



DEPARTEMENT D'AGRONOMIE
MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

MEDISSEM Mohamed ElAmine

et

BAAMEUR CHIEKH Zakaria

Pour l'obtention du diplôme de

Master en AGRONOMIE

Spécialité : Protection des Cultures

THÈME

Évaluation des effets de quatre bio-insecticides (Azadirachtine, Sincocin, Spinosad, Bacillus thuringiensis) sur Aphis gossypii et ses complexes parasitaires.

Soutenue le 20 /09 /2020

DEVANT LE JURY :

Qualités	Noms et prénoms	Grades	Établissements
Président	Dr Saiah Farida	M.C.B	UAIB Mostaganem
Encadreur	Dr Arbaoui Mohamed	M.C.B	UAIB Mostaganem
Co-encadreur	Dr Ghelamallah Amine	M.C.A	UAIB Mostaganem
Examineur	Dr Debba Mohamed Elbachir	M.A.A	UAIB Mostaganem

Thème réalisé au Laboratoire de Protection des Végétaux

Année universitaire 2019-2020.

Remerciement

Tous d'abord, nous remercions Allah de nos avoir donné la santé, le courage et la patience, et de nous avoir mis sur les chemins de savoir.

Nos vifs remerciements à M^{me} Saiah Farida pour avoir accepté de présider ce jury.

Nous adressons le grand remerciement à notre encadreur Mr Arbaoui Mohamed qui nous a proposé le thème de ce mémoire, pour sa disponibilité, ses conseils, la confiance qu'il nous a accordé et ses directives du début à la fin de ce travail.

Nos remerciements à notre Co-encadreur Mr Ghelamallah Amine avec un grand cœur, pour sa disponibilité, pour les précieux conseils constructifs.

Nous remercions vivement Mr : Deba Mohamed Elbachir d'avoir bien accepté d'examiner ce travail.

Nos remerciements sincères vont également à tous l'équipe de l'atelier agricole de l'université de Mostaganem pour son aide précieuse lors des travaux de l'atelier.



Dédicace

*A vous mes chères parent
Mes mots sont insignifiants pour exprimer
Vos efforts et vos conseils ainsi que votre amour
Que ce travail témoigne notre gratitude à votre égard.*

*A mes frères
mes sœurs
mes cousins
mes tantes*

Et toute ma famille.

*Je dédie aussi mes amis Youcef, Ahmed, Ilyass, Ihab.
Mohamed, Khoudir, Brahim, Kacem.
Et tous personnes Qui ont contribué Directement ou
indirectement à la réalisation de cette
mémoire.*

*Et A vous mes amis (es) et mes collègues
A mes professeurs dans tous les cycles qui m'ont éclairé la vie du
savoir.*

Et toute la promotion de protection des cultures.



Résumé

La protection phytosanitaire utilise la lutte chimique, qui reste le moyen le plus adéquat dans la lutte contre les ennemis des cultures, les plants de poivrons infestés par le puceron *Aphis gossypii* sont traités avec quatre produits bio-insecticides Azadirachtine (neem azal), Sincocin (Sincocin AG), Spinosad (TRACER 240 SC), *Bacillus thuringiensis* (B410) avec une dose homologuée pour chaque produit. Les traitements ont duré 6 jours, contre les ravageurs (les Aphides) et quatre ennemis naturels de ces ravageurs qui sont les Coccinelles, les Syrphes, les Parasitoïdes au stade adulte et les larves de cécidomyies. Les trois produits bio-insecticides (Azadirachtine, Sincocine, Spinosad) ont affronté une mortalité d'individus dès les premiers jours, par contre, le bio-insecticide *Bacillus thuringiensis* n'a donné de bons résultats, les Coccinelles et Syrphes (les ennemis naturels) sont faiblement sensibles aux trois produits, par contre, les parasitoïdes et les cécidomyies sont très sensibles.

Mots clés : Bio-insecticides, *Aphis gossypii*, *Bacillus thuringiensis*, Cécidomyies, Parasitoïdes.

Abstracte

Phytosanitary protection uses chemical control, which remains the most adequate means in the fight against crop enemies, the pepper plants infested by the aphid *Aphis gossypii* are treated with four bio-insecticide products Azadirachtin (neem azal), Sincocin (Sincocin AG), Spinosad (TRACER 240 SC), *Bacillus thuringiensis* (B410) with an approved dose for each product.

The treatments lasted 6 days, against pests (Aphids) and four natural enemies of these pests which are Ladybirds, Syrphids, Parasitoids at the adult stage and midge larvae.

The three bio-insecticidal products (Azadirachtin, Sincocine, Spinosad) faced a mortality of individuals from the first days, on the other hand, the bio-insecticide *Bacillus thuringiensis* did not give good results, Ladybugs and Syrphes (the natural enemies) are weakly sensitive to all three products, on the other hand, parasitoids and midge are very sensitive.

Key words: Bio-insecticides, *Aphis gossypii*, *Bacillus thuringiensis*, Midge, Parasitoids.

المخلص

تستخدم "المكافحة الكيميائية" لحماية النباتات ، والتي تظل الوسيلة الأكثر ملاءمة في مكافحة أعداء المحاصيل قمنا بمعالجة نباتات الفلفل التي ينتشر فيها المن بأربعة مبيدات حشرية حيوية هي :

- ازاديراكتين (neem azal)
- سنكوسين (Sincocin) AG
- سبينوزا (TRACER 240 SC)
- *Bacillus thuringiensis* (B410)

بجرعة معتمدة لكل منتج

استمرت العلاجات 6 أيام ضد الآفة (حشرات المن) وأربعة أعداء طبيعيين لهذه الآفة وهي: الدعسوقة ، والسيرفيدية ، والطفيليات في مرحلة البلوغ ، ويرقات ذباب العفص. واجهت منتجات المبيدات الحشرية الحيوية الثلاثة:

(Azadirachtin) و Sincocine و (Spinosad)

نقوم في الفعالية منذ الأيام الأولى ، في حين لم يعط المبيد الحيوي (*Bacillus thuringiensis* (B410) نتائج إيجابية.

بالنسبة للأعداء الطبيعيين للمن: الدعسوقة والسيرفيدية كانت ضعيفة الحساسية لجميع المنتجات الثلاثة ، من ناحية أخرى ، فإن الطفيليات وذباب العفص كانت حساسة للغاية.

الكلمات المفتاحية: المن, المبيدات, سنكوسين, سبينوزا, ازاديراكتين, ب401

Liste des tableaux

Partie expérimentale : Chapitre I

Tableau 1 : principaux pays producteurs des cultures maraichères dans le monde (tonnes)(FAO,2015).....	6
Tableau 2 : Superficie et production maraichère dans le bassin méditerranéen (FAO, 2015).....	7
Tableau 3 : Importance des superficies et des rendements du poivron sous serre en Algérie (2003-2013) (FAO, 2015).....	7
Tableau 4 : Évolution des superficies et production du poivron sous serre dans la région de Mostaganem (DSA, 2019).....	8
Tableau 5 : Les maladies cryptogamiques principales qui menacent le poivron.....	12
Tableau 6 : Principales maladies bactériennes du poivron.....	12
Tableau 7 : Principales maladies virales du poivron.....	13
Tableau 8 : Matières actives homologuées en Algérie contre le puceron.....	29
Tableau 9 : Biopesticides importants (Poulver et al., 2003).....	36

Partie expérimentale : Chapitre IV

Tableau 10 : ANOVA à deux facteurs mélangés aléatoirement avec $\alpha = 5\%$, du nombre de morts chez <i>Aphis gossypii</i> in vivo traités avec quatre bio-insecticides dans la durée en jour.....	51
Tableau 11 : ANOVA à deux facteurs mélangés aléatoirement avec $\alpha = 5\%$, du nombre de morts de coccinelles in vivo traités avec quatre bio-insecticides dans la durée en jour.....	52
Tableau 12 : ANOVA à deux facteurs mélangés aléatoirement avec $\alpha = 5\%$, du nombre de morts de parasitoïdes in vivo traités avec quatre bio-insecticides dans la durée en jour.....	53
Tableau 13 : ANOVA à deux facteurs mélangés aléatoirement avec $\alpha = 5\%$, du nombre de morts de syrphes in vivo traités avec quatre bio-insecticides dans la durée en jour.....	54

Tableau 14 : ANOVA à deux facteurs mélangés aléatoirement avec $\alpha = 5\%$, du nombre de morts de Cécidomyie <i>in vivo</i> traités avec quatre bio-insecticides dans la durée en jour.....	55
Tableau. 15 : Comparaison entre le pourcentage de taux de mortalité d’Aphis gossypii sous l’effet des quatre bioinsecticides pendant 6 jours de traitement.....	56

Listes des figures

Partie bibliographique: Chapitre I

Fig. 1. Plant de poivron (Originale, 2020).....	5
Fig. 2. La production des cultures sous serre dans la région de Mostaganem 2014-2016 (DSA, 2017)	9

Partie bibliographique : Chapitre II

Fig.3. Morphologie d'un puceron. (cotier 1953).....	17
Fig. 4. Les deux formes d'un puceron (Dedryver, 1982).....	19
Fig. 5. Cycle de vie d'un puceron (Celini, 2001).....	20
Fig. 6. <i>Aphis gossypii</i> (Original, 2020).....	24
Fig. 7. Colonies de puceron <i>Aphis gossypii</i> (Original, 2020).....	25

Partie expérimentale : Chapitre III

Fig.8. Plant de poivron (Originale, 2020).....	44
Fig. 9. Pucerons dispersés sur une feuille du poivron (Originale, 2020).....	45
Fig. 10. Coccinelle à sept points (<i>Coccinella septempunctata</i>) au stade, œuf, adulte (Original, 2020).....	45
Fig. 11. Syrpe adulte (Originale, 2020).....	45
Fig. 12. Parasitoïdes (Originale, 2020).....	46
Fig. 13. Larve d'une cécidomyie (Originale, 2020).....	46
Fig. 14. Site d'expérimentation de Mazagran (Google Earth, 2020).....	47
Fig. 15. Cages d'expérimentation (Originale, 2020).....	49
Fig. 16. Nombre de morts d' <i>Aphis gossypii</i> in vivo sous l'effet de quatre bio-insecticides en 6 jours de traitement. Les données représentent la moyenne de trois répétitions et la barre d'erreur indique l'écart type moyen.....	51
Fig. 17. Nombre de morts coccinelles in vivo sous l'effet de quatre bioinsecticides en 6 jours de traitement.....	52

Fig. 18. Nombre d'individus morts de parasitoïdes in vivo sous l'effet de quatre bio-insecticides en 6 jours de traitement.....	53
Fig. 19. Nombre d'individus morts de syrphes in vivo sous l'effet de quatre bioinsecticides en 6 jours de traitement.....	54
Fig. 20. Nombre d'individus morts de cécidomyies in vivo sous l'effet de quatre bioinsecticides en 6 jours de traitement.....	55
Fig. 21. Effet comparatif des quatre bio-insecticides (Aza, Spi, Sin et Bth) sur <i>Aphis gossypii</i> pendant 6 jours de traitement.....	56

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

F A O : Food and Agriculture Organisation.

