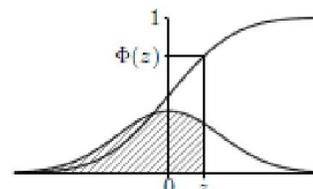
APPENDICE B

Table de probabilité et de statistique

A. Tables des lois associées à la loi Normale

A.1. LOI NORMALE $\mathcal{N}(0,1)$

1° *Fonction de répartition de la loi Normale.* — La fonction de répartition Φ de la loi Normale $\mathcal{N}(0,1)$ est définie par $\Phi(z) = \int_{-\infty}^z e^{-u^2/2} du/\sqrt{2\pi}$, $z \in \mathbb{R}$. Pour tout $z \in \mathbb{R}$, on a $\Phi(z) = 1 - \Phi(-z)$.



z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986

APPENDICE C

LISTE DES SYMBOLES ET D'ABREVIATIONS

Suc	: Saccharose
Fruc	: Fructose
D1	: La Double dose
D2	: La dose
D3	: La demi-dose
M.F	: Matière Fraiche
ACP	: Analyse en Composantes Principales
NT	: Non Traité
GLM	: modèle linéaire global
r	: coefficient de corrélation de PEARSON
P	: probabilité associé
NS	: non significative

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 **SCHOONHOVEN L.M., JERMY T. & VAN LOON J.J.A.** (1998). Insect-Plant Biology: from physiology to evolution. London.
- 2 **RIBA G. & SILVY C.** (1989). Combattre les ravageurs des cultures : enjeux et perspectives. INRA, Paris. 230 pp.
- 3 **PIMENTEL D.** (1991). Diversification of biological control strategies in agriculture. *Crop Protection*, **10**, 243-253
- 4 **FERRON P.** (1993). Vivre avec les insectes. 127 pp, Dominos, Flammarion
- 5 **FOSTER S.P., HOWARD A.J. & HARRIS M.O.** (1997). The influence of tactile and other non-chemical factors on the ovipositional responses of the generalist herbivore *Epiphyas postvittana*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **83**, 147-159.
- 6 **Larew HG., Locke JC.** (1990). Repellency and toxicity of horticultural oil against whitefly on *Chrysanthemum*. *HortScience* **25** (11), p. 1406–1407.
- 7 **Gomez P., Cubillo D., Mora GA., Hilje L.** (1997). Evaluacion de posibles repelentes de *Bemisia tabaci*. II. Extractos vegetales. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* **29**, p. 17–25.
- 8 **Faostat., 2010.** Base de donnée des statistique de l'organisation des nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- 9 **Naika S., De Jeude J.V. L., De Goffau M., Hilmi M., Van Dam B. & Florijn A., 2005.** La culture de la tomate, production, transformation et commercialisation, cinquième édition révisée, Agromisa Foundation, coll. « Agro dok », Wageningen, 105 p. (ISBN 90-8573-044-9).
- 10 **Van Eck J., Kirk D. D & Walmsley A. M., 2006.** Agrobacterium Protocols : Second Edition Volume 1. Edited by Kan Wang. ISBN 1-58829-536-2. Humana Press Inc.507 pages.
- 11 **Bogorni P.C., Da Silva A.R. et Carvalho G.S., 2003** – Leaf mesophyll consumption by *Tuta absoluta* (Meyrick, 1971) (Lepidoptera, Gelechiidae) in three cultivars of *Lycopersicon esculentum* Mill. *Ciencia rural*, Santa Maria, **33** (1): 7-11.
- 12 **KENNEDY, G.G.2003.** Tomato, pests, parasitoids, and predators: tritrophic interactions involving the genus *Lycopersicon*. *Annual Review of Entomology*, v.48, p.51-72.

