

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLAB - BLIDA 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master dans le domaine SNV

Filière Sciences Biologiques

Option : Parasitologie

Thème

Test biocide de *Bacillus thuringiensis* sur les Aphididae
vecteurs de maladies virales

Présenté par :

M^{lle} Iaiche-Achour Chahinez

M^{lle} Fellah Ikram

Devant le jury :

M^{me} Tail G.

Pr. / USD, Blida1

Présidente

M^{me} Louzabi

Doctorante /USDB1

Examinatrice

M^{me} Saighi .H

MAA/USD, Blida1

Promotrice

M^{me} Moussaoui. N.

Docteur, ITAFV (Blida)

Co-promotrice

Promotion : 2021-2022

Remerciement

Nous remercions notre grand dieu de nous avoir donné la santé, la volonté le courage et la chance de faire cette étude et de la terminer.

Nous remercions nos parents pour leur patience, générosité ; qui nous ont toujours apporté beaucoup de motivation et d'encouragements.

*Nous tenons à remercier également madame **Tal. G.** qui nous a fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.*

*Nous exprimons tous nos remerciements à madame **Louzabi** pour avoir accepté d'examiner ce travail et honorer par sa présence, la constitution du jury.*

*Notre grande reconnaissance s'adresse à notre promotrice madame **Saighi. H.** et notre co-promotrice madame **Moussaoui. N.** d'avoir accepté notre encadrement ainsi que pour leur aides et leur orientations avec gentillesse et disponibilité, leur sens de responsabilité.*

Nous grands remerciements vont à toutes nos familles et nos amies qui nous ont soutenu jusqu'à la dernière minute.

Enfin, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, mes vifs remerciements

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chères parent :Boualem et Karima ,

*Symbole de courage et de sacrifice, que le dieu
les garde et les protège.*

*Sans oublier mes grands parents : Cherif,Badîha et
Fatma Zohra*

*A mes très chers frères : Samy et Abderrahmane et
mes très chères sœurs :Manel Lina,Israe*

Amon très cher binôme Ikram

Ames amis :Nassim, Houria, chaïma et louiza

Et à toute personne qui ma aidé de faire se parcoure

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime et je respecte.

CHAHINEZ

Dédicace

*Avant tout, je dois rendre grâce à dieu de m'avoir donné le courage
de terminer ce travail*

Je dédie ce modeste travail à :

*Mon cher père Boualem, rien au monde ne vaut les efforts fournir
jour et nuit pour mon éducation et mon bien être, ce travail est le
fruit de tes sacrifices, que dieux te procure la bonne santé et longue
vie.*

*Ma chère mère Zahia qu'Allah lui fasse miséricorde et lui ouvre les
portes du paradis.*

*Ma très chère sœur Feriel et très chère frère Abd Raouf, Mon chère
fiancé Abd el-Mounaim*

A mon très cher binôme Chahinez

A toute la promotion de parasitologie (2021/2022)

A tous ceux que j'aime et je respecte.

IKRAM

Test biocide de *Bacillus thuringiensis* sur les Aphididae vecteurs de maladies virales

Résumé :

L'objectif de cette étude vise d'une part l'identification morpho taxinomique des espèces d'aphides parasitant les agrumes de la Mitidja et d'autre part à l'évaluation bactéricide de *Bacillus thuringiensis var kurstaki* sur le puceron *Toxoptera citricidus* vecteur de la Tristeza.

Quatre espèces de pucerons sont inventoriées et identifiées sur l'Oranger (*Thomson navel*), le Mandarinier et le Citronnier, Toutes ces espèces appartiennent à la famille des Aphididae, tribu des Aphidini. Celle-ci renferme deux genres, le genre *Toxoptera* représenté par *Toxoptera citricidus* et *Toxoptera aurantii* et le genre *Aphis* représenté par *Aphis citricola* et *Aphis Gossypii*. Nous avons noté une forte attaque d'*Aphis citricola* sur les agrumes dans les 4 stations d'études. La bactérie entomopathogène, *Bacillus thuringiensis var kurstaki* nous a été aimablement fournie par l'Institut National de la Recherche Agronomique de Relizane, Algérie.

Les tests préliminaires des essais de toxicité de *Bacillus thuringiensis var kurstaki* conduit conformément au protocole standards OMS, à été réalisé pour le premier foie au laboratoire sur les adultes aptères de *Toxoptera citricidus*, montre que la mortalité induite par ce biopesticide varie en fonction des doses et du temps. Un taux de mortalité de 95,99% a été observé avec la plus grande dose (D3=1,5g/l) après 72h d'exposition signalant ainsi une DL50 et DL90 de 0,64g/l, 1,36g/l respectivement.

Mots clés : test biocide *Bacillus thuringiensis var kurstaki*, *Toxoptera citricidus*, Tristeza, DL50et DL90.

اختبار المبيد الحيوي *Bacillus thuringiensis* على نواقل *Aphidae* للأمراض الفيروسية

ملخص :

تهدف هذه الدراسة من ناحية إلى التعرف على أنواع حشرات المن التي تتطفل على ثمار الحمضيات في المتيجة من ناحية ، ومن ناحية أخرى في التقييم المبيد للجراثيم لـ *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* على المن *Toxoptera citricidus* ناقل الترسيز تم جرد أربعة أنواع من حشرات المن وتم التعرف عليها على شجرة البرتقال (طومسون سرية) وشجرة اليوسفي وشجرة الليمون ، وتنتمي جميع هذه الأنواع إلى عائلة أفيديني ، قبيلة أفيديني. يحتوي هذا على جنسين ، جنس *Toxoptera* يمثله *Toxoptera citricidus* و *Toxoptera aurantii* و جنس *Aphis* الذي يمثله *Aphis citricola* و *Aphis Gossypii*. لاحظنا هجوم قوي من *Aphis citricola* على ثمار الحمضيات في 4 محطات الدراسة. البكتيريا *Bacillus entomopathogèn* *thuringiensis* var *kurstaki* تم تزويدنا بها من قبل المعهد الوطني للبحوث الزراعية في غليزان ، الجزائر.

تم إجراء الاختبارات الأولية لاختبارات السمية لعصيات *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* التي أجريت وفقاً لبروتوكول منظمة الصحة العالمية القياسي ، لأول كبد في المختبر على البالغين عديمي الأجنحة من *Toxoptera citricidus* ، وتبين أن معدل الوفيات الناجم عن هذا المبيد الحيوي يختلف باختلاف الجرعات والوقت. لوحظ معدل وفيات 95.99% مع أعلى جرعة ($D3 = 1.5$ جم / لتر) بعد 72 ساعة من التعرض ، مما يشير إلى أن $LD50$ و $DL90$ يبلغ 0.64 جم / لتر ، 1.36 جم / لتر على التوالي.

الكلمات المفتاحية: اختبار المبيدات الحيوية *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki*

و *Toxoptera citricidus* و *Tristeza* و $DL50$ و $DL90$.

Bacillus thuringiensis biocide test on Aphididae vectors of viral diseases

Summary :

The objective of this study aims on the one hand at the morphotaxonomic identification of the species of aphids parasitizing the citrus fruits of Mitidja and on the other hand at the bactericidal evaluation of *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* on the aphid *Toxoptera citricidus* vector of the Sadness.

Four species of aphids have been inventoried and identified on the orange tree (Thomson navel), the mandarin tree and the lemon tree. All these species belong to the Aphididae family, Aphidini tribe. This contains two genera, the *Toxoptera* genus represented by *Toxoptera citricidus* and *Toxoptera aurantii* and the *Aphis* genus represented by *Aphis citricola* and *Aphis Gossypii*. We noted a strong attack of *Aphis citricola* on citrus fruits in the 4 study stations. , The entomopathogenic bacterium, *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* was kindly provided to us by the National Institute of Agronomic Research of Relizane, Algeria.

The preliminary tests of the toxicity tests of *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* conducted in accordance with the standard WHO protocol, was carried out for the first liver in the laboratory on the wingless adults of *Toxoptera citricidus*, show that the mortality induced by this biopesticide varies according to the doses and time. A mortality rate of 95.99% was observed with the highest dose ($D_3=1.5g/l$) after 72 hours of exposure, thus indicating an LD_{50} and DL_{90} of 0.64g/l, 1.36g/l respectively .

Keywords: biocide test *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki*, *Toxoptera citricidus*, Tristeza, LD_{50} and DL_{90} .

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction	1
I. Partie bibliographique	3
I.A. Généralités sur les agrumes.....	4
I.A.1. Importance économique de l'agrumiculture en Algérie	5
I.A.2. Position taxonomique	6
I.A.3. Les différentes espèces d'agrumes	6
I.A.4. Cycle de développement.....	11
I.A.5. Exigences des agrumes	11
I.B. Pucerons vecteurs du <i>CTV</i>	12
I.B.1. Généralité sur les aphides	12
I.B.2. Systématique.....	12
I.B.3. Morphologie.....	13
I.B.4. Cycle de développement.....	14
I.B.5. Les principales espèces de puceron vecteur de la Tristeza (<i>CTV</i>) sur agrumes	15
I.B.6. Moyens de lutte des pucerons vecteur des maladies.....	16
I.C. Bactérie entomopathogène, <i>Bacillus thuringiensis var. kurstaki (Btk)</i>	17
I.C.1. Généralités	17
I.C.2. Taxinomie	18
I.C.3. Cycle de développement et mode d'action.....	18
II. Partie matériels et méthodes	20

II.A.	Objectif de l'étude	21
II.B.	Présentation de la plaine de Mitidja	21
II.B.1.	Situation géographique	21
II.B.2.	Stations d'étude	22
II.B.3.	Méthodologie suivie pour l'identification des aphides	24
II.B.4.	Méthodologie suivie pour le test biocide par la bactérie entomopathogène, <i>Bacillus thuringiensis var kurstaki</i>	27
II.B.5.	Méthodes d'exploitations des résultats :.....	29
III.	Résultats et discussions	30
III.A.	Inventaire systématique des pucerons	31
III.A.1.	Résultats.....	31
III.A.2.	Discussion.....	31
III.B.	Répartition des pucerons identifiés par stations d'études.....	32
III.B.1.	Résultats.....	32
III.B.2.	Discussion.....	32
III.C.	Répartition des pucerons identifiés par espèces d'agrumes	33
III.C.1.	Résultats.....	33
III.C.2.	Discussion.....	33
III.D.	Identification des pucerons inventoriées et symptômes d'attaques.....	34
III.D.1.	Identification.....	34
III.D.2.	Symptômes d'attaques	38
III.E.	Evaluation de la toxicité de <i>Bacillus thuringiensis var kurstaki</i> sur <i>Toxoptera citricidus</i>	39
III.E.1.	Résultats.....	39
III.E.2.	Discussion.....	40
III.F.	Evaluation de la DL ₅₀ et la DL ₉₀ de Btk sur <i>T.citricidus</i>	41

III.F.1.	Résultats.....	41
III.F.2.	Discussion.....	42
III.G.	Evaluation de TL ₅₀ et TL ₉₀	42
III.G.1.	Résultats.....	42
III.G.2.	Discussion	43

Conclusion

Annexe

Références bibliographiques

Liste des figures

Figure I. 1 Répartition des agrumes en Algérie (Sahraoui, 2016).....	6
Figure I. 2 Fleurs, feuilles et fruits d'oranges (Levy Finch,2004).....	7
Figure I. 3 Feuilles et fruits d'Oranges <i>Thomson navel</i> (Gammvert, 2018).	7
Figure I. 4 Bourgeons, feuilles et fruits de Citronnier (Meilland Richardier,2022).	8
Figure I. 5 Fleurs et fruits de Clémentinier (Didier Barbeau,2022).	9
Figure I. 6 Feuilles et fruits des Mandariniers (Meilland Richardier,2022)	9
Figure I. 7 Feuilles et fruits de Pamplemousse(Canalblog, 2006).....	10
Figure I. 8 Feuilles et fruits du Bigaradiers (HaraldBiebel,2022).....	10
Figure I. 9 Description morphologique de puceron : aptère (à gauche) – ailé (à droite) (Source : Encyclop'Aphid)	14
Figure I. 10 Cycle annuel de vie des pucerons (Rabatel, 2011).	15
Figure II. 1 La région de Mitidja (https://popups.uliege.be/17804507/index.php?id=8650).	21
Figure II. 2 Localisation géographique de (L'INPV de Boufarik) (Googlemaps.com)	22
Figure II. 3 Localisation géographique de la station de Beni Tamou (Annexe ITAF, Tessala El Merdja) (Googlemaps.com)	23
Figure II. 4 Localisation géographique de la station de Cité Kritli (Blida)(Googlemaps.com)	23
Figure II. 5 Localisation géographique de la station de Khemisti (Googlemaps.com)	24
Figure II. 6 Stations d'échantillonnage (a : L'INPV Boufarik ; b :Beni Tamou (Annexe ITAF, Tessala El Merdja) ; c : Cité Kritli ; d : Khemisti (Tipaza)).....	25