Ha : Hectare.

T : Tonne.

Qx : Quintaux.

D S A : Direction des Services Agricoles.

C° : Degrée Celsius.

Mm : Millimètre.

M : Mètre.

Cm : Centimètre.

Kg : kilogramme.

N : Azote.

P : Phosphore.

K : Potassium.

L1, L2, L3 et L4 : Larves du 1er, 2ème, 3ème et 4ème stade de puceron et prédateurs (coccinelle, cécidomyie et syrphé).

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Résumé

Abstracte

الملخص

Listes des tableaux

Listes des figures

Liste des abréviations

Introduction..... 1

1^{ère} Partie : Étude bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le poivron (*Capsicum annuum*. L)

1. Origine et description de poivron 5
2. Systématique du poivron 6
3. Importance économique de la culture du poivron 6
 - a. Dans le monde..... 6
 - b. Dans le bassin méditerranéen 6
 - c. Dans l'Algérie 7
 - d. Dans la région de Mostaganem 8
4. La production du poivron par rapport aux autres cultures maraichères sous serres : ... 9
5. Variétés du poivron cultivé en Algérie 9
6. Facteurs abiotiques limitant la production du poivron 9
 - a. Choix du sol 9
 - b. Qualité des milieux..... 10
 - c. Le besoin en eau 10
 - d. La température..... 10
 - e. Lumière 10
 - f. Humidité 11
 - g. Le pH..... 11
 - h. La fertilisation 11
7. La situation phytosanitaire du poivron..... 11
 - a. Mauvaises herbes 11

b. Les maladies cryptogamiques	11
c. Les ravageurs du poivron.....	13
i.Les acariens.....	13
ii.Nématodes :.....	13
iii.Les insectes.....	14
1.Thrips :	14
2.Aleurodes.....	14
3.Pucerons	14
Chapitre II- Généralités sur le ravageur (<i>Aphis gossypii</i>)	
1. Généralités sur les pucerons	16
1.1. Systématique	16
1.2. Morphologie externe.....	17
1.2.1. La tête.....	17
1.2.2. Le thorax.....	17
1.2.3. L'abdomen	18
1.3. Biologie.....	18
1.4. Le polymorphisme	21
1.4.1.Les formes ailées et aptères.....	21
- La formation d'individus sexuées :	21
- La production d'individus ailés :.....	21
1.5. Les dégâts causés par les aphides	22
1.6. Les dégâts indirects.....	22
1.7. Miellat et fumagine	22
1.8. Transmission des virus phytopathogènes	22
1.9. Les modes de transmission.....	23
- Les virus circulaires (persistants)	23
- Les virus non circulaires	23
- Virus non persistants	23
-Virus semi-persistants	24
1.10. Espèce <i>Aphis gossypii</i> Glover	24
1.10.1.Description	24
1.10.2.Systématique	25
1.11. Biologie d' <i>Aphis gossypii</i> :	25
1.12. Caractéristiques morphologiques :.....	25
Chapitre III : Méthode de lutte	
Introduction :.....	27

1. Les méthodes de lutte préventive.....	27
1.1. La lutte prophylactique.....	27
1.2. La lutte physique	28
2. Les méthodes de lutte curative.....	28
2.1. La lutte chimique.....	28
2.2. Lutte biotechnique.....	29
2.3. Lutte biologique.....	29
2.3.1 - Les prédateurs	30
- Les coléoptères.....	30
* Les coccinelles (<i>Coccinellidae</i>).....	30
- Les dermoptères (Forficules)	31
- Les diptères.....	31
* Les syrphes (<i>Syrphidae</i>).....	31
* Les cécidomyies (<i>Cecidomyidae</i>).....	31
- Les Hétéroptères (Punaises)	32
* Les anthocorides (<i>Anthocoridae</i>).....	32
* Les mirides (<i>Miridae</i>)	32
* Les nabides (<i>Nabidae</i>)	32
- Les Névroptères (chrysopes et hémérobés).....	32
- Thysanoptères (Thrips)	33
- Arachnides prédateurs	33
- Les parasitoïdes	33
- Les micro-organismes	33
* Les champignons	33
* Les nématodes.....	33
* Les bactéries.....	33
* Les virus.....	33
2.4. Lutte intégrée.....	34
Chapitre IV - Les biopesticides	
Introduction	36
1. Quelques biopesticides importants	36
2. Biopesticides microbiens.....	39
2.1. Les Bactéries	39
2.2. Les Champignons	39
2.3. Les Virus	40
2.4. Les Protozoaires	40
3. Biopesticides biochimiques.....	40

4. Biopesticides utilisés dans la lutte contre les insectes	41
4.1. Azadirachtine (extrait de neem).....	41
4.2. <i>Bacillus thuringiensis</i> (b401).....	41
4.3. Spinosad (TRACER 240 SC)	41
4.4. Sincocin (Sincocin AG)	42

2^{ème} Partie : Partie expérimentale

Objectif du travail

Matériels et Méthodes.....	44
1.1. Matériel végétal.....	44
1.2. Matériel animal.....	44
1.2.1. Les Aphides.....	44
1.2.2. Les ennemis naturels des aphides	45
1.2.2.1.Les coccinelles	45
1.2.2.2.Les syrphes	45
1.2.2.3.Les parasitoïdes	46
1.2.2.4.Les cécidomyies.....	46
1.3. Méthode d'étude.....	47
1.3.1.Site expérimental	47
1.4. Caractéristiques du sol	47
1.5. Les produits utilisés	47
1.5.1.Azadiractine	48
1.5.2.Spinosad	48
1.5.3.Sincocin.....	48
1.5.4.<i>Bacillus thuringiensis</i>.....	48
1.6. Traitement	48

Analyse statistique

3^{ème} partie : Résultats et discussion

1. Effet des bio-insecticides sur <i>Aphis gossypii</i>.....	51
2. Effet des bioinsecticides sur les coccinelles	52
3. Effet des bio-insecticides sur les parasitoïdes	53
4. Effet des bioinsecticides sur les syrphes.....	54
5. Effet des bioinsecticides sur les cécidomyies.....	55
6. Étude comparative des bioinsecticides	56
Discussion.....	57
Conclusion générale	60

Annexes

Références bibliographiques

Introduction

Introduction

En Algérie, la production du poivron occupe un rôle vital dans l'économie et dans la vie sociale, car elle présente une source de financement et d'offre d'emplois pour le marché national.

Le poivron est menacé par plusieurs ravageurs comme le puceron, les aphides sont des déprédateurs préoccupants sur de nombreuses cultures. Ils affectent aussi bien les cultures maraîchères que les grandes cultures, les vergers ou les cultures florales.

Ces pucerons qui s'installent précocement sur les cultures, présentent un taux de multiplication exceptionnel. Leurs caractéristiques biologiques en font des ravageurs permanents et redoutables. Ils sont à l'origine de nombreux dégâts, importants à tous les stades de la culture (Bouhroua, 1987).

La lutte contre ces pucerons est plus facilement réalisable par l'application de produits insecticides de synthèse qui peuvent limiter leurs populations à un seuil tolérable (Lopes et al., 2012). Ce moyen de lutte peut entraîner plusieurs effets néfastes tels que la réduction des ennemis naturels, l'apparition de souches résistantes chez les ravageurs, etc. C'est le cas d'*Aphis gossypii* qui a développé une résistance contre un nombre important de matières actives (Wang et al., 2007). Cependant, de nombreuses études orientées vers la lutte biologique visent à exploiter et valoriser l'action de nombreux ennemis naturels et produits d'origine biologique. Cette méthode suppose la connaissance parfaite de la biologie du ravageur en question et celle de ses ennemis naturels (Estevez et al., 2000).

Parmi les agents de lutte biologique utilisés contre les pucerons les prédateurs, c'est dernier se distinguent des parasites par le fait que leur développement dépend de plusieurs individus « proies » (Lyon, 1983). Ils tuent et consomment leurs proies souvent au stade larvaire (Dib, 2010). Ils sont généralement de taille plus grande que leurs proies (Dib, 2010). L'adulte peut avoir le même régime alimentaire que la larve (les forficules) ou, au contraire, il peut avoir un régime différent polliniphage, nectariphage ou, encore, se nourrir de miellat des Homoptères (les syrphes) (Dib, 2010). Nous retrouvons des espèces prédatrices, de façon importante, chez neuf ordres d'insectes (Dib, 2010) mais principalement représentés par les Hémiptères, Coléoptères, Diptères, Névroptères et Hyménoptères (Boivin, 2002).

Nous nous sommes intéressés à expérimenter l'efficacité de quatre bio-pesticides dans deux cas (*in vivo* et *in vitro*). Ces bioinsecticides sont : l'Azadirachtine (neem azal), le Sincocin (Sincosin AG), le Spinosad (Tracer 240 SC) et le *Bacillus thuringiensis* (B410), sur une espèce de puceron d'*Aphis*

gossypii qui a été notifié comme le ravageur le plus fatale sur la culture de poivron, en même temps, voir l'effet de ces bioinsecticides sur les ennemis naturels.