- 13 **Urbaneja A., Vercher R., Navarro V., Garcia M. F. et Porcuna J.L., 2007-** La polilla del tomate *Tuta absoluta* .Phytoma, 197 :16-23 .
- 14 **Miranda M., Picango M., Zanuncio J.C. et Guedes R.N.C., 1998-** Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera, Gelechiidae). Bicontrol .Sci .Techn., 8 : 597-606.
- 15 **Leite G.L.D., 1997 –** Efeito da idade, parte do dossel e níveis de adubação NK na resistência de *Lycopersicon hirsutum f. Glabratum* a *Tuta absoluta*. These Master, Univ. Federal de Vigosa. 40p
- 16 **Urbaneja A., Vercher R., Navarro V., Garcia M. F. et Porcuna J.L., 2007-** La polilla del tomate *Tuta absoluta* .Phytoma, 197 :16-23 .
- 17 **Preyra P.C. et Sanchez N., 2006-** Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). Neotropical Entomology, 34(5):67-676.
- 18 **Imenes S.D.L., Fernandes M.A.U., Campos T.B. et Takematsu A.P., 1990 –** Aspectos biológicos e compartimentais de traga de tomateiro *Scrobipalpa absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera, Gelechiidae). Arquivos Instituto Biológico, 57 (1-2): 63-68.
- 19 **Trottin-Caudal Y., Grassely D et Millot P., 1995,** Maîtrise de la protection sanitaire – Tomate sous serre et abris. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, France. Lacordaire A.I et Feuvrier E., 2010, Tomate, traquer *Tuta absoluta*. (Phytoma la défense des végétaux n°632, dossier moyens alternatifs, mars 2010, 40-44.
- 20 **Lacordaire A.I et Feuvrier E., 2010,** Tomate, traquer *Tuta absoluta*. (Phytoma la défense des végétaux n°632, dossier moyens alternatifs, mars 2010, 40-44.
- 21 **Guenoui Y., 2008.** Nouveau ravageur de la tomate en Algérie, Phytoma : N° 617 Juillet-Aout 2008.p 18-19.
- 22 **DESNEUX N., WADJNBERG E., WYCKHUYS K-A.G., BURGIO G., ARPAIA S., NARVAEZ-VASQUEZ C.A. GONZALEZ-CABRERA J., 2010.** Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta* : Ecology ,geographic expansion and prospects for biological control. J Pest Sci., 83:197-215.
- 23 **Mahi F.Z., 2010,** Contribution à l'étude écobioécologique de la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera, Gelechiidae) dans la wilaya de Mostaganem, Thèse Ing. Agro., blida , 30-55p

- 24 **Estay P.P., 2000.** Polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). I.NI.A La Platina (9) :1-4.
- 25 **Larraín P., 1987.** Plagas del tomate, primera parte: Descripción, fluctuación poblacional, daño, plantas hospederas, enemigos naturales de las plagas principales. IPA La Platina 39: 30-35.
- 26 **EPPO, 2005.** Eppo reporting service-pests and Diseases, n°7, 17p.
- 27 **Hickel E.R. et VILELA E.F., 1991 -** Comportamento de chamamento e aspectos do comportamento de acasalamento de *Scrobipalpula absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), sob condições de campo , *An.Soc.Entomol.Brasil*, 20 (1) : 173-182.
- 28 **UCHOA-FERNANDES M.A., LUCIA T.M.C.D. et ILELA E.F., 1995 -** Mating, oviposition and pupation of *Scrobipalpuloides absoluta* (Meyr.) (Lepidoptera:Gelechiidae) , *An.Soc.Entomol.Brasil*, 24 (1) : 159-164.
- 29 **Vargas, H. 1970.** Observaciones sobre la biología y enemigos naturales de la polilla del tomate, *Gnorismoschema absoluta* (Meyrick) (Lep. Gelechiidae). IDESIA 1: 75-110 verano. Empresa y Avance Agrícola 1(5): 6-7.
- 30 **García M. F. et Espul J. C., 1982 -** Bioecología de la Polilla del Tomate (*Scrobipalpula absoluta*) en Mendoza , *RIA*, 17 (2) : 135-146.
- 31 **Haji F.N.P., Parra J.R.P., Silva J.P. et Batista J.G., 1988 -** Biología da traça do tomateiro sob condições de laboratório. *Pesq.Agropec.Bras., Brasilia*, 23 (2) : 107-110.
- 32 **Rázuri V. et Vargas E., 1975 -** Biología y comportamiento de *Scrobipalpula absoluta* Meyrick (Lep.,Gelechiidae) en tomatera. *Revista Peruana de Entomología*, 18(1) : 84-89.
- 33 **García M. F. et Espul J. C., 1982 -** Bioecología de la Polilla del Tomate (*Scrobipalpula absoluta*) en Mendoza , *RIA*, 17 (2) : 135-146.
- 34 **Coelho M. et França F. H., 1987 -** Biología, quetotaxia da larva e descrição da pupa e adulto da traçado-tomateiro , *Pesq.Agropec.Bras*, 22 (2) : 129-135.
- 35 **Rázuri V. et Vargas E., 1975 -** Biología y comportamiento de *Scrobipalpula absoluta* Meyrick (Lep.,Gelechiidae) en tomatera. *Revista Peruana de Entomología*, 18(1) : 84-89.
- 36 **Coelho M. et França F. H., 1987 -** Biología, quetotaxia da larva e descrição da pupa e adulto da traçado-tomateiro , *Pesq.Agropec.Bras*, 22 (2) : 129-135.