Figure II. 7 Observation des jeunes pousses sous loupe binoculaire et Comptage des pucerons (Originale,2022)	26
Figure II. 8 Bactérie, <i>Bacillus thuringiensis</i> var <i>kurstaki</i> (Originale,2022).....	27
Figure II. 9 Préparation des doses de la bactérie, <i>Bacillus thuringiensis</i> var <i>kurstaki</i> (Originale,2022).....	28
Figure II. 10 Dispositif expérimentale du test de toxicité de <i>Bacillus thuringiensis</i> var <i>kurstaki</i> (Originale,2022).....	28
Figure III. 1 Individu d' <i>Aphis gossypii</i> (a : aptère ; b : la tête ; c : Cornicule ; d :Cauda)(Originale,2022).....	34
Figure III. 2 Individu d' <i>Aphis citricola</i> (a : aptère ; b : la tête ; c : Cornicule) (Originale,2022).....	35
Figure III. 3 Individu de <i>Toxoptera aurantii</i> (a : aptère ; b : ailée)(Originale,2022).	36
Figure III. 4 Individu de <i>Toxoptera citricidus</i> (a : aptère ; b : aile antérieure)(Originale,2022).	37
Figure III. 5 Symptômes d'attaque des feuilles d'agrumes par les aphides causant jaunissement, enroulement et formation de fumagine (Originale, 2022)	38
Figure III. 6 Evolution de la mortalité corrigée en fonction du temps et des doses.	39
Figure III. 7 Droites de régression exprimant le taux de mortalité de <i>Toxoptera citricidus</i> en fonction de la concentration de <i>Bacillus Thuringiensis</i> var <i>kurstaki</i>	41
Figure III. 8 Efficacité de <i>Bacillus thuringiensis</i> var <i>kurstaki</i> dans le temps vis-à-vis de <i>Toxoptera citricidus</i> traitées par les doses D1, D2et D3.	43

Liste des tableaux

Tableau III. 1 Liste des espèces Aphidiennes inventoriées sur agrumes dans la région de Mitidja.....	31
Tableau III. 2 Richesse des Aphididae identifiées par stations d'études.....	32
Tableau III. 3 Absence et présence des pucerons par espèces d'agrumes.....	33
Tableau III. 4 Taux de mortalité moyen cumulé corrigée des adultes aptères de <i>Toxoptera citricidus</i> exposés à <i>Bacillusthuringiensis var kurstaki</i>	39
Tableau III. 5 Toxicité de <i>Bacillus Thuringiensis var kurstaki</i> sur <i>T.citricidus</i>	41
Tableau III. 6 Equations des droites de régressions et valeurs des TL50 et TL90 pour chaque dose de traitement utilisée	42

Liste des abréviations

Fig: Figure.

Tab : Tableau.

ha : Hectare.

CTV : Citrus Tristeza Virus.

Btk : *Bacillus thuringiensis var. Kustaki*.

% : Pourcent.

Km : Kilomètre.

m : Mètre.

mm : Millimètre.

C° : Degré Celsius.

INPV: Institut National De La Protection Des Végétaux De Boufarik.

ITAF : l'Institut Technique D'arboriculture Fruitière De Tessala El Merdja.

D : Dose.

ml : Millilitre .

g : Gramme.

log : Logarithme décimal.

DL₅₀ : Dose nécessaire et suffisante pour tuer 50% d'une population.

DL₉₀: Dose nécessaire et suffisante pour tuer 90% d'une population.

TL₅₀ : Temps léthal au bout duquel on obtient 50% de mortalité.

TL₉₀ : Temps léthal au bout duquel on obtient 90% de mortalité.

Introduction

Les agrumes sont l'une des principaux composants de l'agriculture, garantissant des revenus importants aux populations rurales défavorisées, notamment, dans les pays du pourtour méditerranéen (**Dambire et al., 2011**). Il constitue l'un des principaux secteurs de l'économie internationale. Ils sont donc cultivés dans plus de 100 pays à travers le monde (**Pena et al., 2007**).

L'Algérie est l'un des principaux pays producteurs d'agrumes dans la région méditerranéenne avec une superficie de 45000 hectares. Le secteur algérien des agrumes joue un rôle clé en termes économiques (**Schimmnti et al., 2013**). Cependant que l'agrumiculture algérienne vit une situation très difficile généralement par l'instabilité ou les rendements n'ont pas progressé depuis l'indépendance. A cette régression des rendements s'ajoute une diminution de la qualité qui rend nos agrumes non compétitifs contrairement à ceux des autres pays méditerranéens (**Boudi, 2005**).

La chute de production des vergers agrumicoles algériens et essentiellement due au vieillissement de ces derniers qui datent de l'époque coloniale et à la dégradation phytosanitaire due aux multiples ravageurs et aux différentes maladies cryptogamiques, bactérienne et virale (**Benoufla,2005**). Qui tiennent une place prépondérante (**Boulfekhar-Ramdani,1998**). Les virus des plantes par contre sont considérés parmi les maladies les plus distrayantes, tenant leur gravité de la nature du virus qui une fois dans la plante, se généralise, se réplique et tue toute la culture (**El Ferran,2003**). L'existence de maladie à virus dans les vergers d'agrumes des pays méditerranéens et comme depuis longtemps. De nombreuses publications leur ont déjà été consacrées (**Lamour, 1947 ; Bouillie, 1949 ; Frezai, 1954 ; Crossa-Raynaud, 1960 ; Amizet, 1960**).

Parmi les maladies virales, la tristeza qui est responsable de dommages importants, que ce soit en Algérie ou dans d'autres pays du monde (**Lebbal,2016**). La tristeza causée par citrus tristeza virus (CTV) est une maladie de quarantaine (**Assabah,2002**) et sa propagation est assurée essentiellement par les pucerons (**Bellabas,2011**). En outre, de tous les insectes ravageurs des agrumes, les pucerons constituent le groupe qui pose le plus de problème (**Benoufla,2005**).

D'après **Fouarge (1990)**, les particularités biologiques et entomologiques de ces insectes, notamment leur potentiel biotique prodigieux et leur extraordinaire adaptation à

l'exploitation maximale du milieu par leur polymorphisme, en font les déprédateurs majeurs des cultures

Toutefois, le recours à la lutte chimique a entraîné des conséquences néfastes sur l'environnement, la faune, les hommes et les animaux sans pour autant contenir l'invasion **(Thomas,1999)**.

En effet, les scientifiques ont commencé à chercher d'autres moyens alternatifs pour lutter contre ces insectes nuisibles, comme les prédateurs, les parasitoïdes et l'utilisation des produits biologique à base d'extrait de plantes, ou par utilisation de micro- organismes entomopathogènes ayant des propriétés insecticides réduisant les dégâts, et diminuant l'utilisation des produits chimiques.

C'est dans ce cadre que s'inscrit l'objectif de cette étude, qui consiste à l'identification morpho- taxinomique des Aphides d'agrumes dans la région de Mitidja et l'évaluation de l'activité Aphicide de *Bacillus thuringiensis var. kurstaki (Btk)* sur *Toxoptera citricidus* vecteur de la Tristeza. Pour cela ce manuscrit comprend trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique traitant les généralités sur les agrumes, les pucerons vecteurs de (CTV) et la Bactérie entomopathogène, *Bacillus thuringiensis var kurstaki (Btk)*. Le deuxième chapitre décrit le matériel et les méthodes utilisés lors du travail. Les résultats et leurs interprétations sont développés dans le troisième chapitre. Enfin nous terminerons ce travail par une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats obtenus.

I. Partie bibliographique

I.A. Généralités sur les agrumes

Le mot « **Agrumes** » d'origine Italien, est un nom collectif, masculin pluriel, qui désigne les fruits comestibles et par extension les arbres qui les portent, appartenant au genre *Citrus* (**Loussert, 1987**).

Les agrumes n'ont pas une signification botanique précise. Il désigne un ensemble de petits arbustes ainsi que leurs fruits juteux et plus ou moins acides, souvent utilisés dans notre alimentation (parfois comme condiment ou seulement comme arôme) (**Polèse,2008**).

Selon **Benassy (1975)**, les agrumes sont originaires d'extrême orient du fait d'introduction variée ; cette culture se trouve plantée maintenant dans toute les zones tropicales et subtropicales du monde, dans les régions où l'eau et le sol sont favorables à leur développement. En premier lieu, la chine les a cultivés pour leurs parfums, puis pour leurs fruits, ce n'est qu'avec le rayonnement des civilisations chinoises et hindous que cette culture commencera à se propager, au cours du premier millénaire avant notre ère à l'ensemble des pays du sud-est asiatique, Sud du japon et l'Archipel de Malaisie (**Loussert, 1985**).

Les principaux agrumes cultivés pour la production de fruits sont : les Oranges, les Mandariniers, les Clémentiniers, les Citronniers et les Pamplemoussiers, d'autres espèces d'importances moindres peuvent, dans certaines régions, faire l'objet de culture : c'est le cas du Cédratier et du Bigaradier.

I.A.1. Importance économique de l'agrumiculture en Algérie

Les agrumes ont toujours été les fruits les plus populaires en Algérie. Ils sont très appréciés pour leur valeur nutritionnelle et organoleptique (FAO, 1996). En 2016, la production d'agrumes en Algérie a atteint 1.27 millions de tonnes constituée essentiellement de 72% d'oranges, 16% de clémentines, 4% de mandarines, 7% de citrons et seulement 1% pour les autres variétés (pomelos, pamplemousse ...) (Faostat,2019).

La production d'agrumes alimente le marché national par les variétés précoces sur la période allant de novembre à la fin janvier pour céder la place aux variétés tardives qui alimenteront progressivement le marché jusqu'à mai-juin (Bellabas, 2010). Le total de la production est consommé à l'état frais (97%), le reste est destiné à la transformation principalement en jus d'orange et en produits de confiserie (Madrp, 2018). En Algérie les rendements varient d'une région à une autre, allant de 100 q à plus de 250q / hectare (annexe 1), ces derniers étant nettement inférieure à la moyenne internationale, qui est estimée à 300q /hectare (Bellabas, 2010 ; Navarro, 2015 etFaostat, 2019). Cette situation est liée à plusieurs facteurs de nature différente qui ont entravé à l'évolution de la filière agrumes (climat, vieillissement des vergers, arrachage des vieux vergers, mauvaise gestion de la fertilisation et des problèmes phytosanitaires (Bové, 1995), on rajoute un facteur très limitant qui s'est manifesté cet dernière décennie, changement de la filière suivant la demande accrue du marché (Moussaoui,com.per.).

La culture commerciale des *Citrus* est localisée dans les zones irrigables, dans la partie nord du pays (Fig.I 1), ou elle y trouve la température clémente qui assure sa réussite (Rebour,1948). En effet, le verger agrumicole algérien se localise essentiellement dans la plaine de la Mitidja en raison de son exigence en eau et qualité du sol (Karboa,2001).

allongée, souvent pourvue d'un mamelon proéminent du côté opposé au pédoncule fructifère (Teuscheret, *al.*2005). (Fig. I.2).



Figure I. 2 Fleurs, feuilles et fruits d'oranges (*Citrus sinensis*) (Levy Finch,2004).

2). Orange (Thomson navel)

Cette variété fait partie des oranges blondes naval ; Maturation précoce. Une peau fine lisse et brillante. Ses fruits ont une chair plus grossière et moins juteuse. La production de cette variété s'échelonne de la mi-novembre à Janvier (Mioulane, 1996) (Fig I.3).



Figure I. 3 Feuilles et fruits d'Oranges (*Thomson navel*)(Gammvert, 2018).

3). Le Citronnier (*Citrus limon*)

C'est un arbre vigoureux ; de croissance et de mise à fruits rapides. Les rameaux sont flexibles et munis de nombreuses épines plus au moins longues. Les feuilles ; grandes ; d'une couleur vert clair vif ; sont très parfumées. Leur pétiole est muni de petites ailettes.

Les jeunes pousses sont souvent rougeâtres. Les fleurs sont groupées en inflorescence ; roses en bouton ; elles s'ouvrent en découvrant un intérieur blanc. La floraison est plus ou moins remontante selon les variétés. Celles qui manifestent le plus cette disposition sont appelées « citronniers des 4 saisons»(**Fig I.4**).