1ère Partie :
Étude bibliographique

Chapitre I :

Généralités sur le poivron

1ère Partie : Étude bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le poivron (*Capsicum annuum*. L)

1. Origine et description de poivron

Le poivron (*Capsicum annuum*. L) est une plante annuelle de la famille des solanacées, il est originaire d'Amérique du sud et centrale (El-Omairini, 2000). Il a un peu plus d'un siècle, abordé et conquis tous les continents dans leur partie tropicale ou tempérés chaudes (Pochard et *al.*, 1992).

Il est cultivé comme plante potagère pour ses fruits consommés, crus ou cuits, comme légumes. Le fruit renferme 10 à 13% de matière sèche, 04 à 06% de sucres, 1,5 à 2% de protéines et de grandes quantités de sels minéraux (Potasse), son principal intérêt est la teneur en vitamine C. Il semble qu'il contient 4 à 5 fois plus de vitamine C que le citron (Alfadl, Elattir et Skiredj, 2003).

La plante atteint de 40 à 50 cm de haut en général. Les feuilles, ovale, elliptique ou lancéolée, à bord régulier, généralement glabre mais parfois plus ou moins recouverte de poils. Les fleurs, nombreuses et petites, sont blanches, à pétales soudés et pointus, au nombre de 6 à 8. Le fruit est une baie « gonflée » développé très rapidement, couleurs très variable (rouges, jaunes) (Anonyme, 2015)



Fig. 1- Plant de poivron (Originale, 2020)

2. Systématique du poivron

- Règne : Plantae
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Ordre : Solanales
- Famille : Solanaceae
- Genre : Capsicum
- Espèce : Capsicum annum Linnaeus

3. Importance économique de la culture du poivron

a. Dans le monde

Le poivron reste l'une des cultures maraichères les plus cultivées à travers les cinq continents. Une évolution progressive dans le temps de la superficie mondiale réservée à la culture du poivron en plein champ et sous abris (Tableau 1). Cette évolution est très marquée durant la dernière décennie. La production mondiale de poivrons dépasse les 34 millions de tonnes. Selon les données de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, le record de production mondiale de poivron a été atteint en 2016 avec 34 497 460 T. Ce chiffre est 3,66% plus haut par rapport à l'année dernière et 25,78% supérieur à celui d'il y a 10 ans. Au total, dans le monde, 1 938 788 ha sont consacrés à cette culture ce qui induit un rendement de 1,78 kg/m² (FAO, 2016).

Tableau 1 : principaux pays producteurs des cultures maraichères dans le monde (tonnes) (FAO, 2015)

N°	Pays	Production (Tonnes)	N°	Pays	Production (Tonnes)
01	Chine	583321399	11	Espagne	12701300
02	Inde	121015200	12	Nigéria	11923961
03	Usa	34279961	13	Brésil	11458208
04	Turquie	28280809	14	Japon	11314562
05	Iran	23651582	15	Indonésie	10243856
06	Egypte	19590963	16	Ukraine	9872600
07	Russie	15485353	17	Algérie	6788809
08	Viet Nam	14975501	18	Philippines	6367844
09	Mexique	13238236	19	France	5235330
10	Italie	13049171	20	Pakistan	5059691

b. Dans le bassin méditerranéen

Tableau 2 : Superficie et production maraichère dans le bassin méditerranéen (FAO, 2015).

N°	Pays	Superficie (Ha)	Production (T)
01	Turquie	1117618	28288009
02	Egypte	753942	19590963
03	Italie	509557	13049171
04	Espagne	336400	12701300
05	Algérie	334129	6788809
06	France	235209	5235330
07	Maroc	190370	5633314
08	Tunisie	137260	3338393
09	Grèce	90089	3287627
10	Libye	68109	993648
11	Palestine occupé	67913	1779990
12	Liban	34434	993330
13	Palestine	12955	572971
14	Chypre	2913	101733

c . Dans l'Algérie

Tableau 3. Importance des superficies et des rendements du poivron sous serre en Algérie (2003-2013) (FAO, 2015).

Année	Surface (Ha)	Production (Qx)	Rendement (Tonnes/Ha)
2003	17900	208232.00	116330.73
2004	18534	265307	143146.11
2005	20730	248614	119929.57
2006	21131	275888	130560.79
2007	20663	268055	129727.05
2008	20403	280397	137429.30
2009	21417	318949	148923.29
2010	21688	380412	175402.07
2011	21272	384267	180644.51
2012	22605	426566	188704.27
2013	22388	482471	215504.29

d. Dans la région de Mostaganem**Tableau 4** : Évolution des superficies et production du poivron sous serre dans la région de Mostaganem (DSA, 2019)

Année	Poivron	
	Superficie(Ha)	Production(Qx)
2010	1353	200467
2011	1329	244110
2012	1354	253540
2013	1548	323548
2014	1192	379297
2015	1460	387584
2016	1267	441335
2017	1310	528580
2018	973	392770

Dans la wilaya de Mostaganem, la culture du poivron a connu un développement intensif (Ghelamallah, 2009). Entre 2010 et 2018, la superficie couverte en serre a connu une évolution sensible en passant de 1353 ha en 2010 à 1548 ha en 2013. Par contre, nous notons une réduction de sa superficie durant l'année 2014 où elle a enregistré 1192 ha. Entre 2010 et 2018, la région a connu une augmentation sensible des superficies cultivées et tomate et poivron. Ceci est dû à l'implantation de nombreux agriculteurs venus des régions de Chlef et de Tipaza pour exploiter les zones du littoral conçues pour la production de la tomate-primeur (Ghelamallah, 2009).

4. La production du poivron par rapport aux autres cultures maraichères sous serres

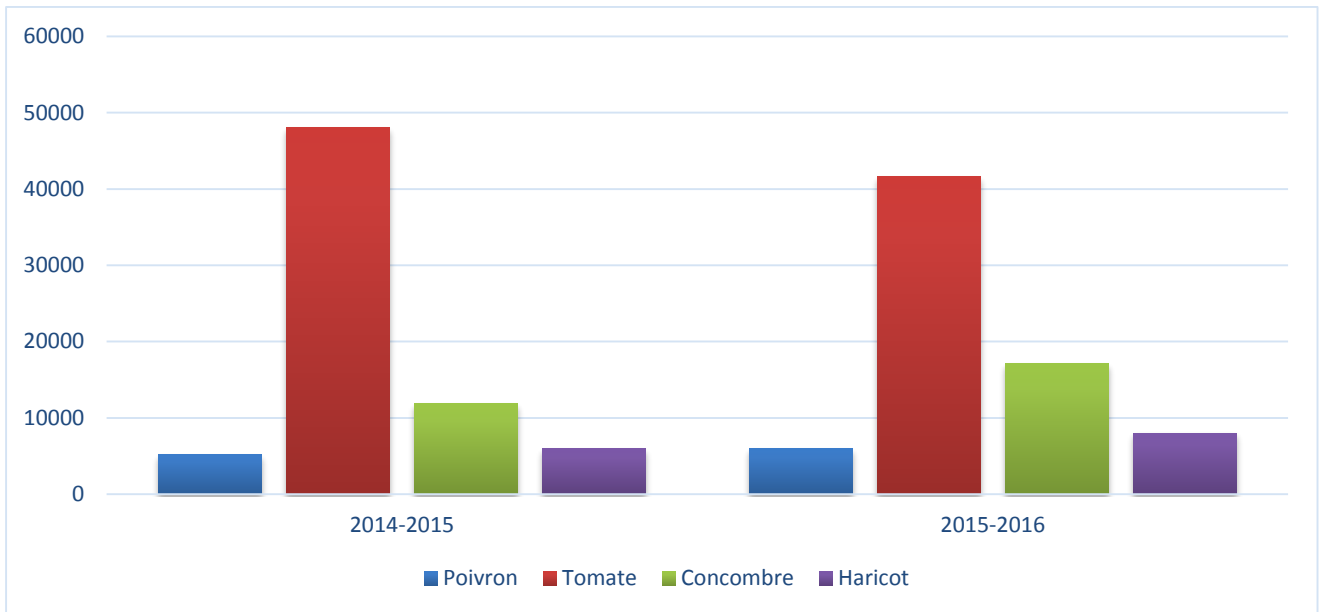


Fig. 2. La production des cultures sous serre dans la région de Mostaganem 2014-2016 (DSA, 2017)

5. Variétés du poivron cultivé en Algérie

La famille des poivrons est très vaste, comprenant les gros poivrons doux et sucrés jusqu'aux petits piments très brûlants. Les variétés préférées en Algérie sont les poivrons doux, qui sont :

- Type allongé : Andalus, marconi, Belconi
- Type côtelé: Yolo Wonder, Capistrano, Hybell Capain, King Arther, murango.
- Type filet: Hy Fry, Biscayne, Gypsy, Sweet Wax, Red Cherry.

Et les zones de productions sont les suivantes : Région des Hautes Terres Centrales

6. Facteurs abiotiques limitant la production du poivron

L'une des principales difficultés que les producteurs de poivrons sous serre devront résoudre est liée à l'obtention d'un équilibre optimal entre la croissance végétative, la mise à fruits et la charge fruitière dans des conditions d'éclairage faible et variable. Les coûts croissants de l'énergie et la réglementation environnementale nuisent à la production de poivrons sous serre en Algérie. Les producteurs ont en outre plus de difficultés à demeurer concurrentiels (Howard et *al.*, 1994).

a. Choix du sol

La plante requiert enfin des sols souples, profond, bien drainé, chaud et bien pourvu en humus et en éléments nutritives aisément assimilables (Laumonier, 1979). Mais s'adapte assez bien à une large gamme estime que la plante du poivron peut avoir une bonne croissance dans les plaines sableuses.