- 37 **SRPV Mostaganem ,2009** .La mineuse de la tomate, station régional de la Protection des Végétaux. Wilaya de Mostaganem. Anonyme,
- 38 **Rodríguez M.S., Gerding M. P. & France A., 2007.** Entomopathogenic fungi isolates selection for egg control of tomato moth, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs : Agricultura Tecnica (CHILE) 66(2):151-158.
- 39 **Guenaoui Y. & Ghelamallah A., 2008.** *Tuta absoluta* ((Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) nouveau ravaveur de la tomate en Algerie premieres donnees sur sa biologie en fonction de la temperature. AFPP - 8ème Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture, Montpellier SupAgro, France, 22-23 Octobre 2008. ISBN 2-905550-17-1 pp. 645-651.
- 40 **Vilela de Resende J. T., 2003.** Resistencia a artropos-pragas, mediada por açucares em tomateiros obtidos do cruzamento interespecifico de *Lycopersicon esculentum* Mill „TOM-584“ XL.pennellii „LA716“. Lavras Minas Gerais-Brasil, 104 pages.
- 41 **Pereira G.V.N., 2005 -** *Selecao para alto teor de Açucares em genotipos de tomateiro e sua relacao com a resistencia ao acaro vermelho (Tetranychus evansi) e a traça (Tuta absoluta)* . thèse de doctorat, Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas, 82p.
- 42 **SILVA S.S., 2008 -** *Fatores da biologia reprodutiva que influenciam o manejo comportamental de Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae); 2008, Reproductive biology factors influencing the behavioral management of Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae); dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da universidade Federal Rural de Pernambuco, 75p.*
- 43 **Pires D.S.L.M., 2008 -** *Effects of the fungi Metarhizium anisopliae (METSCH.) SOROK. and Beauveria bassiana (BALS.) VUILL on Tuta absoluta (MEYRICK) and their compatibility with insecticides* . thèse de doctorat, da Universidade Federal Rural de pernambuco, 72p.
- 44 **Bogorni P.C., Da Silva A.R. et Carvalho G.S., 2003 –** Leaf mesophyll consumption by *Tuta absoluta* (Meyrick, 1971) (Lepidoptera, Gelechiidae) in three cultivars of *Lycopersicon esculentum* Mill. Ciencia rural, Santa Maria, 33 (1): 7-11.
- 45 **TORRES J.B., FARIA C., EVANGELISTA W.S.J. et PRATISSOLI D., 2001 -** Within-plant distribution of the leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) immatures in processing tomatoes, with notes on plant phenology , *International Journal of Pest Management*, 47 (3) : 173-178.

- 46 **Molla O., MONTON H., BEITIA F. et URBANEJA A., 2008** - La pollila del tomate, una nueva plaga invasora, tuta absoluta (Meyrick), *S.L.CIF B80194590 Terallia*, 69.
- 47 **WANG K.G., FERGUSON A. et SHIPP J.L., 1998**. Incidence of tomato pinworm *Keiferia lycopersicollor walsingham* (Lepidoptera Géléchiidae) on greenhouse tomato in southern Ontario and its control using mating description. Pp 122-136.
- 48 **Guenauoui Y., R. Bensaad , K. Ouezzani , R. Vercher, 2011-** Emerging opportunities to use native entomophagous against *Tuta absoluta* Meyrick (Lep: Gelechiidae) infesting tomato in unheated greenhouses in Northwestern Algeria- Between benefits and risks, 9^{eme} Conf. Intern. sur les Ravageurs en Agriculture, SupAgro, Montpellier, France, 2011, 324-335
- 49 **Fischer, K. W., Wang, L., Kennedy, B., & Cheng, C. (1998)**. Culture and biology in emotional development. In D. Sharma & K. W. Fischer (Eds.), *Socioemotional development across cultures. New Dynamic Construction of Emotions in Development*
- 50 **Taylor C. E., 1986**. Genetics and evolution of resistance to insecticides. *Biological Journal of the Linnean Society* 27: 103-112.
- 51 **Roush RT, Tabashnik B, 1990**. *Pesticide Resistance in Arthropods*. New York: Chapman & Hall, Inc.
- 52 **Foster S.P. et Harris M.O., 1997** : Behavioral manipulation methods for insect pestmanagment. *Annual Review of Entomology*, **42** : 123-146.
- 53 **FABRE J.H.** (1886). *Souvenirs entomologiques*. vol. 3, Delagrave, Paris
- 54 **Hanover J.W., 1975** : Physiology of tree resistance to insects. *Annual Review of Entomology*, **20** : 75-95.
- 55 **Maher N., 2002** : Sélection du site de ponte chez *Lobesia botrana* (Lepidoptera, Tortricidae) : Influence de l'information chimique non-volatile présente sur les feuilles de plantes hôtes. Thèse Doctorat Sciences biologiques et médicinales. Université Bordeaux 2. 124 P.
- 56 **Ramaswamy S.B., 1988** : Host finding and feeding in adult phytophagous insects. *Journal of Insect Physiology*, **34** : 151-268.
- 57 **Städler E., 1984** : Contact chemoreception. *Chemical Ecology of Insects*. Ed. Bell W.J. et Cadré R.T., Chapman & Hall, London, UK, 1-35.
- 58 **Derridj S. et Wu B.R., 1995** : Informations biochimiques présentes à la surface des feuilles. Implications dans la sélection de la plante hôte par un