Les fruits sont ovales ; moyens à gros ; avec un mamelon sur la partie inférieure bien caractéristique. L'écorce d'épaisseur variable est très parfumée ; elle devient plus lisse au cours de la maturation (**Polèse ,2008**).



Figure I. 4 Bourgeons, feuilles et fruits de Citronnier (*Citrus limon*) (**Meilland Richardier,2022**).

4). Le Clémentinier (*Citrus reticulata*)

C'est un arbre de 2 à 3m d'hauteur qui ressemble au mandarinier ; vigoureux ; petit ; au port érigé et ; souvent épineux. Les feuilles sont allongées pointues ; vert brillant ; aux pétioles légèrement ailés. Les fleurs sont petites et blanches très parfumées ; solitaires ou en petit bouquets. (**Fig I.5**).

Les fruits sont petit en général ; avec une écorce fine ; rouge-orangé à maturité ; et facile à éplucher (**Polèse ; 2008**).



Figure I. 5 Fleurs et fruits de Clémentinier (*Citrus reticulata*) (Didier Barbeau,2022).

5). Le Mandarinier (*Citrus deliciosa*)

On voit encore des mandariniers très âgés sur le littoral méditerranéen. Ils ont un port en boule compacte et de petites feuilles étroites très parfumées. Les fruits parfumés et juteux sont délicieux. La hauteur du mandarinier est de 4 à 5m (Polèse ; 2008) (Fig I.6).



Figure I. 6 Feuilles et fruits des Mandariniers (*Citrus deliciosa*) (Meiland Richardier,2022)

6). Les Pamplemoussiers (*Citrus grandis*)

Ce sont des arbres qui peuvent atteindre et même dépasser 10 m de haut. Leurs feuilles sont grandes, ovales ; à pétiole amplement ailé et pubescent. Les fleurs, sont de grandes dimensions, mesurent plus de 3 cm de diamètre. Les fruits, de couleur jaune, à écorce épaisse, peuvent atteindre la taille de la tête d'un enfant, sont caractérisés par une pulpe grossière, un vide placentaire bien marqué et des pépins monoembryonnés (Bousbia, 2011). (Fig I.7).



Figure I. 7 Feuilles et fruits de Pamplemousse (*Citrus grandis*) (Canalblog, 2006).

7). L'Oranger amer ou Bigaradier (*Citrus aurantium*)

C'est un arbre vigoureux (5 à 10m d'hauteur) ; plus ou moins épineux à port érigé ou compact et une frondaison globuleuse. Les feuilles sont pointues au pétiole ailé ; de couleur vert foncé. Les fleurs sont grandes et très abondantes ; blanches ; très parfumées. Le fruit est rond ; parfois un peu aplati ; ou au contraire légèrement ovale avec une peau un peu rugueuse. Les pépins sont très nombreux ; et la chair est acide et amère (Polèse, 2008) (Fig I.8).



Figure I. 8 Feuilles et fruits du Bigaradiers (*Citrus aurantium*) (HaraldBiebel,2022).

I.A.4. Cycle de développement

Le cycle de développement des agrumes se caractérise par la succession de deux phénomènes : la croissance végétale et la fructification (**Robert, 1950**).

1). La phase de croissance végétale

Elle se manifeste par les différentes poussées de sève :

- La poussée de sève printanière (**PS1**)
- La poussée de sève estivale (**PS2**)
- La pousse de sève automnale (**PS3**)

2). La phase de fructification :

Elle est caractérisée par quatre (04) phases distinctes :

- Formation des fleurs.
- Floraison et nouaison.
- Croissance et développement du fruit.
- Maturation du fruit (**Loussert.1989**).

I.A.5. Exigences des agrumes

1). Exigences climatiques

Selon **Loussert (1987)** les températures moyennes favorables à la culture des *Citrus* sont de l'ordre de 10 à 12°C durant la période hivernale, et de 22°C à 24°C durant la saison estivale avec un optimum de végétation oscillant entre 22 à 26°C. Les *Citrus* comptent parmi les arbres fruitiers les plus exigeants en eau. Les besoins annuels varient entre 1000 à 1200 mm ; dont 600mm pendant l'été.

2). Exigences édaphiques

Les sols doivent être riches en azote, en acide phosphorique et en potasse, pour obtenir une bonne végétation, le taux de calcaire préconisé pour le bon développement des *Citrus* est de 5 à 10% (**Mutin, 1977**).

I.B. Pucerons vecteurs du *CTV*

I.B.1. Généralité sur les aphides

Les pucerons sont des insectes qui se caractérisent par leur apparition massive, sous forme de colonies denses et serrées. Selon **Dedryver (1982)**, les pucerons se nourrissent exclusivement aux dépend des plantes, ils sont phytophages et possèdent un système buccal de type piqueur-suceur. Ils s'installent pratiquement sur tous les organes végétatifs mais nous les observons le plus souvent sur le feuillage et les jeunes pousses.

Ces insectes sécrètent un miellat sur lequel se développent les champignons de la fumagine qui salissent le feuillage et les fruits et accentuent les dégâts. Ils sont la cause de l'invasion des fourmis qui se nourrissent du miellat et éloignent les prédateurs des pucerons. Leurs piqûres provoquent un boursoufflement irrégulier du feuillage qui se recroqueville complètement (**Delassus et al. 1931**). Leur nuisibilité est renforcée par le fait qu'ils sont souvent vecteurs de viroses.

Les pucerons ou aphides ont développées au cours de leur évolution, de remarquables capacités d'adaptations au milieu : fécondité élevée, mode de reproduction varié, alternance d'individus ailés et aptères, utilisation de plusieurs types de plantes. Ceci leur permet d'exploiter au mieux les plantes sur lesquelles ils vivent.

I.B.2. Systématique

La taxonomie des pucerons a connu plusieurs changements au fil des années. **Remaudière et al, (1997)** classent les pucerons comme suit :

Embranchement : Arthropode

Classe : Insectes

Ordre : Homoptera

Super famille : Aphidoidea

Famille : Aphididae

Sous famille : Aphidinae .

Tribu: Aphidini

Sous-tribu : Aphidina.

La famille des Aphididae est la plus importante en agriculture, elle comprend 25 sous-familles dont plusieurs espèces qui transmettent plus de 370 virus phytopathogène (Turpeau et al, 2010).

I.B.3. Morphologie

Caractéristiques morphologiques des aphides Les pucerons sont des insectes aux téguments mous de petite taille, mesurant entre 2 à 4mm avec un corps ovale un peu aplati (Tanya, 2002). Ce dernier est partagé en trois parties bien distinctes (la tête, le thorax, et l'abdomen) (FigI.9).

1). - La tête

Généralement, elle est bien séparée du thorax chez les formes ailées, mais non chez les aptères ; elle porte deux antennes de longueur très variable de 3 à 6 articles, sont insérées directement sur le front ou sur des tubercules frontaux plus ou moins proéminentes. Certains articles antennaires possèdent des organes sensoriels appelés les sensoria ; leurs parties distales amincies est nommée fouet ou processus terminalis à l'arrière de l'œil composé (Tanya, 2002., Fraval,2006).

2). Le thorax

Il comprend trois segments : le prothorax, le mésothorax, et le métathorax, porte 3 paires de pattes et primitivement deux paires d'ailes. Cependant, chez la plupart des espèces des pucerons coexistent des formes adultes ailées et des formes adultes aptères. D'après Hein et al (2005), chez certaines espèces, la nervation des ailes peut être caractéristique ; les ailes antérieures présentent plusieurs nervures. Ce sont toutes des nervures simples, sauf la nervure médiane qui se manifeste chez la plupart des espèces. Selon Godin et Boivin (2002), cependant la nervation peut être :

- Non ramifiée ;
- Ramifiée, une seule fois ;
- Ramifiée, deux fois.

3). L'abdomen

L'abdomen porte généralement dans sa partie postérieure une paire de cornicules (ou siphons) de forme et de longueur très variables, Parfois pourvues d'une réticulation ou surmontées d'une collerette (Hein et al, 2005). Les cornicules manquent dans quelques

genres et parfois même selon les formes dans une même espèce (**Lien et Sparks, 2001**). Le dernier segment abdominal (10ème) forme la queue (cauda) plus ou moins développée et de forme variable selon les espèces (**Fredon, 2008**).

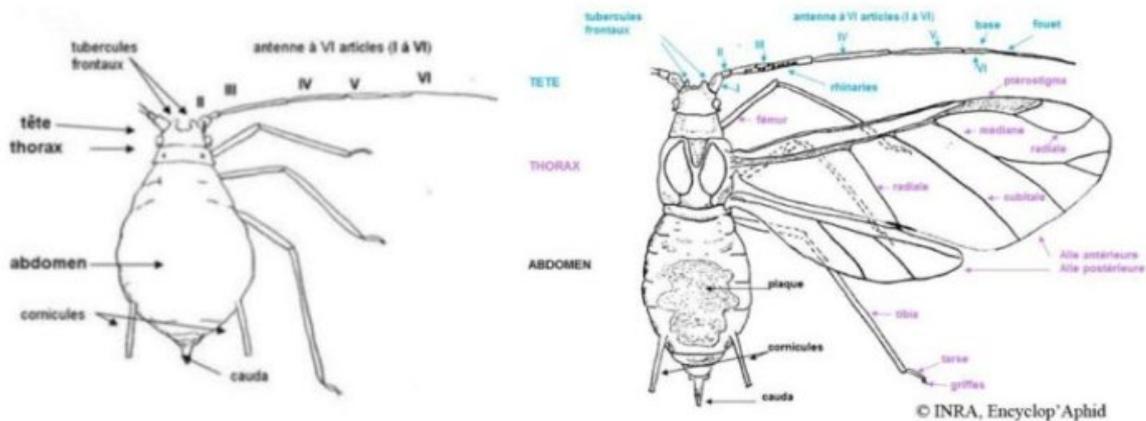


Figure I. 9 Description morphologique de puceron : aptère (à gauche) – ailé (à droite)
(Source : Encyclop'Aphid)

I.B.4. Cycle de développement

Les pucerons sont des insectes à métamorphose incomplète (hétérométabole): le jeune puceron est semblable à l'adulte, son développement passe par quatre stades de croissances successifs, entre les quelles, il se débarrasse de son exosquelette; c'est la mue.

La plupart des espèces des pucerons présentent au cours de leur cycle évolutif, une génération d'insectes sexués (mâle, femelle) alternant avec une ou plusieurs générations se multipliant par parthénogenèse et constituées uniquement de thélytoque.

Les femelles fécondées sont toujours ovipares alors que les femelles parthénogénétiques sont le plus souvent vivipares qui au cours de l'année, recouvre un cycle évolutif complet et plusieurs générations polymorphes apparaissent (**Leclant, 2000**).

Chez certaines espèces, la phase de multiplication parthénogénétique est entrecoupée d'une phase de reproduction asexuée. On parle alors d'holocyclie (**Hulle et all, 1999**). Quelques espèces de pucerons ont perdu la phase de reproduction sexuée dans leur cycle, on les appelle anholocycliques, les générations asexuées s'enchainent tout au long de l'année sur le même type de plante hôte (**Josephyne, 2012**).

D'après **Rabatel (2011)**, de leur cycle de vie au sein de l'holocycle :

- Les espèces dites monoeciques qui se nourrissent sur les mêmes espèces de plantes vivaces ou herbacées tout au long de l'année.
- Les espèces dites dioeciques ou hétéroeciques qui, au cours de leur cycle biologique, changent d'hôte et migrent d'un hôte primaire (souvent des plantes ligneuses, en hiver) vers une ou plusieurs espèces secondaires (telles des plantes herbacées durant l'été) (**Fig I.10**).