Le poivron fatigue rapidement le sol, il est très exigeant en rotation de culture ; le cycle de plantation est d'environ trois mois pour le poivron, alors qu'il peut durer jusqu'à six mois pour le piment (Hall et Skaggs, 2008).

b. Qualité des milieux

Dans tous les systèmes de culture hydroponique, on surveille rigoureusement la concentration des nutriments et leur qualité. Dans les systèmes de culture sur film nutritif, il faut rigoureusement contrôler le débit de la solution nutritive. On modifie la conductivité électrique de la solution en fonction de l'éclairage, de la température, de l'humidité relative et de la vitesse de croissance des plants. Trop forte, la conductivité entraîne le raccourcissement des entre-nœuds, la fragilisation des tiges et la réduction de la taille des feuilles (Howard et al., 1994).

c. Le besoin en eau

Le poivron est une plante exigeante en humidité du sol : il lui faut 80-85 % d'humidité afin d'obtenir de bons rendements, lorsque l'humidité relative de l'air est basse (inférieure à 60%) et la température est élevée, les fruits ne grandissent pas.

d. La température

Le poivron est l'une des plantes maraichères le plus exigeantes en température, mais moins exigeant en ensoleillement que la tomate (Skiredj et al., 2005). La plante est exigeante en chaleur, son optimum de croissance se situe à 24°C, la croissance de la plante se ralentit à des températures inférieures à 13°C. La culture est très sensible aux températures basses, les températures supérieures à 35°C affectent sur le développement de la plante

Par ailleurs, la température journalière moyenne de 24°C permet d'assurer un développement convenable, pendant la nuit, la température de la serre est rigoureusement contrôlée selon le stade de développement et l'espèce cultivée. En général, elle devrait s'établir entre 21 et 26°C (Skiredj et al., 2005).

e. Lumière

Le poivron requiert une bonne luminosité, car, les *Capsicum* sont des plantes des jours courts facultatifs, la floraison se réalise mieux et en abondance en jours courts pourvue que la température et les facteurs climatiques soient adéquats. Les exigences photopériodiques varient de 12- 15 heures (Valdez, 1994).

L'intensité lumineuse a une influence plus marquée sur la croissance des tiges que la qualité de la lumière ou la photopériodique. À des niveaux bas, il y a une élongation des tiges au détriment de la vigueur, c'est ce que l'on observe souvent sous abris plastique, à cause de la perte de transparence des films de couverture due à leur vieillissement ou simplement au manque de nettoyage (Bulbifera, 1980)

f. Humidité

L'humidité présente une importance capitale pour la culture sous serre. Elle doit se situer entre 60 et 80 % pendant les premières journées de la germination. Une faible humidité risque de causer un stress et rend les plants plus susceptibles aux infections et aux maladies. Selon la nature de l'agent pathogène, le taux d'humidité et la période pendant laquelle la surface de la plante est mouillée peuvent favoriser les maladies (Howard *et al.*, 1994).

g. Le pH

Le poivron redoute l'acidité du sol, l'optimum se situe aux alentours d'un pH entre 6,5 et 7 (Wong et Lin, 2000)

h. La fertilisation

La fumure de fond recommandé pour la plupart des sols moyens est :

Fumier décomposé : 40-50 T/ha ; N : 100 Kg/ha sous forme de sulfate d'ammoniaque ou d'urée ; P : 150 Kg/ha sous forme de super – triple 45% ; K : 120 – 150 Kg/ha sous forme de sulfate de potasse ou de KCI sauf en cas de forte salinité de sol.

Selon Skiredj *et al.*, (2005), le poivron donne de bons résultats en présence d'un fumier bien décomposé, en plus, il demande de grandes quantités de fumure minérale et organique. La fertilisation minérale est fractionnée en trois apports. Le premier apport pendant le stade végétatif, le deuxième apport pendant la floraison et enfin, le troisième apport à la fructification.

7. La situation phytosanitaire du poivron

Le poivron est d'autant plus sensible à des grandes variétés de maladies en milieu humide où les dégâts sont très importants. Aussi, il est plus passible aux nombreuses attaques d'insectes, de parasites et d'accidents physiologiques (ACTA, 1999).

a. Mauvaises herbes

La lutte contre les mauvaises herbes entraîne des dépenses dans l'achat des produits chimiques et de machines, en même temps, elle exige beaucoup d'heures de travail dans des opérations culturales comme le sarclage (Clarence, 1958).

Des méthodes combinées utilisant des produits chimiques et les pratiques culturales pour éliminer les mauvaises herbes.

b. Les maladies cryptogamiques

Le sol est habité de façon permanente par de nombreux organismes. Il existe aussi une microflore. Pour les cultures maraichères, on rencontre plusieurs types de champignon responsables de maladies cryptogamiques (**Tableau 5**)

Tableau 5 – Les maladies cryptogamiques principales qui menacent le poivron.

Maladies (Agents responsable)	Nature des dégâts	Référence
Mildiou (<i>Phytophthora capsici</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Des tâches brunes ou une apparence de moisissures blanches et cotonneuse. • Flétrissement de la plante • Lésion sur les tiges et les feuilles. 	ACTA (1999) ; Palloix (1995)
Oidium (<i>Leveillula taurica</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Tâches jaunâtres sur les feuilles ponctuellement nécrotiques, parfois couvertes d'un feutrage blanc. 	Messiaen et al (1970) ; Elmhirst (2006) ; Chobriere et Caudel (2007)
Pourriture grise (<i>Botrytis cineria</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Tâche avec moisissure grise sur les feuilles et fruits. • Dépérissement de la plante 	Blancard (1988) ; Elmhirst (2006)
Alternariose (<i>Alternaria solani</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Tâches noires de taille variable, plus ou moins arrondies, bien délimitées, taches ovales sur tige. 	Elmhirst (2006) ; Blanchard (1988)

Tableau 6 : Principales maladies bactériennes du poivron

Maladies (Agents responsable)	Nature de dégâts	Référence
Pourriture molle due à <i>Erwinia carotovora</i>	Ces bactéries provoquent la pourriture molle des tiges et des fruits	Elmhirst (2006)
Flétrissement bactérien due à <i>Pseudomonas solanacearum</i>	Les symptômes sont un flétrissement irréversibles, d'abord unilatéral puis généralisé avec brunissement des vaisseaux et des tissus contigus ; on observe un chancre ouvert sur les pétioles	Naika et al (2005) ; ACTA (1990)

Tableau 7 : Principales maladies virales du poivron

Maladies (Agents responsable)	Nature des dégâts	Référence
Mosaïque du concombre (virus de la mosaïque du concombre (CMV))	Mosaïque en taches annulaires, en arabesque et marbrure.	Blancard (1988) ; Elmhirst (2006)
Mosaïque de la pomme de terre, virus Y de la pomme de terre (PVY)	Mosaïque vert brillant avec parfois nécroses des nervures	Blancard (1988) ; Elmhirst (2006)
Mosaïque du flétrissement de la fève (virus de flétrissement de la fève (BBWY))	Mosaïque jaune avec nécrose sur jeunes pousses	Blancard (1988) ; Messiaem Lafon (1970) ; ACTA (1990)
Mosaïque du tabac, virus de la mosaïque du tabac (TMV)	Mosaïque verte ou blanche, parfois associée à un aspect filiforme des feuilles.	Blancard (1988) ; Elmhirst (2006)

c. Les ravageurs du poivron

La culture du poivron est menacée à des attaques régulières d'insectes (ex : thrips, aleurodes et pucerons), d'acariens et de nématodes.

i. Les acariens

Le poivron peut être attaqué par les acariens tels que le *Tetranychus urticae* Koch et le *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval (Babi, 2001). Les infestations de *Tetranychus* provoquent de lourdes pertes qui peuvent aller jusqu'à la destruction de la culture. L'infestation se caractérise notamment par l'apparition de petites lésions mouchetées, jaunes ou blanches, dues au comportement alimentaire des acariens qui vident les cellules.

En Algérie, récemment dans la région du nord-ouest, des signalements d'attaque de tétranyques sur poivron sous serre ont été enregistrés au niveau des services agricole. Des prospections ont été réalisées pour déterminer l'espèce responsable des ces attaques inhabituelles. Il s'agit d'une espèce du genre *Tetranychus* qui vient d'être identifiée par l'INRA de France (INRA, 2008).

ii. Nématodes :

Les nématodes sont des vers ronds microscopiques qui vivent dans le sol. Ils se nourrissent et se multiplient sur la racine des plantes (Bélaïr, 2003). Les nématodes des racines noueuses présentent un problème important. Ils provoquent des galles (des tumeurs cancéreuses) sur la racine des plantes.

Les symptômes apparents de l'infection par les nématodes sont la chlorose, le retard de croissance, le flétrissement, la sénescence précoce et la chute de rendements (Csizinszky et *al.*, 2005).

iii. Les insectes

1. Thrips

Parmi les principales espèces rencontrées sur poivron nous pouvons citer l'espèce *Frankliniella occidentalis*. Les symptômes se résume par des feuilles de couleur argentée ou nacrée, la décoloration commence par les nervures principales puis s'étend à tout le limbe. Il peut causer la cicatrisation et la déformation des fruits ; ainsi que la transmission du virus TSWV (Tomato Spotted Wilt Virus) (Caudal, 2007).

2. Aleurodes

La succion de la sève par les larves et les adultes des aleurodes entraîne des dégâts directs se traduisent par une diminution de la vigueur des plantes attaques. Les aleurodes injectent une salive durent le processus de nutrition qui contient des enzymes et des toxines, ce qui perturbe les processus physiologiques des plantes. Ces perturbations peuvent être à l'origine d'une maturité précoce et d'une coloration régulière des fruits de tomate ou poivron. Selon la plante hôte, des symptômes variant d'une simple chlorose, jaunisse des feuilles et dessèchement, allant jusqu'à la déformation des fruits peuvent être observés (Chabrière et *al.*, 2005).

3. Pucerons

Les pucerons sont des insectes exclusivement phytophages permanents de la culture du poivron. En Algérie plusieurs espèces de puceron ont été recensées sur poivron qui sont *Myzus persicae* et *Aphis gossypii*. Ces espèces sont vectrices de virus CMV et LMV, les attaques très fortes de puceron provoquent un arrêt de croissance avec déformation et recroquevillement des feuilles ; la production de miellat permet le développement de la fumagine.