- insecte. In : **Calatayud P.-A. et Vercambre B.**, Interactions insectes-plantes. Actes des 5èmes journées du groupe de travail relations insectes-plantes. 26-27 oct 1995, Montpellier, France, pp : 43-51.
- 59 **Schoonhoven L.M., Jermy T. et Van Loon J. J. A., 1998** : Host-plant selection : When to accept a plant. In : Insect-plant Biology. From physiology to evolution. Ed. Chapman & Hall, pp : 156-193.
- 60 **Robert P.C., 1986** : Les relations plantes-insectes phytophages chez les femelles pondueuses : Le rôle des stimuli chimiques et physiques. Une mise au point bibliographique. *Agronomie*. **6** : 127-142.
- 61 **MILLER J.R. & STRICKLER K.S.** (1984). Finding and accepting host plants. In: *Chemical ecology of insects* (W. J. Bell & R.T. Cardé ed.), pp. 127-157. London: Chapman & Hall.
- 62 **Picimbon J.-F., 2002** : Les péri-récepteurs chimiosensoriels des insectes. *Revue médecine Science*, **18** (11) : 46-56.
- 63 **Bernays E.A. et Chapman R.F., 1994** : Host plant selection by phytophagous insect. Ed. Chapman et Hall, New York, London, 312 P.
- 64 **Dajoz R., 1985** : Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 500 P.
- 65 **Nicole M.-C., 2002** : Les relations des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes. *Antennae*, **9** (1) : 1-6.
- 66 **Curtis C.E., Tebbets J.S. et Clark J.D., 1990** : Ovipositional behaviour of the codling moth (*Lepidoptera, Tortricidae*) on stone fruit in the field and an improved oviposition cage for use in the laboratory. *Journal of Economic Entomology*, **83** : 131-134.
- 67 **Curtis C.E., Tebbets J.S. et Clark J.D., 1990** : Ovipositional behaviour of the codling moth (*Lepidoptera, Tortricidae*) on stone fruit in the field and an improved oviposition cage for use in the laboratory. *Journal of Economic Entomology*, **83** : 131-134
- 68 **Nicole M.-C., 2002** : Les relations des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes. *Antennae*, **9** (1) : 1-6.
- 69 **Renwick J.A.A. et Chew F.S., 1994** : Oviposition behavior in *Lepidoptera*. *Annual Review of Entomology*, **39** : 377-400.
Mani E., Wildbolz T. et Riggensch W., 1995 : Effect of pheromone trap position in large and small trees and in the open field on the catch of codling moth, *Cydia pomonella* L.. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, **68** : 69-78.

- 70 **Pszczolkoroski M.A. et Brown J.J., 2005** : Signal experience learning of host fruit selection by lepidoptera larvae. *Physiology and Behaviour*, **86** : 168-175.
- 71 **Calatayud P. A., Ahuya P.O., Wanjoya A., Le Rü B., Silvain J.-F. et Frérot B., 2008** : Importance of plant physical cues in host acceptance for oviposition by *Busseola fuxa*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **126** : 233-243.
- 72 **Duffield G. E., Gibson R.C., Gilhooly P.H., Hesse A.J., Inley C.R., Gilbert F.S. et Bernard C.J., 1993** : Choice of flowers by foraging honey bees (*Apis mellifera*). Possible morphological cues. *Ecological entomology*, **18** : 191-197.
- 73 **Myers J.H., Monro J. et Murray N., 1981** : Egg clumping host plant selection and population regulation in *Cactoblastis cactorum* (*Lepidoptera*). *Oecologia*, **51** : 7-13.
- 74 **Smith C.M., 1989** : Plant resistance to insects. A fundamental Approach. Ed. Wiley J. & sons, 286 P.
- 75 **Woodhead S., 1983** : Surface chemistry of *Sorghum bicolor* and its importance in feeding by *Locusta migratoria*. *Journal of Physiology and Entomology*, **8** : 345-352.
- 76 **Albert P.J. et Guertin C., 1992** : La résistance des plantes hôtes à la tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Choristoneura fumiferana* (Clem) (*Lepidoptera, Tortricidae*). In : **Vincent Ch. et Corderre D.**, La lutte biologique. Ed. Gaëtan morin. Québec. Canada, pp : 409-418.
- 77 **Luttge U., 1971** : Structure and function of plant glands. *Annual Review of Plant Physiology*, **22** : 23-44.
- 78 **Ryan J.d., Gregory P. et Tingey W.M., 1982** : Phenolic oxidase activities in glandular trichomes of *Solanum berthaultii*. *Phytochemistry*, **21** : 1885-1887.
- 79 **Streblor G., 1989** : Les médiateurs chimiques : Leur incidence sur la bioécologie des animaux. Ed. Tec et Doc-Lavoisier. Paris, 246 P.
- 80 **Nordlund D.A., 1981** : Semiochemical : a review of the terminology. In : **Nordlund D.A., Jones R.L. et Lewis W.J.** Semiochemicals. Their role in pest control. Ed. New York, Chichester, Brisbane, Toronto : John Wiley & Sons, pp : 13-25.
- 81 **Derridj S., Fiala V. et Boutin J.P. 1991** : Host-plant preference of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) and biochemical explanation. In **Szentesi A. et Jermy T.** (eds.) Proceedings of the 7th International Symposium on Insect-Plant Relationships, Symposia Biologica Hungarica, 1989, Budapest, pp : 1-6.