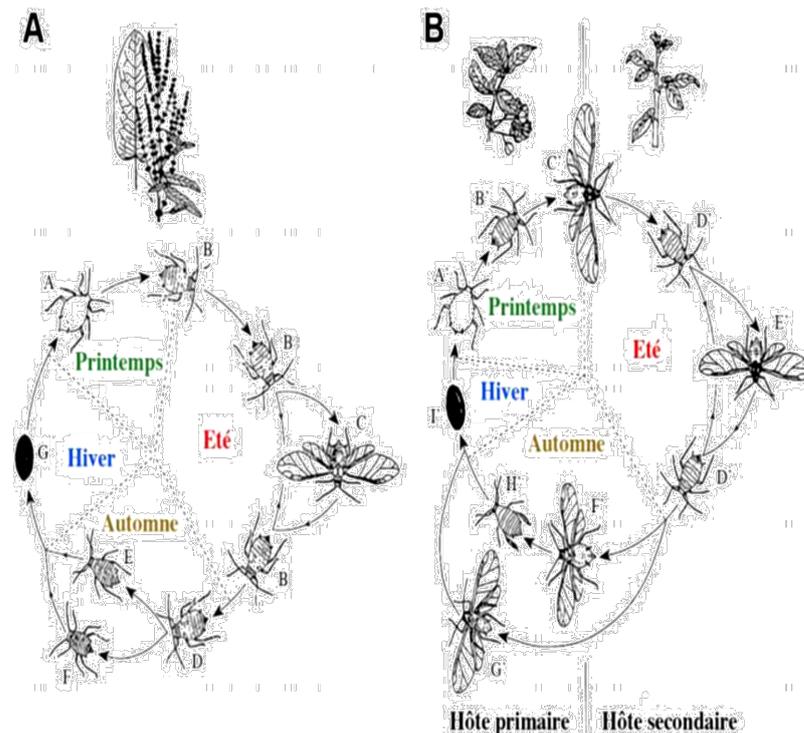


Figure I. 10 Cycle annuel de vie des pucerons (**Rabatel, 2011**).

(A) Cycle monoecique du puceron :

(A) la femelle fondatrice, (B) les formes aptères parthénogénétiques, (C) la forme ailée parthénogénétique, (D) la sexupare, (E) la femelle sexuée, (F) le mâle, et (G) l'œuf.

(B) Cycle dioecique du puceron :

(A') la femelle fondatrice, (B') la fondatrigrène, (C') la forme ailée migrante de printemps, (D') les formes aptères parthénogénétiques, (E') la forme ailée parthénogénétique, (F') la forme gynopare migrante d'automne, (G') la femelle sexuée, (H') le mâle, (I') l'œuf.

I.B.5. Les principales espèces de puceron vecteur de la Tristeza (CTV) sur agrumes

Les espèces de pucerons les plus répandues sur agrumes et qui sont vectrices potentielles du tristeza sont : *Aphis gossypii*, *Aphis citricola*, *Toxoptera aurantii*, *Toxoptera*

citricidus (Barbagallo et al.2007). Citrus Tristeza virus entraîne une maladie sévère nommée « Tristeza », c'est la maladie la plus dangereuse pour l'agrumiculture (D'Onghia et Djelouah, 2001). Cette maladie est signalée récemment en Algérie par l'ITAFV en 2001 (Larbi et al.,2009 ; El Ferran 2003). Le puceron peut devenir porteur du virus 5 à 60 minutes après s'être nourrit sur un plant infecté mais ne peut plus le transmettre après 24h.

Les symptômes couramment observés chez les hôtes sensibles sont un rabougrissement, un repliement des feuilles, un éclaircissement des nervures, une chlorose foliaire, le bois strié et la réduction de la taille des fruits.

I.B.6. Moyens de lutte des pucerons vecteur des maladies

La gravité des dégâts infligés aux plantes cultivées a conduit à la mise en place de nombreuses études sur les moyens de lutte contre les pucerons (traitements insecticides, vaporisation d'huiles, lutte biologique, utilisation de répulsifs, plantes résistantes,Etc.).

1). Prévention

L'utilisation des pièges à succions, pièges collantes, pièges jaunes (Le puceron aime le jaune, cette attirance est mise à profit par les aphidologues qui disposent sur le terrain des pièges de cette couleur pour détecter les attaques de pucerons (Baulte et al ,2007). C'est une méthode habituelle de surveillance des populations (Hulleet al.1998).

Il est recommandé de ne pas trop fertiliser les plantes et d'éviter les fertilisants chimiques à action rapide, spécialement ceux qui sont riches en azote et qui favorisent la croissance rapide des pousses, qui attirent les pucerons, (Tanya ,2002).

1).1. Contrôle biologique

Les pucerons constituent une ressource alimentaire abondante et régulière utilisée par de nombreux organismes. La lutte biologique repose sur l'utilisation de ces organismes, appelés ennemis naturels ou auxiliaires des cultures, pour réduire les populations de pucerons (Hulleet al., 1998).

Les pucerons sont communément attaqués par de nombreux ennemis naturels commedes prédateurs, des insectes parasitoïdes et des champignons pathogènes d'insectes.

Les prédateurs des pucerons tuent leurs proies pour s'en nourrir. Chacun d'entre eux a besoin de plusieurs proies pour effectuer son développement. On y compte quelques oiseaux, comme les mésanges, des araignées et surtout des insectes, notamment les coccinelles dont les larves et les adultes se nourrissent de pucerons, mais aussi les syrphes et les chrysopes, dont seules les larves sont prédatrices de pucerons.

Les parasitoïdes de pucerons appartiennent à l'ordre des hyménoptères, tout comme les guêpes ou les fourmis. Ces minuscules guêpes, principalement de la famille des Braconidae (sous-famille des Aphidiinae) mais aussi des Aphelinidae.

Certaines espèces de champignons microscopiques, essentiellement des entomophthorales, peuvent infecter les pucerons. Une fois les pucerons tués par ces champignons, leurs cadavres sporulent sous l'action combinée de l'humidité et de la température **(Turpeau-Aitighitet al.,2011)**.

1).2. Lutte chimique contre les pucerons

Dans le souci de maintenir un état sanitaire des vergers compatible avec les exigences économiques, des mesures de lutte, sous forme de traitements aphicides, sont effectuées chaque année à l'encontre de plusieurs pucerons.

Les traitements aphicides doivent viser à toucher et bien mouiller les colonies existantes. Pour atteindre les pucerons protégés par les feuilles enroulées, il faut utiliser un produit systémique ou faire une pulvérisation très fine (type brouillard) pénétrant bien dans la végétation.

Le choix de la matière active est un autre élément à retenir. Certes les produits spécifiques sont d'un cout plus élevé, mais ils ont l'avantage de ménager des auxiliaires. De même, il faut que les doses soient bien étudiées, de manière à éviter de tuer les ennemis naturels **(Bayoun et al, 1995)**.

Les produits les plus couramment utilisés sont le Karaté à une dose de 10L/ha, le Lannate à 9L/ha et le Cytrol Alpha à 7L/ha.

L'époque la plus favorable pour les applications insecticides contre les pucerons se situe au printemps (moment où les fondatrices vont donner plusieurs générations de femelles parthénogénétiques appelées fondatrigènes). Il est nécessaire d'intervenir dès l'apparition des premières colonies.

Le nombre d'applications varie selon les années, les régions et surtout selon l'importance des attaques. **(Bayoun et al, 1995)**.

I.C. Bactérie entomopathogène, *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (Btk)

I.C.1. Généralités

Bacillus thuringiensis fut découvert en 1902 au Japon, sur des chenilles du malade du vers à soie. Il fut commercialisé pour la première fois en France contre la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*). Depuis, de nombreuses souches aux propriétés insecticides, ont été mises en évidence, dont *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* est une bactérie naturelle non génétiquement modifiée de la famille des Bacillacées. Le Btk produit six toxines Cry différentes (Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab, Cry2Ac), et il est utilisé principalement pour lutter contre certains lépidoptères ravageurs (chenille processionnaire du pin, piéride du chou, sphinx de la tomate...). Btk est commercialisé sous plusieurs noms (Dipel®, Bacivers, Bactura, Biobit ...) **Anonyme (2013) ; Chenchouna et Torchi (2021)**

I.C.2. Taxinomie

Selon **Bulla et al, (1979)**. La bactérie appartient à :

Règne: Bacteria

Embranchement : Firmicutes

Classe : Bacilli

Ordre: Bacillales

Famille: Bacillaceae

Genre : *Bacillus*

Espèce: *Bacillus thuringiensis*

Sous espèce : *Bacillus thuringiensis var. kurstaki*

I.C.3. Cycle de développement et mode d'action

Dans la nature, *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* est un organisme du sol même. Son cycle de développement se déroule en 2 phases: une phase de division cellulaire et une phase de formation de spores. Durant cette dernière, la bactérie produit des cristaux protéiques spécifiques qui, couplés aux spores, lui permettent de tuer le ravageur. La bactérie se nourrit et se multiplie alors au sein de l'insecte mort. Elle peut vivre en saprophyte sur de la matière organique.

Les spores permettent à la bactérie de survivre dans les conditions défavorables (manque de nourriture) et peuvent être rencontrées dans divers endroits tels que l'eau et sur les feuilles des arbres. Les bactéries sont disséminées par voie aérienne

(vent) mais aussi par des organismes non ciblés comme les mammifères, les poissons et les oiseaux (présence dans les excréments (**Bulla et al, 1979**)).

Bacillus thuringiensis var. kurstaki n'agit qu'après ingestion des organes végétatifs traités. Ce sont surtout les jeunes larves qui sont les plus sensibles. La bactérie produit des spores et des cristaux protéiques. Ces derniers sont responsables de la mort du lépidoptère. La libération des cristaux n'a lieu que dans des conditions chimiques et biologiques très spécifiques (pH>9). Les très petites protéines endommagent la paroi intestinale du ravageur en la perforant, les spores bactériennes pénètrent alors à l'intérieur de l'organisme et s'y multiplient. Le métabolisme du ravageur se perturbe, il va arrêter de se nourrir.

Le ravageur meurt deux à cinq jours après avoir ingéré la bactérie. On observe alors quelques spécimens paralysés et morts, qui pendent aux feuilles, fixés par leurs crochets (**Vassal, 2004**).

II. Partie matériels et méthodes

II.A. Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude vise d'une part l'identification morpho taxinomique des espèces d'Aphides parasitant les agrumes de la Mitidja et d'autre part à l'évaluation bactéricide de *Bacillus thuringiensis var kurstaki* sur le puceron *Toxoptera citricidus* Vecteur de la Tristeza. L'étude s'est étalée sur une période de 3 mois, du 27 avril 2022 au 01 juillet 2022. L'identification systématique et le test biocide ont été réalisés au niveau du laboratoire de l'Institut Technique d'arboriculture Fruitière de Tessala El Merdja.

II.B. Présentation de la plaine de Mitidja

II.B.1. Situation géographique

La Mitidja est la plus vaste plaine sublittoral d'Algérie, elle s'étend sur une longueur de 100 km et une largeur de 5 à 20 km, soit une superficie de 140.000 hectares (**Fig.II.1**)

La Mitidja est limitée :

- Au nord par la ride du Sahel et le vieux massif du Chenoua.
- Au nord-est par Oued Reghaia et Oued Boudouaou.
- Au nord-ouest et à l'ouest se situe le Djebel Chenoua, la chaîne du Boumaad et Djebel Zaccar.
- Au sud, l'atlas Mitidjien est constitué de chaînons des Soumatra, du Zaccar et de l'Atlas Blidéen.
- A l'est se trouve des hauteurs et de collines de la basse Kabylie (**Mutin, 1977**).

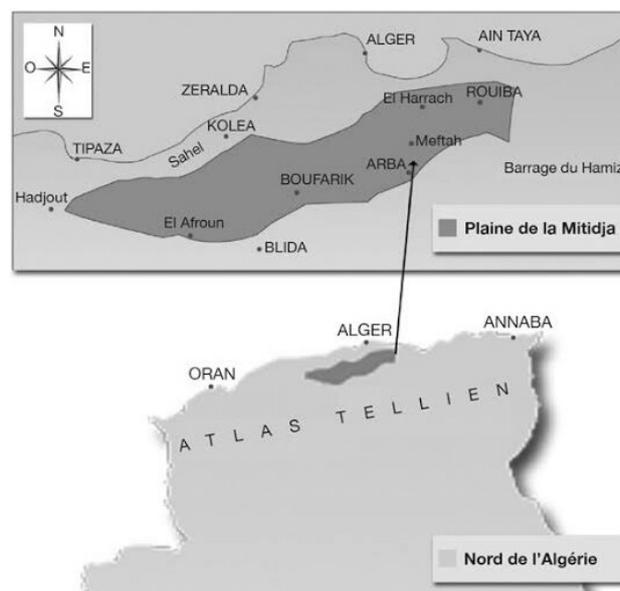


Figure II. 1 La région de Mitidja (<https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=8650>).

II.B.2. Stations d'étude

1). Institut National de la Protection des Végétaux de Boufarik(L'INPV)

L'Institut National de la Protection des Végétaux de Boufarik(L'I.N.P.V)se situe au centre de la plaine de la Mitidja à 7 Km au nord-ouest de la ville de Boufarik, avec une altitude moyenne de 20m au niveau de la mer (**Fig.II.2**). Le verger d'étude s'étend sur deux hectares dont un hectare est planté d'agrumes, le reste se compose de nombreux arbres fruitiers à s'avoir : abricotier, poirier, pommier, pêcher, grenadier, figuier et olivier en plus de quelques cognassiers.