Parmi tous ces ravageurs, le puceron est considéré comme le plus à craindre sur la culture du poivron, ce ravageur fait l'objet de notre travail.

Chapitre II :

Généralités sur le pucerons

Chapitre II- Généralités sur le ravageur (*Aphis gossypii*)

1. Généralités sur les pucerons

Les pucerons ou les aphides constituent un groupe d'insectes extrêmement répandu dans le monde (Hullé et *al.*, 1998). C'est dans les zones tempérées que l'aphidofaune est plus diversifiée (Ortiz-Rivas et *al.*, 2010). Les pucerons sont apparus il y'a environ 280 millions d'années et leur diversification est concomitante avec la radiation des angiospermes (Bonnemain, 2010). Ils ont colonisé la plupart des plantes à fleurs mais aussi les résineux. Quelques fougères et mousses (Turpeau-Ait Ighil et *al.*, 2011). La plupart sont inféodés à une seule espèce végétale mais certains font preuve d'une polyphagie étendue (Fraval, 2006).

Les aphides représentent un danger considérable pour le bon développement des plantes cultivées, ils sont considérés comme de redoutables ennemis des cultures, pouvant de par leurs facultés de transmettre des maladies virales être à l'origine d'énorme perte dans les productions. En effet, Aroune (1985) signale que ces derniers figurent parmi les prédateurs majeurs et les plus dangereux des phytophages.

Exclusivement phytophages, les pucerons sont capables de s'adapter à des milieux très différents. Du fait de leur parthénogenèse et de leur viviparité, ils développent très rapidement d'importantes populations. Les pucerons vivent en colonies très importantes sur pousses tendres, feuilles, parfois sur fleurs, rameaux, branches et racines. Ce sont des insectes piqueurs suceurs, de petite dimension et de couleur variable (Aroune, 1988). Les dégâts causés par les pucerons sont beaucoup plus spectaculaires sur poivron et concombre. Les espèces en cause sont : *Aphis gossypii* et *Myzus persicae*, sur lesquels les traitements chimiques deviennent de plus en plus difficiles à réaliser.

1.1.Systématique

- Règne : Animalia
- Embranchement : Arthropode
- Classe : Insectes
- Super famille : Aphididae
- Famille : Aphidodea

Conditions du milieu. Telle qu'une trop forte densité de la population ou une détérioration de la qualité de la plante hôte (Mueller et *al.*, 2001). Les ailes permettent d'établir de nouvelles colonies sur d'autres plantes

1.2. Morphologie externe

Les pucerons sont des insectes aux téguments mous, petits (2 à 4 mm en général) avec le corps ovale et peu aplati (Fraval, 2006). La surface des pucerons peut être brillante, mate, ou recouverte d'excrétion cireuse, leur cuticule peut être dépourvue de pigmentation ou pigmentée (imprégnée de mélanine) selon les stades, les formes ou les espèces (Leclant, 1999). Le puceron de forme ailé ou aptère comprend trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen (Fig. 3).

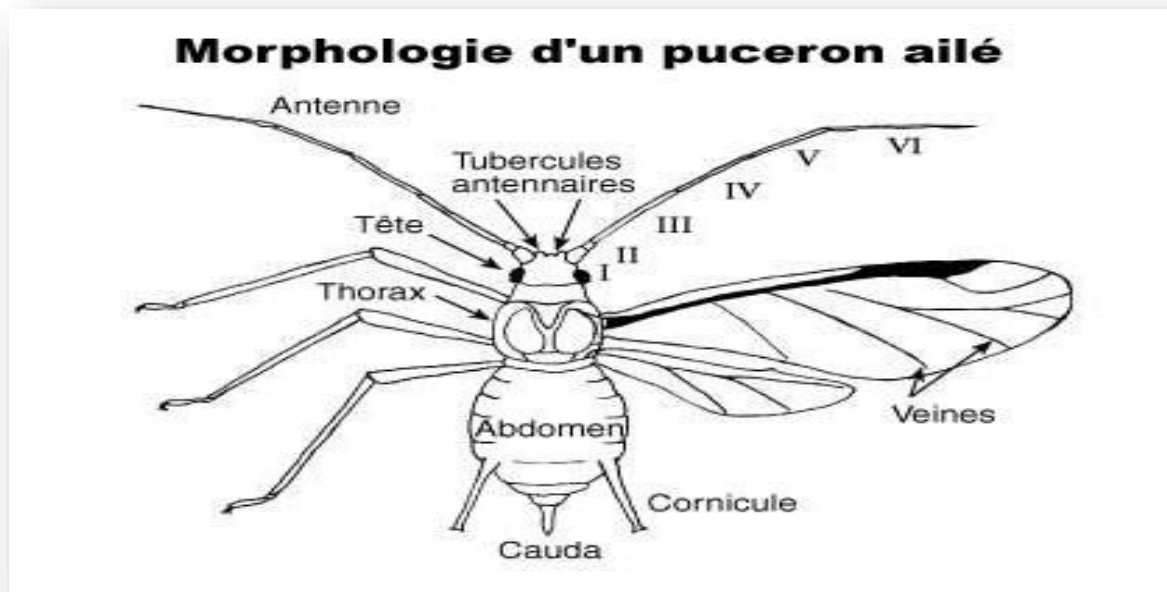


Fig. 3- Morphologie d'un puceron. (cotier 1953)

1.2.1. La tête

Généralement, la tête est bien éparée du thorax chez les formes ailées, par contre, 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 ; leur partie distale amincie nommée fouet ou processus termine à l'arrière de l'œil composé (Fraval, 2006).

1.2.2. Le thorax

Le thorax comprend trois segments : le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Le thorax porte les trois paires de pattes et les deux paires d'ailes pour les formes ailées. Les trois paires de pattes se terminent par des tarses à deux articles, le dernier est pourvu d'une paire de griffes. Chez la forme ailée, les ailes sont membraneuses repliées verticalement au repos et chez certaines espèces, la nervation des ailes peut être caractéristique. De plus, les ailés ont un mésothorax sclérifié (Hullé et *al.*, 1998).

1.2.3. L'abdomen

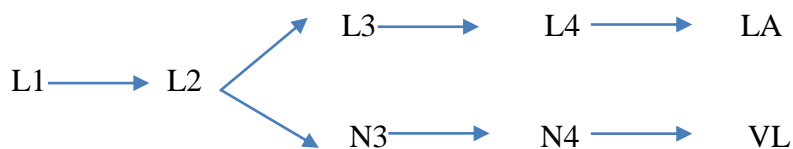
L'abdomen comporte 9 segments difficiles à différencier. Le cinquième porte les cornicules et le dernier segment porte la cauda. La cauda est une prolongation du dernier segment et sert à l'épandage du miellat quant aux cornicules, ce sont des tubes creux dressés, de forme et de longueur très variées (Fraval, 2006). D'après Van lenteren et *al.* (2006), les cornicules secrètent une substance de défense reffermant principalement des triglycérides qui sont gluants pouvant immobiliser l'ennemi ainsi qu'une phéromone d'alarme qui incite les pucerons voisins à se détacher de la plante et à se laisser tomber.

Leclant (2002) distingue au niveau ventral : une plaque anale, souvent pigmentée et une plaque génitale. L'orifice génital apparaît comme une simple ouverture transversale chez les virginipares et les femelles sexuées du fait qu'il n'y a pas d'ovipositeur. Chez les mâles organes copulateurs comprennent le pénis et une paire de valves génitales.

1.3. Biologie

Les pucerons sont hémimétaboles, les œufs sont minuscules à peu près sphérique. Habituellement gris foncé ou noir, mesurent environ 0,5 à 1 mm de long et sont pondus en groupe ou isolement selon les espèces. Les différents stades larvaires ressemblent aux adultes aptères mais de petite taille et certains caractères sont parfois moins prononcés (Fredon, 2008).

Le développement larvaire du puceron suit le schéma suivant :



Le passage des pucerons par ces stades successifs en se débarrassant de l'exosquelette (phénomène de mue) est dû à une cuticule rigide qui inhibe la croissance progressive (Dedryver, 1982),

Avec L1, L2, L3 et L4 : Larves d'aptères aux différents stades

N3 et N4: Larves à ptérothèques des stades 3 et 4

VA : Adulte virginipare aptère

VL : Adulte Virginipare ailé

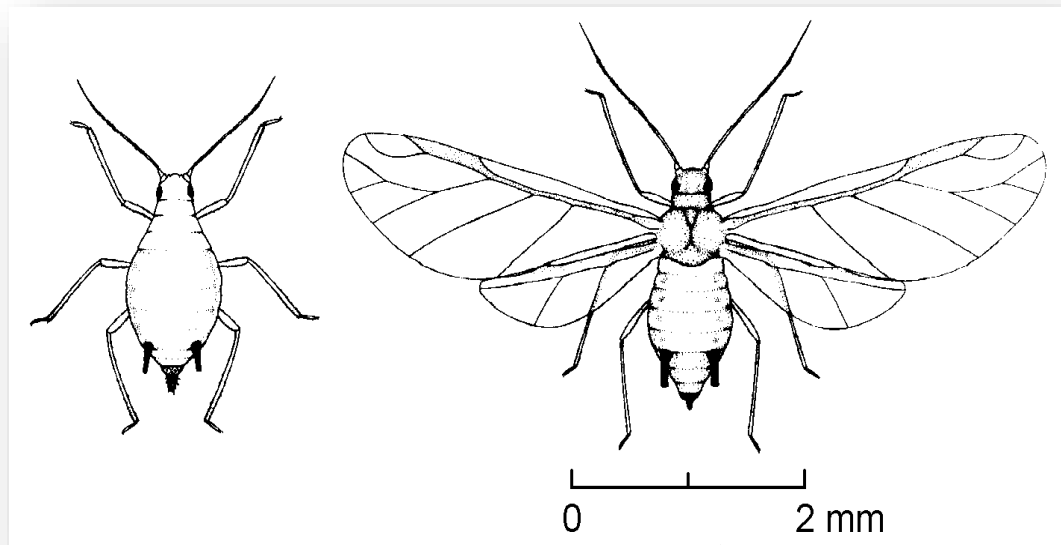


Fig. 4. Les deux formes d'un puceron (Dedryver, 1982)

Il existe deux formes d'adultes : ailée et aptère. Les deux formes peuvent se reproduire. Certaines espèces de pucerons présentent un cycle de vie anholocyclique c'est-à-dire qu'elles se reproduisent toute l'année par parthénogénèse. Chez d'autres espèces, la phase de multiplication parthénogénétique est entrecoupée de reproduction sexuée on parle alors d'holocyclie. Selon Francie *et al.* (2005), les aphides se distinguent également par le nombre et le type de plantes sur lesquelles ils se développent. Certaines espèces dites monœcique ou heterœcique, qui au cours de leur cycle biologique alternèrent entre deux types de plantes hôtes. Environ 10 % des espèces pucerons sont diœciques (Hardie et Powell, 2006).