- 82 **Foster S.P. et Harris M.O., 1997** : Behavioral manipulation methods for insect pestmanagement. *Annual Review of Entomology*, **42** : 123-146.
- 83 **Degen T. et Städler E., 1998** : Oviposition of carrot fly (*Psila rosae*) in response to foliage and leaf surface extràts of host plants. *Chemoecology*, **80** : 39-49.
- 84 **Cartre M. et Feeny P., 1999** : Host-plant chemistry influences oviposition choice of the spicebush swallowtail butterfly. *Journal of Chemical Ecology*, **25** : 1999-2009.
- 85 **Städler E., 2002** : Plant chiminal cues important for oviposition of herbivorous insects. In : **Hilker M. et Meiners T., 2002** : Chemoecology of insect eggs and egg deposition. Eds. Blackwell, 416 P.
- 86 **Städler E., 1986** : Oviposition and feeding stimuli in leaf surface waxes. In : **Juniper B.E. & Southwood T.R.E. (eds)**, Insects and plant surfaces. Edward Arnold, London, pp : 105-121.
- 87 **Eigenbrode S.D., 1996** : Plant surface waxes and insect behavior. In : **Kerstien G.**, Plant cuticul : an integrated functional approach. Ed. Oxford (GBR). Bios Scientific Publishers, 337 P.
- 88 **Wearing C. H., Cannor P. J. et Ambler K. D., 1973** : Olfactory stimulation of oviposition and flight activity of colding moth *Laspeyresia pomonella*, using apples in an automated olfactometer. *New Zealand Journal of Science*, **16** : 697-710.
- 89 **Yan F., Bengtsson M. et Witzgall P., 1999** : Behavioral reponse of female Colding moths, *Cydia pomonella*, to apple volatiles. *Journal of Chemical Ecology*, **15** (6) : 1343-1351.
- 90 **Hern A. et Dorn S., 2001a** : Statistical modelling of insect behavioural responses in relation to the chemical composition of test extracts. *Physiological Entomology*, **26** : 351-390.
- 91 **Hughes W.o. h., Gailey D. et Knapp J. J., 2002** : Host location by adult and larval codling moth and the potential for its dispertion by the application of kairomones. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **106** : 147-153.
- 92 **Boevé J.L., Lengwiler U., Tollsten L., Dorn S. et Turlings T.C.J., 1996** : Volatiles emitted by apple fruitlets infested by larvae of the European apple sawfly. *Phytochemistry*, **42** : 373-381.
- 93 **Landolt P.J., Brumley J.A., Smithhisler C.L., Biddick L.L. et Hofstetter R.W., 2000** : Apple fruit infested with codling moth are more attractive to