Figure II. 2 Localisation géographique de (L'INPV de Boufarik) (**Googlemaps.com**)

2). Station de Beni Tamou (Annexe ITAF,Tessala El Merdja)

La commune de Beni Tamou (**Fig.II.3**), est située au centre de la wilaya de Blida, à environ 6 km au nord de Blida , bordée au Nord et au West par oued Alleug au Sud par Beni Merred et la route nationale Est-West et à l'Est par la base aérienne de Boufarik elle est caractérisée par un climat méditerranéen avec été chaud.



Figure II. 3 Localisation géographique de la station de Beni Tamou (Annexe ITAF, Tessala El Merdja) ([Googlemaps.com](https://www.google.com/maps))

3). Station de CitéKritli (Blida)

La station de CitéKritli est située au nord – est de Blida, bordée au West par Beni Tamou au sud Beni Meraed et à l'est par la base aérienne de Boufarik (**Fig.II.4**), elle est caractérisée par un climat méditerranéen.



Figure II. 4 Localisation géographique de la station de CitéKritli(Blida)([googlemaps.com](https://www.google.com/maps))

4). Station de Khemisti(Tipaza)

La station de Khemisti est située au nord-est de Tipaza, bordée au nord par la mer méditerranéenne, au sud par la ville de Attatba et à l'est par la ville de Drimini (**Fig.II.5**). Elle couvre une superficie de 1.381 km, elle est caractérisée par un climat méditerranéen.



Figure II. 5 Localisation géographique de la station de Khemisti ([googlemaps.com](https://www.google.com/maps))

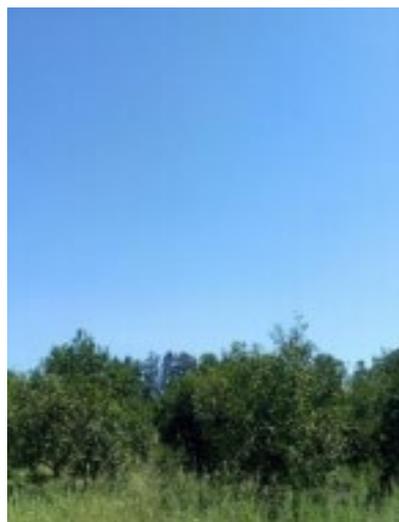
II.B.3. Méthodologie suivie pour l'identification des aphides

1). Sur le terrain

Dans le but d'identifier les pucerons parasitant les vergers d'agrumes des quatre stations d'études: L'I.N.P.V de Boufarik, Beni Tamou(AnnexeITAF,Tessala El Merdja) , CitéKritli(Blida), Khemisti (Tipaza) (**Fig.II.6**),des prélèvements de jeunes pousses infestées par les pucerons se font à l'aide d'un sécateur de chaque direction cardinale de la couronne, Est, Ouest, Nord ,Sud et le centre sur des arbres choisis aléatoirement .Pour séparer les différents échantillons prélevés, nous avons utilisé des sachets en matière plastique étiquetés, portant le nom du végétal, la date et le lieu du prélèvement.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure II. 6 Stations d'échantillonnage (a : L'INPV de Boufarik ; b : Beni Tamou (Annexe ITAF, Tessala El Merdja) ; c : CitéKritli ; d : Khemisti (Tipaza))

2). Au laboratoire

Les jeunes pousses acheminées au laboratoire sont observées sous loupe binoculaire, les pucerons collectés ont été comptés puis conservés dans des tubes à essai contenant de l'éthanol à 70° Jusqu'à leur montage et leur identification (**Fig.II.7**).



Figure II. 7 Observation des jeunes pousses sous loupe binoculaire et Comptage des pucerons (**Originale,2022**)

3). Montage et identification des pucerons

L'objectif principal du montage des aphides est d'obtenir des pucerons totalement transparents, dont le tégument peut être parfaitement visible sur les deux faces (dorsale et ventrale) quand l'échantillon est observé sous microscope. La technique de préparation des pucerons est inspirée de celle qui est utilisée par **Heikinheimo (1988)** et par **Blackman et Eastop (2006)**. Elle comprend les phases suivantes :

- L'incision du puceron à l'aide d'une épingle entomologique au niveau de la face ventrale du puceron entre le quatrième et sixième sternite abdominal.
- Le dégraissage du puceron pour en extraire toutes les réserves lipidiques. Le puceron est chauffé dans une solution d'hydroxyde de potassium à 10% (KOH) pendant 5 à 10 minutes ou laissez-le dans (KOH) pendant 24h.
- Le nettoyage (après dégraissage), de la pièce dans trois bains d'eau distillée afin d'enlever les traces de potasse.
- Le montage du puceron est réalisé entre lame et lamelle dans une goutte du milieu de Faure pour puceron. Les spécimens préparés ont été identifiés sous microscope à l'aide de la clé de **Blackman et Eastop (2006)**.

II.B.4. Méthodologie suivie pour le test biocide par la bactérie entomopathogène, *Bacillus thuringiensis var kurstaki*

1). Le puceron noir des agrumes, *Toxoptera citricidus*

Les adultes du puceron noir des agrumes, *Toxoptera citricidus* soumis aux tests bios pesticides ont été récolté à partir de jeunes pousses de Mandarine infestées, provenant du verger d'agrumes de la station de CitéKritli (Blida).

2). La bactérie entomopathogène, *Bacillus thuringiensis var kurstaki*

La bactérie entomopathogène, *Bacillus thuringiensis var kurstaki*, nous a été aimablement fournie par l'Institut National de la Recherche Agronomique de Relizane, Algérie.



Figure II. 8 Bactérie, *Bacillus thuringiensis var kurstaki* (Originale,2022).

3). Conduite du test de toxicité

Trois concentrations ont été testée (D1=0,37g/l; D2=0,75g/l ; D3= 1.5g/l) en diluant 1.5g de poudre de *Bacillus thuringiensis var kurstaki* dans 1000 ml d'eau distillé (Fig.II.9). Sur les adultes aptères du puceron noir des agrumes, *Toxoptera citricidus*. 10 individus ont été prélevées à l'aide d'un pinceau et placés dans des boîtes de Pétri de 90mm de diamètre, contenant chacune trois feuilles tendres d'agrumes uniformément imprégnées par les trois concentrations. Trois répétitions ont été réalisées pour chaque dose.

Trois boîtes de pétris témoins ont été également constitués, contenant des feuilles tendres seulement. L'efficacité de chaque dose a été déterminée en relevant le nombre d'aphides morts dans chaque boîte de Pétri, 24, 48 et 72 heures après exposition (Fig.II.10).



Figure II. 9 Préparation des doses de la bactérie, *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* (Originale,2022).



Figure II. 10 Dispositif expérimentale du test de toxicité de *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* (Originale,2022).

II.B.5. Méthodes d'exploitations des résultats :

1). Mortalité observée

Nous avons calculé la mortalité dans l'échantillon testé en sommant le nombre de pucerons morts dans l'ensemble des tests d'exposition répliqués et en exprimant cette somme sous forme de pourcentage par rapport au nombre total de pucerons exposés. Le même taux a été calculé pour les témoins

$$\text{Mortalité observée} = \frac{\text{Nombre total de pucerons morts}}{\text{Effectif total de l'échantillon}} \times 100$$

Si le taux de mortalité observée est $\geq 20\%$ chez les témoins, les résultats du test devront être écartés. Lorsque ce dernier est compris entre 5% et 20%, la mortalité observée doit être corrigée à l'aide de la formule d'Abbott1925 de la façon suivante :

$$\text{Mortalité corrigée} = \frac{(\% \text{ mortalité observée} - \% \text{ mortalité chez les témoins})}{(100 - \% \text{ mortalité chez les témoins})} \times 100$$

Si la mortalité chez les témoins est $< 5\%$, aucune correction n'est nécessaire sur les résultats de test.

2). Détermination de la DL₅₀, DL₉₀ et TL₅₀

Un insecticide est d'autant plus puissant à l'égard d'une population d'insectes donnée si la dose utilisée est faible pour détruire un pourcentage de cette population. Cette dose d'insecticide nécessaire pour obtenir un pourcentage donné de mortalité est appelée dose Pour calculer la DL₅₀, dose nécessaire et suffisante pour tuer 50% d'une population exposée une transformation en probit des pourcentages de mortalité est nécessaire. L'analyse des données se fait par la méthode gaussarithmétique habituellement utilisée pour les tests insecticides. Elle permet de tracer des droites de régression probit en dressant le taux de mortalité en fonction de la concentration en insecticide.

L'équation de la droite est de type $y = ax + b$ Où

$y =$ probit 50 pour chercher DL₅₀ ($y = 5$) et probit 90 pour chercher la DL₉₀ ($y = 6.28$) (cavelier, 1976).

a = la pente.

x = logarithme de dose.

b = valeur de l'axe des ordonnées.

Pour calculer la TL₅₀, temps létal au bout duquel on obtient 50% de mortalité une transformation en probit de temps d'exposition est nécessaire. L'analyse des données se fait par la méthode gaussarithmétique habituellement utilisée pour les tests insecticides.

Elle permet de tracer des droites de régression probit en dressant le taux de mortalité en fonction de temps

III. Résultats et discussions

III.A. Inventaire systématique des pucerons

III.A.1. Résultats

Les espèces Aphidiennes inventoriées dans les quatre stations d'études L'I.N.P.V de Boufarik, Beni Tamou (Annexe ITAF, TassalaEl Merdja), Cité kritli (Blida), Khemisti (Tipaza) sont classées selon le catalogue des Aphididae du monde de **Remaudière et Remaudière (1997)**, sont consignées dans le tableau 01.

Tableau III. 1Liste des espèces Aphidiennes inventoriées sur agrumes dans la région de Mitidja

Famille	Sous famille	Tribu	Genres	Espèces
Aphididae	Aphidinae	Aphidini	<i>Aphis</i>	<i>Aphis citricola</i> (Patch ,1914) <i>Aphis gossypii</i> (Glover, 1877)
			<i>Toxoptera</i>	<i>Toxoptera aurantii</i> (Fonscolombe ,1841) <i>Toxoptera citricidus</i> (Kirkaldy ,1907)

III.A.2. Discussion

Les prospections menées dans les quatre stations d'étude, L'I.N.P.V de Boufarik, Beni Tamou (Annexe ITAF,Tessala El Merdja), CitéKritli (Blida) et Khemisti (Tipaza)de la région de Mitidja a permis de noter 4 espèces de pucerons réparties en une seule famille Aphididae(tableau 01).Celle-ci est représentée par 2 genres, il s'agit de*Toxoptera* et *Aphis* .

Le genre *Toxoptera* renferme 2 espèces (*Toxoptera citricidus* et *Toxoptera aurantii*), soit 50% des espèces identifiées. Le genre *Aphis* compte également 2 espèces représentées par *Aphis citricola* et *Aphis gossypii*. Sur les quatre aphides inventoriés et identifiés dans les quatre sites d'études,

Les pucerons *T. aurantii*, *A. citricola* et *A. gossypii* ont été déjà signalées dans les par **Benouflella-Kitous (2005)** dans la région de Oued-Aussi sur les Orangers et les Clémentiniers et par **Kouahla et al.(2018)** dans la région de Guelma sur les Orangers. L'espèce a été déjà signalé par **Louzabi et Sennia (2019)** dans la Mitidja

III.B. Répartitionne pucerons identifiés par stations d'études

III.B.1. Résultats

Les résultats de la répartition des pucerons identifiés par stations d'études sont représentés dans le tableau 02.

Tableau III. 2 Richesse des Aphididae identifiées par stations d'études

Stations Espèces	L'INPV (BOUFARIK)	Beni Tamou (Annexe de ITAF, Tassala El Merdja)	Cité Kritli (Blida)	Tipaza (Khimisti)
<i>Aphis gossypii</i> (Glover 1877)	+	-	+	-
<i>Aphiscitricola</i> (Patch ;1914)	+	+	+	+
<i>Toxoptera aurantii</i> (Fonscolombe ; 1841)	+	+	+	-
<i>Toxoptera citricidus</i> (Kirkaldy ; 1907)	+	-	+	-

(+): Présence ; (-): Absence

III.B.2. Discussion

D'après le tableau 6, nous notons que la station de Cité Kritli (Blida) et L'INPV de Boufarik affichent le plus grand nombre d'espèces de puceron (n=4). Suivie par la station de Beni Tamou (Annexe ITAF, Tassala El Merdja) et Khemisti (Tipaza) avec, 2et 1 espèces de pucerons respectivement. Le puceron commun aux quatre stations prospectées est *A.citricola*. Ce dernier a été déjà signalé dans L'INPV de Boufarik par **Bezari et Cherifi (2021)**.