L'hôte sur lequel se réalise la reproduction sexuée et sur lequel est déposé l'œuf d'hiver est appelé hôte primaire. C'est en général un végétal ligneux. Par contre on appelle hôte secondaire, généralement une plante herbacée, celui sur lequel ont émigré les individus ailés (Leclant, 1999).

Un cycle annuel de puceron se déroule généralement comme suit :

Au printemps, les œufs éclosent naissance à des femelles (les fondatrices) se reproduisant par parthénogénèse. Les fondatrices sont vivipares et sont à l'origine d'une succession de générations composées de femelles parthénogénétiques appelées fondatrigènes qui se développent au cours du printemps jusqu'au début de l'été (Hullé *et al.*, 1999).

Les descendants d'une seule fondatrice sont génotypiquement identiques et forment un clone, les pucerons parthénogénétiques sont caractérisés en plus de la viviparité par le télescopage de générations, c'est-à-dire que les larves sont déjà viviparité. La phase asexuée peut donner jusqu'à 20 générations si les conditions climatiques sont favorables (Simon *et al.*, 2002).

Les pucerons connaissent parfois de véritables explosions démographiques ce qui explique les sévères dégâts causés aux cultures. Au début de l'automne, en réponse à la diminution de la durée des jours et de la température, les femelles parthénogénétiques donnent naissance à des sexupares qui produisent des femelles et des mâles qui vont s'accoupler et les femelles fécondées vont pondre des œufs résistants au froid qui resteront en diapause tout l'hiver jusqu'au printemps prochain et le cycle recommence (Fig. 5) (Artacho et al., 2011).

Chez les pucerons se sont les femelles qui attirent les mâles par la production d'une phéromone sexuelle secrétée à partir des glandes situées généralement sur le tibia. Le Trionnaire et al. (2012) notent que la combinaison des deux modes de reproduction au cours du cycle annuel du puceron présente des avantages, la parthénogénèse assure un cycle annuel du puceron. Ainsi, la parthénogénèse assure une multiplication rapide lors de la belle saison et la reproduction sexuée permet de produire des œufs résistants avec une rigueur de l'hiver et de générer une fois par an de nouvelles recombinaisons génétiques.

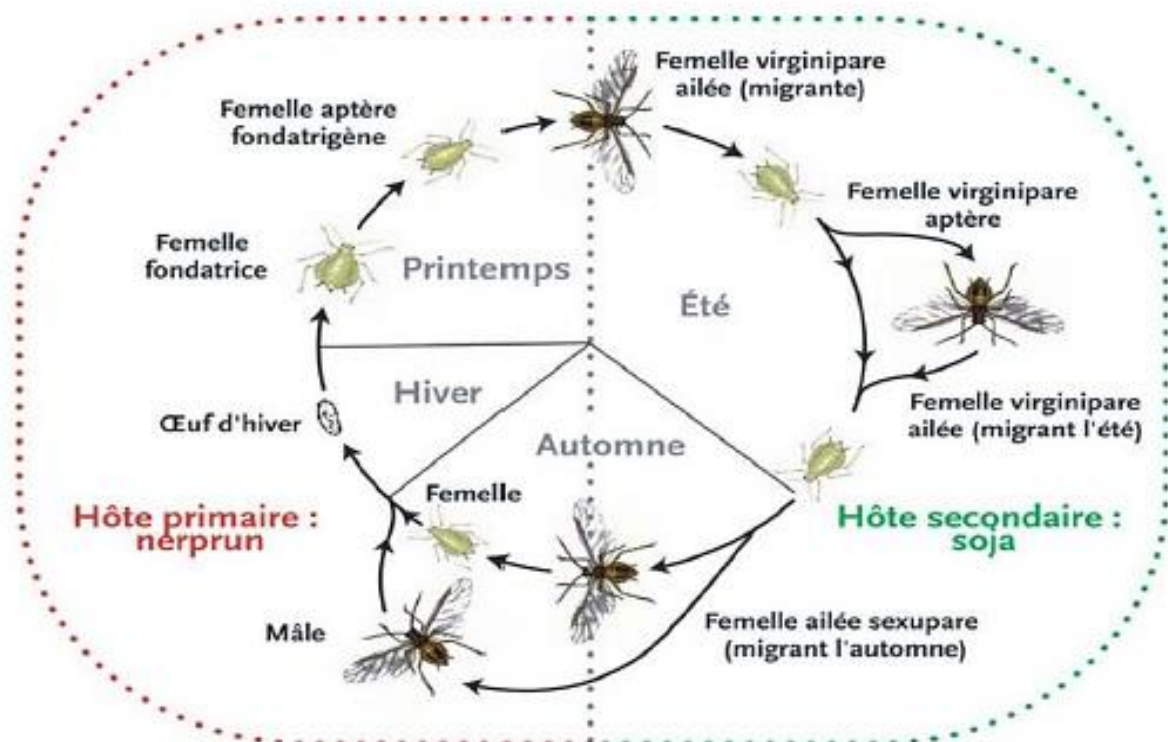


Fig. 5- Cycle de vie d'un puceron (Celini, 2001).

1.4. Le polymorphisme

1.4.1. Les formes ailées et aptères

Les formes ailée et aptère diffèrent également par une série de traits, comme leur équipement sensorielle (plus fournis chez les ailées), donc la durée de leur développement plus long chez les ailées, aussi leur fécondité est plus faible chez les ailées. Chez les pucerons, les ébauches d'ailes sont présentes dans tous les embryons, sans tenir compte qu'ils se développent en adulte ailée ou aptère (Tsuji et *al.*, 1987).

Ce caractère montre l'ancestralité du phénotype ailé, qui constitue ainsi la voie de développement par défaut des pucerons. Jusqu'au troisième ou quatrième stade larvaire, il est impossible de distinguer les deux formes par une simple observation. Des analyses histologiques révèlent que les deux formes possèdent des ébauches d'ailes au premier stade larvaire. Ces ébauches dégénèrent au cours du second stade larvaire chez les formes non-aillées (Ishikawa et *al.*, 2008).

- **La formation d'individus sexués :**

Pendant le déroulement de leur cycle biologique, les aphides comme tous les insectes présentent une alternance régulière de phases d'activité et de repos en rapport avec les saisons (Jourdeuil et Missonnier, 1964). La formation d'individus sexués est régulièrement contrôlée par la photopériode, les sexupares en effet, apparaissent à l'automne lorsque la période nocturne augmente dépassent les douze heures. Mais les températures basses sont aussi à l'origine de la formation des sexués, elles agissent en association avec la photopériode (Leclant, 1981).

- **La production d'individus ailés :**

Les formes ailées jouent un rôle important dans la dissémination des maladies à virus et de la propagation des espèces elles même ; le processus de déclenchement de la formation d'individus ailés est sous la dépendance de la baisse de production d'hormone juvénile par Glandes endocrines (Robert et Joelle, 1976). La faculté de production périodique d'ailes, est en générale, une caractéristique propre de l'espèce. Cependant, elle ne peut s'exprimer pleinement que cette action conjuguée de nombreux interspécifique et de l'état physiologique de la plante. L'effet de groupe peut aussi être à l'origine de la formation d'ailes, le fait qu'un nombre élevé d'individus se trouve dans un espace restreint, il entraîne des modifications profondes de la physiologie, du comportement et même de la morphologie, ce qui provoque la production de femelles ailées, assurant ainsi, la dissémination et la survie de l'espèce. La production d'individus ailés peut également être induite sous l'effet des températures basses ou élevées. Par exemple, sous abris *Myzus persicae* émigre vers l'extérieur, lorsque la température dépasse 30°C (Deyrever, 1981).

1.5. Les dégâts causés par les aphides

Les pucerons sont des parasites majeurs des végétaux dans le monde, avec des conséquences économiques négatives sur l'agriculture et spécialement les cultures maraîchères. Les pertes causées par les pucerons sont de deux types :

Les piqûres alimentaires sont irritatives et toxique pour la plante, induisant l'apparition de galles qui se traduisent par la déformation des feuilles ou des fruits, qui se traduit par une perte de rendement (Christelle, 2007).

1.6. Les dégâts indirects

Les dégâts indirects des pucerons sont essentiellement de deux ordres :

1.7. Miellat et fumagine

Les produits non assimilés de la digestion de la sève, riches en sucre, sont éjectés sur la plante sous forme de miellat. Cette substance peut contrarier l'activité photosynthétique de la plante soit directement en bouchant les stomates, soit indirectement en favorisant le développement de champignons saprophytes. Ceux-ci provoquent des fumagines qui entravent la respiration et l'assimilation chlorophyllienne ou souillent les parties consommables (les fruits) et les rendent ainsi impropres à la consommation (Giordanengo et *al.*, 2010).

1.8. Transmission des virus phytopathogènes

En se déplaçant d'une plante à une autre, les pucerons créent des contacts indirects entre les végétaux distants et immobiles. Cette caractéristique est efficacement exploitée par les virus des plantes, incapables de se déplacer d'un hôte à un autre de façon autonome. Ainsi, de très nombreuses espèces virales utilisent l'action itinérante des pucerons pour se propager et se maintenir dans l'environnement (Brault et *al.*, 2010).