- neonate codling moth larvae and possess increased amount of (E-E)- α -farnasene. *Journal of Chemical Ecology*, **26** : 1685-1699.
- 94 **Bringe K., Schumacher Ch.F.A., Schmitz-Eiberger M., Steiner U. et Oerke E.-Ch., 2006** : Ontogenetic variation in chemical and physical characteristics of adaxial apple leaf surfaces. *Phytochemistry*. **67** : 161-170.
- 95 **Roessingh P., Städler E., Baur R., Hurtre J. et Ramp T., 1997** : Tarsal chemoreceptors and oviposition behavior of cabbage root fly (*Delia radicum*) sensitive to fractions and new compounds of host-leaf surface extracts. *Physiological Entomology*, **22** : 140-148.
- 96 **Schoonhoven L. M., 1982** : Biological aspects of antifeedants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **31** : 57-69.
- 97 **Fraenkel G.S., 1958** : The raison d'être of secondary plant substances. *Science*, **129** : 1466-1470.
- 98 **Lombarkia N., 2002** : Influence de métabolites présents à la surface des organes du pommier sur la ponte du carpocapse : *Cydia pomonella* L. (*Lepidoptera* : *Tortricidae*). Application à l'étude de la résistance du pommier au ravageur. Thèse doctorat. Université Rennes 1, France, 131 P.
- 99 **Derridj S., Boutin J.P., Fiala V. et Soldaat L.L., 1996** : Composition en métabolites primaires de la surface foliaire du poireau : étude comparative, incidence sur la sélection de la plante hôte pour pondre par un insecte. *Acta Botanica Gallica*, **143** : 125-130
- 100 **Soldaat L.L., Boutin J.-P. et Derridj S., 1996** : Species-specific composition of free amino acids on the leaf surface of four *Senecio* species. *Journal of Chemical Ecology*, **22** : 1-11.
- 101 **Lafon J. P., Tharaud-Payer C. et Levy G., 1996** : Biologie des plantes cultivées. 2ème Edition. Tome 1. Organisation et physiologie de la nutrition. Ed. Lavoisier. Tec et Doc. Paris. France, 227 P.
- 102 **Pignot P., 1998** : Etude de la perméabilité au sorbitol de cuticules isolées de Laurier-cerise (*Prunus laurocerasus* L.) de Houx (*Ilex aquafolium* L.), de Poirier (*Purus communis* L.) et de pommier (*Malus* sp.). Mémoire de DEA, 20 P.
- 103 **Reiderer M. et Schreiber L., 1995** : Waxes- The transport barriers of plant cuticles. In : Waxes : chemistry, molecular biology and functions. Ed. Hamilton R.J., the Oily Press, Dundee, pp : 131-156.
- 104 **Stammitti L., 1995** : Etude de la composition en métabolites primaires du phylloplan et des compartiments foliaires sources, l'apoplaste et le milieu intracellulaire. Importance de la barrière cuticulaire dans le passage des métabolites vers la surface foliaire. Thèse de doctorat de l'université Henri

Poincaré, Nancy, 172 P.

- 105 **BAKER E.A.** (1982). Chemistry and morphology of plant epicuticular waxes. In: *The plant cuticle*, pp. 139-165. London UK: Academic Press.
- 106 **Jeffree C.E., 1986** :The cuticule, epicuticular waxes and trichomes of plants, with reference to their structure, functions and evolution. In : **Juniper B.E. et Southwood T.R.E. (eds)**, Insects and plant surfaces. Edward Arnold, London, pp : 23-46.
- 107 **Mehri S., 1995** : Etude du rôle des cations du phylloplan dans le choix du site de ponte d'*Ostrinia nubilalis* Hbn. (*Lepidoptera, Pyralidae*). Mémoire d'Études Approfondies. Institut National Agronomique. Paris-Grignon. France, 28 P.
- 108 **Tukey J. H.B., 1970** : The leaching of substances from plants. *Annual Review of Plant Physiology*, **21** : 305-324.
- 109 **Schönherr J., 1976** : Water permeability of isolated cuticular membranes : the effect of cuticular waxes on diffusion of water. *Planta*, **131** : 159-164.
- 110 **Lenzian K.J., 1982** : Gas permeability of plant cuticles. Oxygen permeability. *Planta*, **155**:310-315.
- 111 **Ferrandon M. et Chamel A., 1989** : Foliar uptake and translocation of iron, zinc, manganese. Influence of chelating agents. *Plant Physiology and Biochemistry*, **27** (5) : 713-722.
- 112 **Price E. C., 1982** : A review of the factors influencing the penetration of pesticides through plant leaves. In : The plant cuticle. Ed. Culter D.F., Alvin K.L. & Price C.E., Academic Press, London, pp : 237-252.
- 113 **BAUR R., HARIBAL M., RENWICK J.A.A. & STADLER E.** (1998). Contact chemoreception related to host selection and oviposition behaviour in the monarch butterfly, *Danaus plexippus*. *Physiological Entomology*, **23**, 7-19.
- 114 **MILAIRE H.G., 1987- LES METHODES ALTERNATIVES EN PROTECTION DES CULTURES CAS DES RAVAGEURS PHYTOPHAGES.** Cercles des Naturalistes de Belgique, extrait Érable 4/1987, pages 5 à 13 1/6. INRA
- 115 <http://www.annuaire-mairie.fr/ville-blad-touahria.html> Decembre 2014
- 116 **Anonyme** , image satellite google earth 2014
- 117 **Boulaine,J. 1995.** Notice explicative de la carte de reconnaissance des sols d'Algérie au 1/200.000^e, feuille de Mostaganem n° 21/par/Alger : imp. La