III.C. Répartition des pucerons identifiés par espèces d'agrumes

III.C.1. Résultats

Les résultats de la répartition des pucerons identifiés par espèce d'agrumes sont représentés dans le tableau 03.

Tableau III. 3 Absence et présence des pucerons par espèces d'agrumes.

Espèces \ Variétés	Oranger (<i>Thomson navel</i>)	Mandarinier	Citronnier	Bigaradier
<i>Aphis gossypii</i> (Glover 1877)	+	+	-	-
<i>Aphis citricola</i> (Patch ;1914)	+	+	-	-
<i>Toxoptera aurantii</i> (Fonscolombe ; 1841)	+	+	+	-
<i>Toxoptera citricidus</i> (Kirkaldy ;1907)	+	+	+	-

(+): Présence ; (-): Absence

III.C.2. Discussion

La répartition des pucerons identifiées par espèces d'agrumes (Tableau 3) révèle la présence de quatre espèces de pucerons sur les Orangers (*Thomson navel*) et le Mandariniers. Il s'agit d'*A. citricola*, *A.gossypii*, *T.aurantii* et *T.citricidus*. Le Citronnier est faiblement parasité par *T.aurantii* et *T.citricidus*. Cependant le Bigaradier était indemne de toute infestation de pucerons dans les quatre stations d'études. Nous avons noté une forte infestation des Orangers (*Thomson navel*) et des Mandariniers par les quatre espèces de pucerons identifiés dans la station de L'INPV de Boufarik et la Cité Kritli (Blida).

III.D. Identification des pucerons inventoriés et symptômes d'attaques

III.D.1. Identification

La détermination des différentes espèces de pucerons est très délicate, elle repose également sur des critères macroscopiques et microscopique

a). *Aphis gossypii* (Clover,1877)

Le puceron *Aphis gossypii* est appelé communément le puceron du melon. Les individus sont de couleur jaunâtre à vert sombre (Fig.III.1.a), d'une longueur de 1.2 à 2.2mm, les antennes sont jaunes pâles, Les cornicules sont noires et la queue (cauda) est pâle généralement de la couleur du corps, (Blackman et Eastop, 2006). Elle est ornée de 5 à 7 soies (Fig.III.1.d).(Halbert et al., 2000), le sinus frontal est profondément sinué avec un tubercule frontal médian distinct(Fig.III.1.b), Les ailés sont généralement verts à vert foncé portant de courtes antennes (Halbert et al., 2000).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure III. 1 Individu d'*Aphis gossypii*(a : aptère ;b : la tête ;c : Cornicule ;d :Cauda)(Originale,2022).

b). *Aphis citricola*(Patch, 1914)

Ce puceron a pour synonymes *Aphis spiraecola* Patch, 1914, *Aphis bidentis* Theobald, 1929 et *Aphis pseudopomi* Bertles, 1973 (Remaudiere Et Remaudiere, 1997). L'individu aptère d'*A. citricola* est de couleur jaune citron à vert pomme (Fig. III.2. a).Le sinus frontal faiblement et régulièrement sinué (Fig. III.2.b).Les antennes sont jaunes a la base et enfumées à leur extrémités sur les cinquième et sixième articles. Les pattes postérieures portent des fémurs et des tibias de teinte brunâtre à brun noir. La cauda est arrondie à son extrémité. Elle montre un étranglement au tiers basal. Elle porte 6 à10 soies caudales (Barbagallo, 1966 In Aroun ,1985). Les cornicules sont cylindriques (Fig. III.2.c), de couleur noire et sont plus longues que la cauda.



(a)



(b)



(c)

Figure III. 2Individu d'*Aphis citricola*(a : aptère ; b : la tête ; c : Cornicule)

(Originale,2022).

c). *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841)

L'individu aptère est brun foncé à brun noir (Fig. III.3.a). Les antennes sont formées de 6 articles dont le troisième est plus long que le quatrième. La partie basale du troisième, du quatrième et du cinquième, ainsi que la partie apicale du sixième article, appelée processus terminalis sont plus clairs que le reste de l'antenne. Le dernier segment abdominal forme la cauda. Elle est digitiforme et porte 18 soies caudales. Les cornicules sont plus longues que la cauda a proximité des cornicules, il y a des sclerites post-corniculaires à aspect très réticule, bien caractéristique de l'espèce (Remaudière Et Remaudière, 1997). L'adulte ailé mesure environ 3 mm, Il est de couleur brun-noir à noir (Fig. III.3.b), avec les cornicules et la cauda noires (Blackman et Eastop, 2006).



(a)



(b)

Figure III. 3 Individu de *Toxoptera aurantii* (a : aptère ; b : ailée) (Originale, 2022).

d). *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy,1907)

Les adultes aptères sont de taille moyenne de 1,5 à 2,8mm de long. Ils sont brillants, brun très foncé à noir (**Fig. III.4.a**). La queue est épaisse et arrondi au sommet (**Anonyme, 2006**).

Les adultes ailés sont distinctifs. Ils peuvent être reconnus par des segments noirs antennaires remarquables I, II et III (**Halbert et al., 2000**). Le 3^{ème} segment antennaire est totalement noir suivi d'un 4^{ième} segment pâle. La nervure médiane des ailes antérieures est bifurquée deux fois (**Fig. III.4.b**). Les siphoncules mesurent environ 1/6 de la longueur du corps et sont fortement sculptés, la partie caudale est arrondie en forme de bulbe à son extrémité (**Fig. III.4.a**). (**Stoetzel, 1994**).



(a)



(b)

Figure III. 4 Individu de *Toxoptera citricidus* (a : aptère ; b : aile antérieure) (**Originale, 2022**).

III.D.2. Symptômes d'attaques

Nous avons noté une grande diversité de symptômes pouvant être provoqués par le virus du CTV (**Fig. III.5**). Il en ressort la dominance du symptôme d'enroulement des feuilles qui est un symptôme typique d'attaque Aphidienne suivi de feuille en cuillère, jaunissement, éclaircissement des nervures, dessèchement des feuilles et branches et la formation de fumagine. Ces symptômes sont déclarés comme signes de présence du CTV (**Alloune, 2011; Bouafia, 2011; Moudoud, 2012 ; Bouzidi et Guettouche, 2012 ; Belkahla et al. 2013 ; Merouane, 2013 ; Sadouki, 2013 ; Chanane et Seffar, 2014 ; Aliarous S, 2020**) au niveau des différentes stations agrumicoles de la Mitidja.



Figure III. 5 Symptômes d'attaque des feuilles d'agrumes par les aphides causant jaunissement, enroulement et formation de fumagine (**Originale, 2022**)

III.E. Evaluation de la toxicité de *Bacillus thuringiensis var kurstaki* sur *Toxoptera citricidus*

III.E.1. Résultats

Les résultats de l'évolution de la mortalité corrigée moyenne cumulée des adultes aptères de *Toxoptera citricidus* en fonction des doses croissantes de *Bacillus thuringiensis var kurstaki* et de la durée d'exposition sont représentés par le tableau 04 et la figure III.6 .

Tableau III. 4 Taux de mortalité moyen cumulé corrigée des adultes aptères de *Toxoptera citricidus* exposés à *Bacillus thuringiensis var kurstaki*

Temps \ Dose	Dose			
	Témoin	D1 0,37g/l	D2 0,75g/l	D3 1,5g/l
24h	0	10%	13,30%	6,66%
48h	10%	18,44%	25,92%	55,55%
72h	16.6%	23,98%	47,96%	95,99%

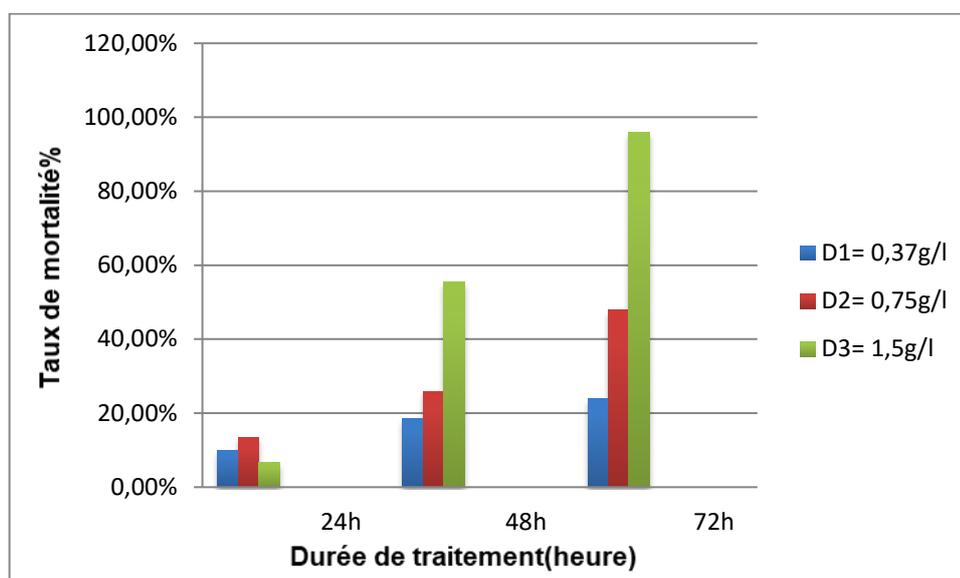


Figure III. 6 Evolution de la mortalité corrigée en fonction du temps et des doses.

III.E.2. Discussion

À la lecture des résultats du tableau 04 et la figure 25, nous notons que la mortalité du puceron *Toxoptera citricidus* induite par *Bacillus thuringiensis var kurstaki* varie en fonction du temps et de la dose. La mortalité enregistré 24 h après traitement était faible 6.66%, 13.30% et 10% respectivement pour les doses D3=1.5 g/l, D2= 0,75g/l, et D1=0.375g/l. Après 48 heures de traitement, le taux de mortalité obtenu est 55, 55%, 25,92% et 18,44% respectivement pour les doses D3=1.5 g/l, D2= 0,75 g/l, et D1= 0.375 g/l. 72heures après traitement le taux de mortalité est 95,99%, 47,96%, 23,98% respectivement pour les doses D3=1.5 g/l, D2= 0,75 g/l et D1=0,375 g/l. La mortalité la plus forte (95 ,99%) a été enregistrée 72 h après traitement, avec la plus grande dose (D3=1.5g/l).Le faible taux de mortalité enregistré 24 h après traitement est probablement due à la toxicité retardée du biopesticide, qui a besoin d'une grande période d'exposition. Nos résultats sont en accord avec ceux de **Anonyme(2012)** qui rapporte que les insectes traités par Btk cessent de s'alimenter en moins de quelques heures et meurent au bout de 2-5 jours et que le taux de mortalité est plus faible pour une courte durée d'exposition (24h et 28 h) quel que soit la concentration utilisée

D'après **Chaufaux (1994)**, la mort de l'insecte intervient en 24h à 48 heures après l'ingestion des cristaux de *Bacillus thuringiensis var kurstaki*. Elle produit une toxine qui, lorsque ingérée par la chenille va arrêter de se nourrir (détruit son système digestif) puis elle meurt dans les jours suivants du traitement. De même les travaux de **Chenchouna et Torchi (2021)** ont montré que l'effet toxique du Btk augmente avec la durée d'exposition des larves de la pyrale des dattes qu'à l'augmentation des concentrations du biopesticide

Boutiche et al (2017) ont montré également que *Bacillus thuringiensis var kurstaki* est une bonne alternative naturelle contre *Culex pipiens*..

III.F. Evaluation de la DL₅₀ et la DL₉₀ de Btk sur *T.citricidus*

III.F.1. Résultats

➤ Calcul des DL₅₀ et DL₉₀

Le calcul des DL₅₀ et DL₉₀ de Btk rapporté au temps d'exposition, nous renseigne sur le degré de toxicité de ce biopesticide. Les logarithmes décimaux des doses ont été portés en abscisse et les probits des pourcentages de mortalité en ordonnées. Les résultats concernant les valeurs des DL₅₀ et DL₉₀ 24 h et 48h après traitement sont rapportés dans le tableau 5 et la figure 26

Tableau III. 5 Toxicité de *Bacillus Thuringiensis var kurstaki* sur *T.citricidus*.