D'après Raccach et Fereres (2009), il existe plusieurs milliers d'associations différentes faisant intervenir une espèce de puceron, un virus et une plante. Chaque espèce, de virus ou de puceron, possède en effet une gamme de plantes hôtes plus ou moins étendue, ne respectant pas forcément les barrières définies par les familles botaniques. Ainsi, un même virus peut être transmis par plusieurs espèces vectrices (le virus Y de la pomme de terre, PVU, peut être transmis par plus de 70 espèces de puceron), chacune pouvant transmettre plusieurs virus (le puceron vert du pêcher est capable de transmettre plus de 20 espèces virales différentes). D'où, les paramètres qui permettront à une maladie virale de se développer sont très variables et dépendent, entre autres, de la gamme de plantes hôtes de virus, du nombre de ses espèces vectrices, et des relations qui peuvent s'établir, ou non, entre ces plantes et ces insectes

D'après Harmel et *al.* (2008), les pucerons sont susceptibles de causer jusqu'à 20% de pertes en rendement dans le Nord de la France. L'acquisition du virus par son vecteur lors d'un repas sur une

plante infectée s'effectue en une période pouvant durer quelques minutes à quelques heures. La variabilité de cette mesure dépend vraisemblablement de la répartition du virus dans la plante hôte et par conséquent, du temps nécessaire aux vecteurs pour atteindre lors du repas, les tissus infectés. Il existe une phase de latence, après le repas d'acquisition, durant laquelle le vecteur n'est pas infectant pour la plante. Ce phénomène correspond au temps nécessaire au virus pour s'accumuler sous forme infectieuse dans les glandes salivaires et donc dans la salive (Brault et *al.*, 2010), puisque le virus se multiplie dans l'insecte durant son transfert, la durée de cette phase de latence est proportionnelle à la durée du cycle de multiplication virale.

1.9. Les modes de transmission

Hulle et *al.*, (1999) notent que les virus transmis par les pucerons sont regroupés selon leurs caractéristiques structurelles ; les symptômes qui sont provoqués ou leur mode de transmission.

❖ Les virus circulaires (persistants)

Les virus transmis selon ce mode sont transportés de façon interne, mais jamais ils ne se répliquent durant leur passage dans le milieu intérieur du vecteur. Ils doivent traverser différentes barrières membranaires : au niveau du tube digestif pour entrer, et des glandes salivaires pour sortir de leur vecteur. Le virus ingéré avec la sève phonémique lors de la prise de nourriture du vecteur traverse les cellules épithéliales de l'intestin vers l'hémocèle (phase d'acquisition) et se diffuse dans l'hémolymphe jusqu'aux glandes salivaires. Il traverse les cellules de ces glandes, et est injecté dans la plante hôte avec la salive lors d'une nouvelle piqûre (phase d'inoculation) (Hebrard et *al.*, 1999)

❖ Les virus non circulaires

Les virus non circulaires sont acquis et transmis au cours des piqûres brèves ; des piqûres d'une durée de cinq secondes, elles suffisent, mais les meilleurs résultats sont obtenus pour des durées comprises entre 15 et 60 secondes. Si la durée de la période d'acquisition augmente. Ces virus peuvent être transmis immédiatement après qu'ils sont acquis, sans qu'une période de latence soit nécessaire, mais le puceron ne demeure pas longtemps infectieux après quelques minutes après avoir rencontré une plante saine. (Raccah et Ferreres 2009). Ce type de virus regroupe les virus non-persistants et les virus semi-persistants.

❖ Virus non persistants

Selon Raccah et Ferreres (2009), les virus de ce type sont acquis par les pucerons dans les tissus libériens en même temps que la sève prélevée pour leur alimentation. Le temps requis pour atteindre la desorption varie selon les espèces aphidiennes. Il est fréquemment +d'une demi-heure et excède une heure le plus souvent.

❖ Virus semi-persistants

Ces virus ne peuvent généralement pas être acquis au cours de piqûres brèves mais au contraire les chances de transmission augmentent parallèlement avec la longueur de la durée de la période d'acquisition (Brault et *al.*, 2010). Selon les mêmes auteurs, il semble que ce type virus adhère à l'intérieur du canal alimentaire ou il s'accumule puis il est relâché progressivement où il s'accumule puis il est relâché

1.10. Espèce *Aphis gossypii* Glover

1.10.1. Description

Aphis gossypii (Sternorrhyncha, Aphididae) est un puceron cosmopolite, très polyphage (il se nourrit sur 912 espèces de plantes appartenant à 116 familles, Il s'attaque à de très nombreuses plantes spontanées ou ornementales mais il a une préférence pour les Cucurbitacées (melon, concombre, courgette), les Malvacées (cotonnier, Hibiscus) et les Rutacées (Citrus), *Aphis gossypii* est une des espèces de pucerons les plus répandues à travers le monde. On la trouve sur tous les continents, avec une préférence pour les climats chauds (zones tropicales, subtropicales et tempérées). Le développement de cette espèce dans les régions plus froides, comme l'Europe du nord, se limite essentiellement aux serres (Blackman et Eastop, 1985). Dans ces régions, on ne sait pas comment ce puceron passe l'hiver (Vincent, 1992). On suppose qu'il survit aux mauvaises conditions hivernales sur une plante relais grâce à une quiescence qui ralentit sa reproduction.



Fig. 06. *Aphis gossypii* (Original, 2020)

1.10.2. Systématique

- **Règne:** *Animalia*
- **Embranchement:** *Arthropode*
- **Classe:** *Insectes*
- **Ordre:** *Homoptera*
- **Super famille:** *Aphididae*
- **Famille:** *Aphididae*
- **Genre :** *Aphis*
- **Espèce :** *Aphis gossypii* (Glover, 1877)

1.11. Biologie d'*Aphis gossypii*

Aphis gossypii a été considérée d'une part comme une espèce holocyclique présentant strictement un cycle anholocyclique à reproduction exclusivement parthogéno-génétique, comment cela semble être le cas dans les régions littorales de l'ouest Algérien. Le développement et la reproduction d'*Aphis gossypii* dépendent des températures allant de 20 à 30°C (Rondon *et al.*, 2005).

1.12. Caractéristiques morphologiques

Aphis gossypii mesure entre 1,5 à 1,8 mm de longueur. Son corps est de forme ovoïde, sa coloration varie du jaune claire et foncé en prenant intermédiaires ; les cornicules sont courtes et noir avec une petite cauda toujours plus pale que les cornicules (Sekkat, 2007).



Fig. 7. Colonies de puceron *Aphis gossypii* (Original, 2020)

Chapitre III :

Méthode de lutte

Chapitre III : Méthode de lutte

Introduction

Vue les innombrables dégâts causés par les aphides, et leur impact sur le rendement et la production des plantes cultivées, un ensemble de méthodes sont utilisées avec un seul objectif de réduire, réguler et contrôler les populations de ce ravageur considéré comme le plus nuisible, essentiellement par leur action vectrice de maladies virales.

Les résultats dans l'investigation des moyens de lutte, dans le cas des pucerons, ont mis en évidence d'autres méthodes de lutte plus efficaces, les résultats obtenus à partir de ces méthodes, ont permis de se substituer à la lutte chimique classique, car, des inconvénients sont rapidement apparus dans son utilisation et son efficacité, ainsi que son effet sur l'environnement.

Effectivement, l'usage de pesticides peu sélectifs, développe chez certaines espèces de pucerons, des résistances croisées aux produits fréquemment utilisés, chez *M. persicae* et *A. gossypii* (Delirme, 1996). Face à ce type de ravageurs de culture, la recherche dans le domaine de protection utilise différentes méthodes de lutte.

1. Les méthodes de lutte préventive

Elle se base sur les différentes pratiques culturales et l'entretien de la culture car l'enfouissement pendant l'hiver des plantes ayant reçu des œufs d'hiver ainsi que la destruction par des hersages ou sarclages des plantes sauvages susceptibles d'héberger des espèces nuisibles aux plantes cultivées au début du printemps (Lambert, 2005).

1.1. La lutte prophylactique

Plusieurs techniques peuvent être utilisées pour limiter les pullulations de pucerons telles que :

- L'utilisation de plants indemnes de toute infestation.
- L'application modérée de la fertilisation azotée, puisque son utilisation excessive rend les plantes plus sensibles aux pucerons (Leete et al., 2007).
- Destruction des mauvaises herbes, qui peuvent servir de refuge aux pucerons.
- La pratique d'une rotation appropriée des cultures avec enfouissement ou destruction des résidus de cultures après récoltes.
- Le semis de plante relais, permet d'installer les auxiliaires plus tôt dans la culture (Soucy, 2010).
- L'utilisation des variétés résistantes apparaît aujourd'hui comme l'une des composantes majeures de la stratégie de lutte contre ces insectes (Verheij et Waaijenberg, 2008).

- La surveillance des populations de puceron par l'installation des pièges jaunes englués.
- Favoriser une irrigation adéquate, étant donné qu'un excès d'eau favorise le développement des populations de pucerons (Asawalam *et al.*, 2007)

1.2. La lutte physique

L'utilisation de choc thermique contre les pucerons et spécialement contre *Myzus persicae* en serre constitue un moyen de lutte appréciable. Par ailleurs, en laboratoire lorsqu'ils sont élevés à une température de 30°C, la fécondité des pucerons est nulle. Dans ce même ordre d'idée, Rabasse (1976) montre que le choc thermique est provoqué par la fermeture des ouvrants portant la température de 23°C à 34°C en 2 heures, son maintien pendant 3 heures, entraîne la mort de 90% des populations aphidiens.

2. Les méthodes de lutte curative

Le niveau des populations de pucerons dans les cultures est extrêmement variable d'une année à l'autre et peut évoluer très rapidement au sein d'une même culture. Il dépend bien sûr des capacités reproductives propres aux différentes espèces mais aussi de facteurs extérieurs dépendant de l'environnement physique et biologique. Ces facteurs peuvent être très nombreux, ce qui explique les différences rencontrées dans les tentatives de modélisation de leur influence sur le développement des populations de pucerons (Hulle, 1999).