Typolitho et J. Carbonel

- 118 <http://www.rsc.org/learn-chemistry/wiki/Substance:Fructose>, novembre 2014
- 119 <http://www.medicalorama.com/encyclopedie/11956>, Novembre 2014
- 120 **OLIVEIRA C.R.F., CYSNEIROS M .C .H. et HATANO EDUARDO.**, 2007 - Occurrence of *Pyemotes* sp. on *Tuta absoluta* (Meyrick) , *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(6) : 929-932.
- 121 **PRATISSOLI D. et PARRA J.R.P.**, 2000 - Fertility life table of *Trichogramma pretiosum* (Hym: Trichogrammatidae) in eggs of *Tuta absoluta* and *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) at different temperatures , *Appl.Ent*, 124 : 339-342.
- 122 **SOUZA J.C. et REIS P.R.**, 1992 - Traca-do-tomateiro: historico, reconhecimento, biologia, prejuizos e controle , *EPAMIG, BoletimTecnico*, 38 : 19.
- 123 **FILHO M.M., VILELA E.F., JHAMB G.N., ATTYGALLEC A., SVATOS A. et MEINWALD J.**, 2000 - Initial Studies of Mating Disruption of the Tomato Moth, *Tuta absoluta* (lepidoptera: Gelechiidae) Using Synthetic Sex Pheromone; *J. Braz. Chem.Soc*, 11 (6) : 621-628.
- 124 **Marchiori C.H., Silva C. G., & Lobo A. P., 2004.** Parasitoids of *Tuta absoluta* miners of tomato in Brazil. *Med. Fac. Landbouw. Univ. Gent.* 63:1998. 519R526.
- 125 **Riba G. et Silvy C., 1989** : Combattre les ravageurs des cultures : Enjeux et perspectives. Ed. INRA. Paris, 230 P.
- 126 **Ferron P., 1993** : Vivre avec les insectes. Dominos. Flammarion.122 P.
- 127 **Prioul J. L., Rocher J. P., 1983.** Les transports d'assimilats chez le maïs : mécanisme, rôle des facteurs externes, application à des comparaisons intergénotypiques. Coll. « Physiologie du Maïs », Royan (France), 39 p.
- 128 **Heyser W., Heyser R., Eschrich W., Fritz E., 1977.** The influence of externally supplied sucrose on phloem transport in the maize leaf strip. *Planta*, 137, 145-151.
- 129 **Krapp A, Hofmann B, Schäfer C, Stitt M (1993)** Regulation of the expression

of *rbcS* and other photosynthetic genes by carbohydrates: a mechanism for the “sink regulation” of photosynthesis *Plant J* **3**:817–828.

- 130 **Alarcon, J.J., M.J. Sanchez-Blanco, M.C. Bolarin, M. Higazy-Shehata, and A. Allam. 1994.** Free proline relation to salinity tolerance of three sugar beet varieties. *Egypt. J. Agric. Res.* 73, no. 1: 175–189.
- 131 **Rathert, G. 1984.** Sucrose and Starch content of plant parts as a possible indicators for salt tolerance. *Aust. J. Plant Physiol* 11: 491–495.
- 132 **Adda A., M. Sahnoune, M. Kaid Harche and O. Merah, 2005.** Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. *Plant biology and pathology. Science direct. C.R. Biologies*, 328, 918–927.
- 133 **Ardnt, S.K., S.C. Clifford, W. Wanek, H.G. Jones, and M. Popp. 2007.** Physiological and morphological adaptations of the fruit free *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. *Tree Physiol* 21: 705–715.
- 134 **Zerrad, W., B.S. Maataoui, S. Hilali, S. El Antri, and A. Hamyene. 2008.** Etude comparative des mécanismes biochimiques de résistance au stress hydrique de deux variété de blé dur. *Lebanese science Journal* 9, no. 2: 1–10.
- 135 **Lawlor, D.W. 2002.** Limitations to Photosynthesis in waterstressed leaves: stomatal vs metabolism and the role of ATP. *Annals of Botany* 89: 871–885.
- 136 **HARE P.D., CRESS W.A. et VAN STADEN J., 1998 –** Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. *Plant Cell and Environment*;21, 535-553.
- 137 **DERRIDJ S., 2010 -** L'induction de résistances de la plante a des phyto-agresseurs par des infra doses de sucres : une nouvelle technologie. *Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques – 14 & 15 déc. 2010 à Angers*
- 138 **Aminata Ould Al Hadj K., 2001.** Contribution à l'étude des réponses métaboliques de la tomates à la salinité. Thèse Doc. Univ. Rennes (France). 118p.
- 139 **Derridj S. , Gregoire V., Boutin J.P. et Fiala V., 1989 :** Plant growth stages in the interspecific oviposition preference of the European corn borer and relation with chemicals present on the leaf surface. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **53** : 267-276.
- 140 **Lombarkia N. et Derridj S., 2002 :** Incidence of apple fruit and leaf surface metabolites on *Cydia pomonella* oviposition. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **104** : 79-87.