Temps (heure)	Equations des droites de régressions	R ²	DL ₅₀	DL ₉₀
48h	1,7191x + 4,7286	0.9078	1,44 g/l	7,99g/l
72h	3,8993x + 5,7617	0.9306	0,64 g/l	1,36g/l

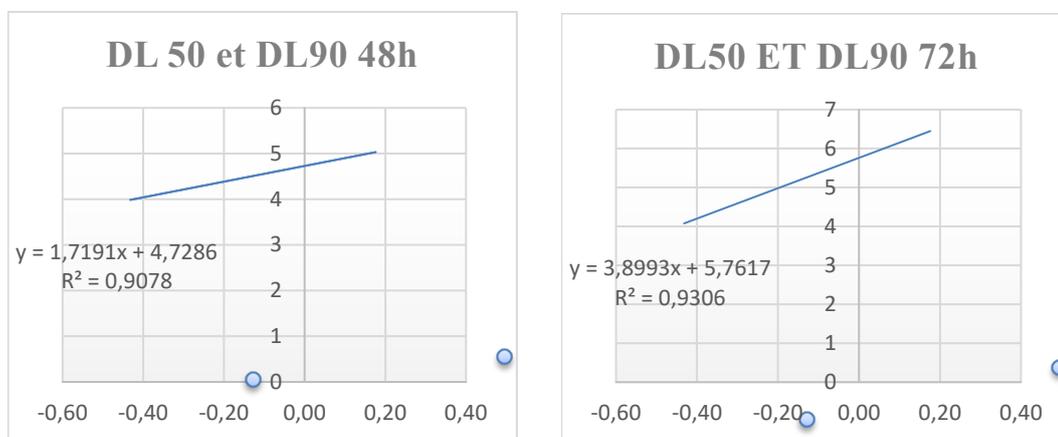


Figure III. 7 Droites de régression exprimant le taux de mortalité de *Toxoptera citricidus* en fonction de la concentration de *Bacillus Thuringiensis var kurstaki*.

III.F.2. Discussion

Les résultats du tableau 05 montrent que les DL₅₀ et les DL₉₀ les plus élevées (DL₅₀=1.44g/l, DL₉₀=7.99g/l) ont été noté 48h après exposition avec $R = 0.9078^2$ et une droite de regression, $y=1,7191x + 4,7286$. Alors que les DL₅₀ et les DL₉₀ les plus faibles (DL₅₀=0.64g/l, DL₉₀=1.36g/l). Ont été noté 72h après exposition avec $R = 0.9306^2$ et une droite de regression, $y=3,8993x + 5,7617$.

D'après Valadez-Lira et al.(2011)et Gama et al .(2013) une relation négative peut être observée entre le temps d'exposition et la DL₅₀ pour le *B. thuringiensis*, cela signifie que avec un temps d'exposition plus long, la valeur DL₅₀ diminue et le taux de mortalité des larves *Aedes aegypti* augmente (Mehaoua et al. 2013) .

III.G. Evaluation de TL₅₀ et TL₉₀

III.G.1. Résultats

Le Calcul des TL₅₀ et TL₉₀, temps léthal au bout duquel on obtient 50% et 90%de mortalité du puceron *Toxoptera citricidus*, par le biopesticide Btk, nous renseigne sur la variation du temps provoqué par la variation de la dose. Les résultats concernant les valeurs des TL₅₀ et TL₉₀des 3 doses sont rapportées dans le tableau 6 la figure27

Tableau III. 6 Equations des droites de régressions et valeurs des TL₅₀ et TL₉₀ pour chaque dose de traitement utilisée

Doses	Equations des droites de régressions	R ²	TL ₅₀ (heure)	TL ₉₀ (heure)
D1 = 0.37g/l	$y = 1,0222x + 2,3614$	1	381,32	6815,48
D2 =0.75g/l	$y=3,3505x - 1,3031$	1	76,07	183,35
D3 = 1.5g/l	$y = 8,5751x - 9,2868$	1	46,35	65,37

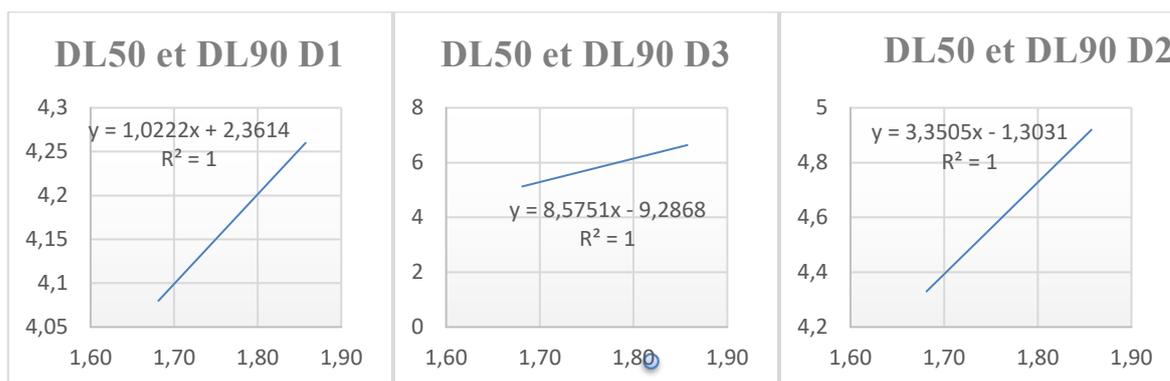


Figure III. 8 Efficacité de *Bacillus thuringiensis var kurstaki* dans le temps vis-à-vis de *Toxoptera citricidus* traitées par les doses D1, D2 et D3.

III.G.2. Discussion

Les résultats du tableau 05 montrent que le temps le plus court qui tue 50% et 90% de la population de l'aphide *Toxoptera citricidus* (46,35 et 65,37h respectivement) est obtenu avec la plus forte dose (D3 = 1,5 g/l).

Conclusion

A l'issu de cette étude consacrée essentiellement à l'identification morpho taxinomique des Aphides parasitant les agrumes de la Mitidja et l'évaluation bactéricide de *Bacillus thuringiensis var kurstaki* sur le puceron *Toxoptera citricidus* vecteur de la Tristeza, les principaux résultats acquis sont :

- ✚ L'inventaire systématique des pucerons mené dans la Mitidja a permis de noter 4 espèces réparties en une seule famille, Aphididae. Il s'agit de *Toxoptera citricidus*, *Toxoptera aurantii*, *Aphis citricola* et *Aphis gossypii*. Toutes ces espèces sont vecteur de maladies virale, la Tristeza.
- ✚ Les vergers d'agrumes de Cité Kritli (Blida) et L'INPV de Boufarik affichent le plus grand nombre d'espèces de puceron (n=4). Suivie par la station de Beni Tamou (Annexe ITAF, Tassala El Merdja) et Khemisti (Tipaza) avec, 2 et 1 espèces de pucerons respectivement.
- ✚ Une forte infestation des Orangers (*Thomson navel*) et des Mandariniers a été noté dans la station de L'INPV de Boufarik et Cité Kritli.
- ✚ Le Bigaradier était indemne de toute infestation de pucerons.
- ✚ Les essais de toxicité préliminaires de *Bacillus thuringiensis var kurstaki* à l'égard de *Toxoptera citricidus*, ont montré que le taux de mortalité augmente avec la durée d'exposition des pucerons aux biopesticide.
- ✚ Le faible taux de mortalité enregistré 24 h après traitement est probablement due à la toxicité retardée du biopesticide, qui a besoin d'une grande période d'exposition.
- ✚ La plus forte mortalité 95,99% a été enregistrée 72h après traitement, avec la plus grande dose (D3=1.5g/l).
- ✚ Les DL50 et les DL90 les plus élevées (DL50=1.44g/l, DL90=7.99g/l) ont été noté 48h après exposition avec $[R^2=0.9078]$ et une droite de régression, $y=1,7191x + 4,7286$. Alors que les DL50 et les DL90 les plus faibles (DL50=0.64g/l, DL90=1.36g/l). Ont été noté 72h après exposition avec $[R^2=0.9306]$ et une droite de régression, $y=3,8993x + 5,7617$
- ✚ Le temps le plus court qui tue 50% et 90 % de la population de l'aphide *Toxoptera citricidus* (46,35 et 65,37h respectivement) est obtenu avec la plus forte dose (D3=1,5g/l).
- ✚ En perspective, il serait intéressant de poursuivre la recherche des pucerons vecteurs de maladies virales dans d'autres stations de la Mitidja afin d'envisager une protection prématurée de nos vergers dans les années à venir.

Annexe

Annexe 1. Rendement moyen des vergers agrumicoles en Algérie par région

Au-dessus de 20t/ha		Entre 15-20t/ha		Entre 10-14t/ha	
Wilaya	Rendement	Wilaya	Rendement	Wilaya	Rendement
Mostaganem	25.5	Relizane	19.4	Annaba	13.9
Boumerdes	23.7	El-tarf	17.7	Jijel	12.7
Blida	23.4	Tizi-ouzou	17.3	Bejaia	11.7
Médéa	21.6	Alger	17.0	Bechar	10
		Skikda	15.5		
		Chlef	15.5		

Références bibliographiques

1. **Alloune, A. (2011).** Etude de virus de la Tristeza des agrumes (Citrus Tristeza Virus) dans la plaine de la Mitidja: Identification serologique et inventaire des vecteurs. Mem. Ing. Agro. Blida, Pp 60.
2. **Amizet L. (1960).** Considération sur l'état actuel de la lutte contre les viroses des arbres fruitiers.
3. **Anonyme. (2006)** .*Toxoptera citricida*. Bulletin 36: 451-456. OEPP/EPPO, Pp 5.
4. **Anonyme. (2012).** Pesticides à risque réduit et bio-pesticides. Guide de la culture.
5. **Anonyme. (2013).**Fiche technique sur le Btk - *Bacillus thuringiensis*sp fruitière. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales de l'Ontario. 21.
6. **Aroun M. (1985).** Les aphides et leurs ennemis naturels en vergers d'agrumes de la Mitidja. Premières Journées d'Etudes INA, Alger, 1-6 .p.
7. **Assabah, A. (2002).** Point réglementation et certification des Algériennes en Algérie. Option méditerranéenne B 43, 39 -43 p.
8. **Barbagallo S., Cocuzza G., Cravedi P et Komazaki S (2007).** IPM case studies: tropical and subtropical fruit trees. In H. F., van Emden, R. Harrington (Eds.). Aphids as crop pests. CAB International, UK. pp. 663-67.
9. **Bayoune I.M., Plapp F.W., Gilstrap F.E. And Michels G.J.,(1995).** Toxicity of selected insecticides to Diuraphisnoxia (Homoptera,Aphididae) and it'snaturalennemies .jour. Of Econo. Entomo.88(5),1177-1185.
10. **Benassy. (1975).** Les cochenilles des agrumes dans le bassin méditerranéen. Ann. Inst . Nat.
11. **Benoufella-kitous K. (2005).** Les pucerons des agrumes et leur ennemis naturels à Tizi-Ouzou. Institut national agronomique de El'Harrache. 185p.
12. **Bennoufla -Kitous K. (2005).** Les pucerons des agrumes et leurs ennemi naturelle à Oued Aïssi(Tizi-Ouzou). Mémoire de Majester protection des végétaux, INA El Harrach, 222p .
13. **Bellabas A. (2010).** Etude de base sur les agrumes en Algérie (Baseline study on citrus in Algeria). Rapport de mission. Programme regional de gestion intégrée des ravageurs pourle Proche-Orient, FAO, Rome.
14. **Bellabas A. (2011).** Étude de base sur les agrumes en AlgérieEd.FAO(Rome) ,45p.
15. **Belkahla H., Larbi D., Bouafia L., Moudoud R., Gettouche F., Bouzidi S. (2013)** .Serodetection of Citrus Tristeza Closterovirus (ctv) in Algeria. Amer-Euras. J. Suit. Agri, 7(1) : 2013 ISSN 1995-0748. Pp 10-13.
16. **Bezari ., Cherifi. (2021).** L'extraction des nématodes phytoparasites et leurs identifications systématiques et des parasites vivants sur la strate foliaire, Blida, 31p.
17. **Blackman RL., Eastop VF. (2006).** Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs. An identification and information guide. 2nd edition. Vol2, John Wiley and Sons, Chichester, 1415p.
18. **Bouillie I. (1948).** Affections et maladies diverses des agrumes. Directions de l'Agriculture, Maroc, 1947, les agrumes au Maroc, p53-54,8fig.
19. **Bulla L., Davidson L., Kramer K., Jones B. (1979)** .Purification of the insecticidal toxin from the parasporal crystal of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*". Biochem. Biophys.Res. Commun. 91: Pp 1123–1130.
20. **Bové JM. (1995).** Maladies virales et pseudo-virales des agrumes dans la région du Proche-Orient. FAO Rome Eds : 5.
21. **Boulfekhar-Ramdani H. (1998).** Inventaire des acariens des citrus en mitigeur. Annales de l'Institut national agronomique El Harrach 19, 30 -39 p.

22. **Boudi M. (2005).** Vulgarisation agricole et pratique des agrumiculteurs de mitigeur institut national agronomique, El Harrach, Alger ,133 p.
23. **Bouafia L.F.(2011)** . Etude de virus de la Tristeza des agrumes (Citrus Tristeza Virus) en Algerie. Mem. Mag. Agro. Blida. Pp 87
24. **Bousbia N. (2011).** Extraction des antioxydants à partir de produits naturels et co-produits agroalimentaires. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Alger. 124p
25. **Bouzidi S., Guettouche F. (2012).** Etude de virus de la Tristeza (Citrus Tristeza Virus) des agrumes dans la plaine de la Mitidja : Identification sérologique par DTBIA et biologique). Mem. Ing. Agro. Blida. Pp 52.
26. **Boutiche S., Flissi S. (2017).** L'évaluation des risques chimiques au sein de la SNVI-ROUIBA (CIR) par l'outil OPER@. Université M'hamed Bougara- Boumerdes.
27. **Chaufaux J. (1994).** Utilisation de bio-pesticides contre les ravageurs des cultures : le sur Bacillus thuringiensis. Journale.insectes et cultures : 2-6.
28. **Chanane B., Seffar M.L. (2014)** . Recherche et identification des pucerons vecteurs du Citrus Tristeza Virus sur agrumes. Mem. Ing. Biotech. Blida. Pp 64.
29. **Chenchouna I, Torchi F.(2021).** Essai de lutte biologique contre la pyrale des dates (*Ectomyelois Ceratoniae Zeller*)
30. **Crossa-Raynaud P. (1960).** Les principales maladies des agrumes dans le bassin méditerranéen. Gommoses et maladies 2I VTTUS. Fruits et Primeurs, mai 1960, vol.310.110 3 0, p99-106
31. **Dambier et al. (2011).** Somatic hybridization for citrus rootstock breeding: an effective tool to solve some important issues of the mediterranean citrus industry-30(5) :883-900
32. **Delassus M.et a. (1931).** Les ennemies des cultures fruitières en Algérie et les moyens pratiques de les combattre,197p
33. **Dedryver. C.A.(1982).** Qu'est-ce qu'un puceron, journ. D'info etd'étude« : les pucerons des cultures, Le 2, 3 et 4 mars 1981. Ed. Bourd, Paris, 9-20.
34. **D'Onghia AM et Lacirignola C. (1998).** Major virus and virus-like diseases of citrus in the Mediterranean Proceedings of the Mediterranean Network on Certification of Citrus (1995-1997). Serie B: studies and research, 21, options méditerranéennes. CIHEAM/D.G.I., 152pp.
35. **EL Ferran A. (2003).** Étude du virus de la tristiza à des agrumes (CTV) en Algérie : Séro et Biodétection, efficacité de la transmission par différents vecteurs inventoriés. Mémoire de Magister en sciences agronomique. Option : amélioration des productions végétales.
36. **Farrag SN., Omar MA .(1969)** .The present status of citrus virus diseases in Algeria. Agricult. Research review Dokhi 47, 5
37. **FAO. (1996).** Citriculture in Algeria. Part II, Chapter 8.
<http://www.fao.org/docrep/U5000E/U5000E0b.htm#Chapter%208:%20Algeria>.
38. **FAOSTAT. (2019).** Food and agriculture data. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.
39. **Fouarge C. (1990).** Les pucerons sont -ils si dangereux ? Revue Agronomie Belge, Vol. 47 : 4-6.
40. **Frezai P. (1954).** Les maladies virus formes des citrus et les problèmes qu'elles posent en Afrique du nord. Congrès de la Protection des Végétaux et de leurs Produits sous Climats.
41. **Fraval. A.(2006)** - Les pucerons. Insectes 3 n°141.
42. **Fredon.(2008)** – fiche technique sur les pucerons, France.
43. **Godin. C., & Boivin. G. (2002)** - Guide d'identification des pucerons dans les cultures maraîchères au Québec.

44. **Halbert S.E., and Brown L.G. (1998).** *Toxoptera citricida*(Kirkaldy), Brown Citrus aphid-identification, Biology and management strategies. Entomol. Circular 374. Pp 3-6.
45. **Halbert S.E., Remandiere G., And Webber S.E. (2000).** Newly established and rarely collected Aphids (Homoptera: Aphididae) In Florida and the South Eastern United States. Florida Entomol. 83. Pp 79-91
46. **Heikinheimo O. (1988).** Mounting techniques, Aphid collection. In: Minks, A.K. et Harrewijn, P. (eds). Aphids, their biology, natural enemies and control. Amsterdam, Elsevier, 31-44.
47. **Hulle M., Turpeau E., Leclant F., Et Rahn M.J.(1998).** Les pucerons des arbres fruitiers. Cycle biologique et activités de vol .Ed . Asso. Coord. Tech .agri. (A.C.T.A.) et Inst. nat. rech . agro. (I.N.R.A.), Paris, 77p.
48. **Hullé M, Turpeau-Ait Ighil E, Yvon R et Monnet Y. (1999).** Les pucerons des plantes maraîchères. In : Bulletin de la Société entomologique de France 104 (4), octobre 1999. p. 356.
49. **Josephine.P. (2012).** Différenciation génétique et écologique des populations du puceron *Brachycaudus helichrysi*(Hemiptera : Aphididae) : mise en évidence de deux espèces sœurs aux cycles de vie contrastés. Thèse de doctorat. Ecole Doctorale : Systèmes Intégrés en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosociences, Environnement, Sibaghe, Montpellier, France, 255 P
50. **Karboa M. (2001).** L'agrumiculture en Algérie. Option méditerranéenne n°43.Ed : CIHEM.PP 21-26
51. **Kouahla Amira et al (2018).** Inventaire des insectes ravageurs dans quelques vergers d'agrumes dans la région de Guelma : Université 8 Mai 1945 Guelma, 34p
52. **Lamour R. (1947)** . La terrible écorce écaillée ou psorose» envahit les orangeries de la frite du Nord.Rev.fr.Oranger, mai1947, VOL17, n°180,167-168p.
53. **Larbi D., Ghezli C., Djelouah K. (2009).** Historical review of Citrus Tristeza Virus (CTV) in Algeria.In: D'Onghia AM, Djelouah K et Roistacher CN (eds). Citrus Tristeza Virus and *Toxoptera citricidus*: A serious threat to the Mediterranean, Options Méditerranéennes. Série B : Studies and Research, Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes, N° B65, IAM-Bari. pp. 107-110
54. **Leclant F. (2000).** Les pucerons des plantes cultivées : clefs d'identification. III cultures fruitières, INRA, Paris, Pp 7-12
55. **Lebbal Salim. (2016).** L'étude bio écologique des pucerons inféodés aux agrumes dans la région de Skikda test de doctorat en sciences agronomique. Option : protection de plantes. Université Blida 1, 55 p.
56. **Loussert R. (1985).** Les agrumes. Ed. J. B .Bailliére, Paris, 136 p.
57. **Loussert R. (1987).** Les agrumes Arboricultures. Ed. Lavoisier, Paris, vol. N°1 ; 113P.
58. **Loussert R. (1989)** .Les agrumes Arboricultures Méditerranéenne, Tome 1.Ed. Tec ET Doc, Paris, 136p.
59. **Louzabi N., Sennia N. (2019).** Recherche et identification morphologique des pucerons vecteurs de la tristeza sur agrumes dans la région de la Mitidja et essai de lutte biologique par un biopesticide, 54p.
60. **Madrp .(2018).** Statistique Agricole, superficies et productions, SERIE B, 2016. Ministry of agriculture, rural development and fishing of Algeria. 77p.

61. **Merouane K. (2013)** : Etude du virus de la Tristeza (Citrus Tristeza Virus) dans certains vergers d'agrumes dans la plaine de la Mitidja : Identification sérologique par DTBIA et inventaire des pucerons. Mem. Ing. Agro. Blida. Pp57
62. **Mehaoua M.S., Hadjeb A., Lagha M., Bensalah M.K. et Ouakid M.L. (2013)**. Study of the Toxicity of Azadirachtin on Larval Mortality and Fertility of Carob Moth's Female *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera, Pyralidae) Under Controlled Conditions. American Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. 7: 1-9.-Moscardi F.1999.
63. **Moudoud R. (2012)**. Etude de virus de la Tristeza des agrumes (CTV) identification par ELISA et DTBIA. Mem. Mag. Blida. Pp127.
64. **Mutin G. (1977)**. La Mitidja décolonisation et espaces géographiques, Ed. OPU, Alger,607P.
65. **Navarro L. (2015)**. The Spanish citrus industry. Acta Hortic 1065, 41-48
66. **Padilla C. (2011)**. Comparative evaluation of phenol oxidase activity in different larval stages of four lepidopteron pests after exposure to *Bacillus thuringiensis*. J Insect Sci 12: 1-11.
67. **Pena et al. (2007)**. Citrus biotechnology in agriculture and forestry.60 transgenic crops. volume 5ed. T Nagata:HLorz and JM.Wdholm identifications systématiques et des parasites vivants sur la strate foliaire, Blida, 31p
68. **Polése J.M. (2008)**. La culture des agrumes, Ed. Artémis France, pp 95
69. **Rabatel.A. (2011)**. Développement embryonnaire du puceron *Acyrtosiphon pisum*: caractérisation de voies métaboliques et gènes clé dans les interactions trophiques avec *Buchnera aphidicola*. Thèse de doctorat. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France, 223 P.
70. **Rebour H. (1950)**. Les agrumes en Afrique de Nord. Union des syndicats de producteur D'agrumes, 477p.
71. **Rebour H. (1982)**. La culture des agrumes an Algérie. Documents Algériens. Série économique.Agrumiculture.
72. **Remaudiere G., Remaudierem. (1997)**. Catalogue des Aphididae du monde (Homoptera, Aphidoidea), Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, France. 475p
73. **Remaudière G., Remaudière M. (1997)**. Catalogue Des Aphididae Du Monde (Homoptera, Aphidoidea). p. 475. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, France.
74. **Sadouki A. (2013)**. Etude du virus de la Tristeza au niveau des vergers et des pépinières agrumicoles dans la région de la Mitidja: détection sérologique par DTBIA et enquête sur les méthodes de contrôle. Mem. Ing. Argo. Blida Pp57.
75. **Saraoui N . (2016)**. L'agrumiculture, stratégies de développement. Journée nationale sur l'agrumiculture. 02 Février 2016. Communication. Blida, Algeria.
76. **Schimmenti E., al (2013)**. Growth of citrus production among the Euro-Mediterranean countries: political implications and empirical findings.Spanish journal of Agricultural Research 11(3) ,561-577p
77. **Stoetzel M.B. (1994)**. Aphides (Homopetera: Aphinidae) of potential importance on Citrusin the United States with illustrated keys species. Proc. Entomol. Soc. Wath. Pp74-90. www.tbs-sct.gc.ca
78. **Swingle W.T Reece; P.C .(1967)**.The botany of citrus and its wild relatives. In Reuther W., Batchelor, L, D., Webber; H.J (Eds). The citrus.
79. **Tanya D.(2002)**– Aphids. Bio-Integral Resource Center, Berkeley

80. **Thomas. (1999).** Butterfly distributional patterns processes and conservation. Conservation in a changing world: integrating processes into priorities for action (eds,G.M.Mace,ABalmford&J.R.Ginsberg).symposium of the zoological Society of London. Cambridge University Press, Cambridge.
81. **Turpeau-Ait Ighile ., Robert Y.,Monnet Y .(2011).** Les pucerons des plantes maraichères. Cycles biologiques et activités de vol. Ed.Asso. .Coor. Tech. Agri. (A.C.T.A.) et Inst. nati .rech .agro .(I.N.R.A.), Paris,136 p.
82. **Valadez-Lira J.A. Alcocer-Gonzalez JM., Damas G., Nunuz-Mejia G., Oppert B., Rodriques Padilla C. (2011).** Comparative evaluation of phenol oxidase activity in different larval stages of four lepidopteron pests after exposure to *Bacillus Thuringiensis*. J Insect Sci 12 : 1-11.
83. **Vassal, J. M. (2004).** *Bacillus thuringiensis* : mode d'action et résistance. Atelier Projet Gerico du 06 au 10 décembre 2004