- 141 **Lombarkia N. et Derridj S., 2008** : Resistance of apple trees to *Cydia pomonella* egg-laying due to leaf surface metabolites. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 128 : 57-65.
- 142 **Derridj S., Boutin J.P., Fiala V. et Soldaat L.L., 1996** : Composition en métabolites primaires de la surface foliaire du poireau : étude comparative, incidence sur la sélection de la plante hôte pour pondre par un insecte. *Acta Botanica Gallica*, **143** : 125-130.
- 143 **Heil, M. (2009)**. Damaged-self recognition in plant herbivore defence. *Trends in plant Science*, 14, 7, 357-363.
- 144 **Rolland, F., Baena-Gonzalez, E., and Sheen, J. (2006)**. Sugar sensing and signalling in plants: conserved and novel mechanisms. *Ann. Rev. Plant Biol.* 57, 675–709.
- 145 **Koch, K. (2004)**. Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development. *Curr. Opin. Plant Biol.* 7, 235–246. doi: 10.1016/j.pbi.2004.03.014
- 146 **Verhage, A., Wees, S.C.M. van, and Pieterse, C.M.J. (2010)**. Plant Immunity: It's the Hormones Verhage, A., Wees, S.C.M. van, and Pieterse, C.M.J. Talking, But What Do They Say? *Plant Physiol.* 154: 536–540.
- 147 **Robert P.C., 1986** : Les relations plantes-insectes phytophages chez les femelles pondueuses : Le rôle des stimuli chimiques et physiques. Une mise au point bibliographique. *Agronomie*. **6** : 127-142.
- 148 **Hopkin S. P., 1997**. Biology of the Springtails (Insecta : Collembola). Oxford, Oxford university press.
- 149 **Bauce É., Carisey N. et Dupont A., 2001**. Implications des relations alimentaires plante-insecte dans la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Actes du colloque : Tordeuse des bourgeons de l'épinette : l'appivoiser dans nos stratégies d'aménagement, tenu à Shawinigan, 27-29 mars 2001. pp.27-32.
- 150 **Forkner, R. E., R. J. Marquis, et J. T. Lill., 2004**. Feeny revisited: condensed tannins as anti-herbivore defences in leaf-chewing herbivore communities of *Quercus*. *Ecol. Entomol.* 29: 174-187.
- 151 **Noiraud N., Delrot S. et Lemoine R., 2000**. The sucrose transporter of Celery. Identification and expression during salt stress. *Plant physiol.*, Vol.122, PP 1447-1456.
- 152 **Coïc Y, Tendille C., 1972.**, Importance de la racine dans la synthèse protéique chez certains genres de végétaux, *Acad. Agr. France*, pp. 681 –690.

- 153 **Ramanjulu S., Sreenivasulu N. et Sudhakar C., 1997**- effect of water stress on photosynthesis in two mulberry genotypes with different drought tolerance. *photosynthetica* 35 (2): 279- 283.
- 154 **Ildiko K. et Galiba G., 1995**. Carbohydrates in wheat and Maize plants under water stress. INRA, Inter drought, V-10. In : Physiologie des arbres et arbustes des zones arides et semi-arides – Paris, pp 465 – 472.
- 155 **Hare P.D., Cress W.A. et Staden V J., 1998**. Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. *Plant Cell and Environment*; 21, 535-553.
- 156 **Sheen, J., Zhou, L., and Jang, J.C. (1999)**. Sugars as signaling molecules. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2, 410–418. doi:10.1016/S1369-5266(99)00014-X
- 157 **NICOLE M C., 2002** - Les relations des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes. *Antennae*, Vol. 9, N°1. Montréal, 6 p.
- 158 **HOUGH J A et PIMENTEL D., 1978** - Influence of host foliage on development, survival and fecundity of the gypsy moth. *Environ Entomol* 7, pp: 97-102.
- 159 **SCRIBER J M et SLANSKY F., 1981** - The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review of Entomology* 26, pp: 183–211.
- 160 **RHOADES D F., 1983** - *Herbivore population dynamics and plant chemistry*. In: DENNO R F et MC CLURE M.S. (eds). *Variable plants and herbivores in natural and managed systems*. New-York. Academic Press, pp: 155-220.
- 161 **LORENZETTI F., 1998** - Performances relatives de la livrée des forêts, *Malacosoma disstria* Hbn. sur l'érable à sucre, *Acer saccharum* Marsh. Sain et déperri et sur le peuplier faux-tremble, *Populus tremuloides* Michx., en relation avec la chimie foliaire. Mémoire de maîtrise, UQAM. 110 p.