2.1. La lutte chimique

La lutte chimique apparaît aujourd'hui comme le moyen le plus efficace pour l'agriculteur, et le plus rentable pour les industries phytosanitaires dans le contrôle des organismes nuisibles.

Des aphicides spécifiques sont à disposition, mais dans certains cas manquent d'efficacité, spécialement lors d'applications tardives. Les insecticides à large spectre d'action et les produits systémiques sont conseillés seulement dans des situations exceptionnelles, car ils provoquent des effets secondaires indésirables sur les auxiliaires (Schaub *et al.*, 1995).

Les pyréthrinoides de synthèse et les organophosphorés sont actuellement les insecticides les plus utilisés. Ils agissent essentiellement par contact sur les pucerons et ils ont une action au niveau du système nerveux de l'insecte (Paternelle, 2000).

La réalisation de plusieurs applications chimiques avec le même produit, ou des matières actives appartenant à la même famille chimique contribue à la destruction de la faune auxiliaire et la sélection de souches résistantes (Targui, 2001).

Tableau 8- Matières actives homologuées en Algérie contre le puceron

Matière active	La dose	Matière active	La dose
Acetamid	12,5g/Hl	Diflubenzuron	1l/Ha
Thiamethoxam	100g/Hl	Dimethoate	150l/Hl
Acephate	100g/Hl	Endosulfan	1,5l/Ha
Alphacypermithrine	15ml/Hl	Esfenvalerate	300ml/Ha
Amitraze	100ml/Hl	Fenitorthrion	1l/Ha
Azadiractine	150ml/Hl	Fenvolerate	40ml/Hl
Imidacloprid	30ml/Hl	Formathion	1.5l/Ha
Bacillus thuringensis	1l/Ha	Huile de petrole	3l/Ha
Betacyflthrine	50ml/Hl	Diafenthuron	1,2l/Ha
Betacypermethrine	0,4l/Ha	Malathion	100ml/Hl
Bifenthrine	0,3l/Ha	Methidathion	125ml/Hl
Carbosulfan	150ml/Hl	Methomyl	200ml/Hl
Chloropyriphos-ethyl	150ml/Hl	Thiacloprid	100ml/Hl
Cyfluthrine	0,03l/Hl	Omethoate	100ml/Hl
Cypermethrine	100l/Ha	Parathion-methyl	1200ml/Hl
Deltamethrine	50ml/Hl	Phosalone	175ml/Hl
Diazinon	125ml/Hl	Pirimicarbe	375g/Ha
Lambda cyhlothrine	250ml/Hl	Oxamyle	3l/Ha
		Ultracide	150 ml/Hl

2.2. Lutte biotechnique

Ce moyen de lutte est basé sur le comportement de certains insectes qui sont attirés par différents attractifs visuels (couleur) ou olfactifs (aliments, phéromones). Ces couleurs et ces substances peuvent être utilisés pour le piégeage de masse, le piégeage d'avertissement ou des traitements par tâche (Ryckewaert et fabre, 2001).

2.3. Lutte biologique

Selon l'organisation internationale de la lutte biologique contre les animaux et les plantes nuisibles la lutte biologique est l'utilisation des organismes vivants (insectes, bactéries, nématodes

...) ou de leurs dérivés pour contrôler les populations de nuisibles et empêcher ou réduire les pertes ou dommages causés aux cultures (Maisonhaute, 2009).

Ce concept de la lutte biologique fait également référence à toute modification de l'environnement, dans le respect des règles écologiques de stabilité et d'équilibre, qui conduisent au maintien des organismes nuisibles en dessous d'un seuil économique. La grande diversité des ressources biologiques en principe exploitables en lutte biologique donne lieu à diverses techniques utilisables (Cloutier et Cloutier, 1992).

Elle ne vise pas l'élimination totale du ravageur, mais plutôt le maintien de sa population sous un seuil de dommage qui est défini comme étant la densité du ravageur à partir de laquelle un contrôle est nécessaire, sans quoi, la culture subira des dommages importants et le producteur des pertes économiques (Bosch et Messenger, 1973).

Les auxiliaires qui se nourrissent de pucerons sont nombreux. On distingue les insectes, les arachnides et les champignons entomo-pathogènes. Le mode d'alimentation des insectes permet de les subdiviser en deux groupes : les prédateurs et les parasitoïdes.

Selon Dajoz (1980) les insectes peuvent être utiles tels que les parasites et les prédateurs, dont le rôle n'est pas négligeable dans la régulation des espèces nuisibles.

2.3.1 - Les prédateurs

Ce sont des organismes vivants, libres à l'état adulte et larvaire, s'attaquant à d'autres êtres vivants pour les tuer et se nourrir de leurs substances. Ils dévorent successivement plusieurs proies au cours de leur vie. Ils appartiennent à des groupes taxonomiques divers.

Leur spécificité pour certains d'entre eux est très large (Deguine et Leclant, 1997). Les pucerons possèdent une diversité des prédateurs impressionnants dont les principaux, sont représentés par famille des Coccinelles, des Chrysopidae et les larves de quelques espèces de Diptera (Bugg et al., 2008).

- **Les coléoptères**

Les Coléoptères ont des ailes antérieures rigides (élytres) qui protègent les ailes postérieures membraneuses. Parmi les Coléoptères auxiliaires on distingue plusieurs familles :

- **Les coccinelles (*Coccinellidae*)**

Ce sont des coléoptères dont les élytres couvrent la totalité de l'abdomen, et dont le corps très bombé est hémisphérique ou ovale. Les espèces les plus petites (généralement noires) sont acariphage (se nourrissent d'acariens), ou coccidiphage (se nourrissent de cochenilles), les autres sont aphidiphages pour l'essentiel. Ces derniers se nourrissent de pucerons de façon non Spécifique, à tous les stades de leurs développements (stade larvaire et adulte). En Algérie, il a été recensé quarante-cinq espaces de

coccinelles à travers plusieurs régions du pays, dont les aphidiphages représentent la part la plus importante à savoir vingt-quatre espèces (Sahraoui et Gourreau, 2000).

- **Les dermoptères (Forficules)**

Les forficules communément appelés perce-oreilles sont des insectes aux ailes antérieures rigides et dont le corps allongé est terminé par des pinces. Ils mesurent en moyenne 1,5 cm, et sont de couleur brune. Ils peuvent parfois se nourrir de pucerons dans des cultures se développent au ras du sol.

- **Les diptères**

Les diptères sont des insectes aux ailes membraneuses (non coriaces), dont une seule paire est visible (la 2^{ème} paire est réduite et transformée en balanciers). Cet ordre rassemble à une faune très diversifiée parmi laquelle il existe un certain nombre d'auxiliaire. L'appareil buccal peut être piqueur ou suceur sous forme de trompe. Les diptères ont une métamorphose complète (œuf, larve, pupa, adulte). Les deux familles dont les larves sont prédatrices de pucerons sont :

- **Les syrphes (*Syrphidae*)**

Les syrphes sont des Diptères de 8 à 15 mm selon les espèces, dont les larves apodes mesurent 1 à 2 cm. Les adultes sont souvent confondus avec des Hyménoptères, notamment des guêpes, du fait de leur mimétisme de couleur (abdomen jaune et noir) et de forme avec celles-ci. Ces mouches sont caractérisées pour certaines par un stade larvaire aphidiphage non spécifique. Certaines espèces peuvent se nourrir de près de 40 espèces de proies différentes, comme c'est le cas pour *Episyrphus balteatus*, espèce répandue dans nos régions. L'adulte est polliniphage et nectariphage et pond ses oeufs à proximité de colonies de pucerons. Une larve peut manger 250 à 400 pucerons en deux semaines. Il y a une à cinq générations par an selon les espèces. Les syrphes sont présents pendant une grande partie de l'année dans les cultures.

Leur taille (jusqu'à 1,5 cm), leur vol stationnaire, et leur couleur, permettent de les détecter aisément, tout comme la présence de pupes et de méconium (unique déjection de la larve) dans les cultures. Leur présence dans une colonie aboutit de façon générale à la destruction de celle-ci. Leur action est précoce au printemps et leur apparition favorisée par la présence de plantes à floraison précoce dans l'environnement de la parcelle (Pintureau, 2009).

- **Les cécidomyies (*Cecidomyidae*)**

Les adultes se nourrissent de pollen, leur corps est fin. Ce sont de petites mouches de 2,5 mm, dont la larve est efficace en été et à l'automne. Elles sont rouges et assez difficiles à voir, leur

développement larvaire est de 3 à 6 jours. Une larve du genre *Aphidoletes* peut consommer de 7 à 20 pucerons par jour (Ronzon, 2006).

- **Les Héétéoptères (Punaises)**

Les punaises sont des insectes dont les ailes ne sont que partiellement coriaces, et dont le corps est de forme allongée à ovale. Elles mesurent en général moins de 2 cm, les larves rassemblent beaucoup aux adultes mais sont dépourvues d'ailes, on distingue plusieurs familles de punaises (Henry 2009).

- **Les anthocorides (*Anthocoridae*)**

La tête des anthocorides fait un angle avec le corps, et porte des ocelles. Ces punaises ont un corps aplati, allongé ou ovale, de 5 mm de long en moyenne, de couleur brune ou noire tachetée. L'adulte et la larve sont polyphages (thrips, psylles, acariens, pucerons, etc.). Dans cette famille, on distingue principalement deux genres d'auxiliaires : le genre *Oriusspp*, mesurant moins de 3 mm, et le genre *Anthocorisspp*. Qui regroupe des punaises de plus de 3 mm. Ces espèces, actives en été, au régime polyphage, sont présentes sur de nombreuses cultures (Henry, 2009).

- **Les mirides (*Miridae*)**

Ce sont des punaises filiformes de quelques millimètres dont l'axe de la tête fait un angle avec le corps, et ne possède pas d'ocelle. Les mirides sont très fréquentes sur les plantes herbacées. Certaines espèces sont phytophages, mais d'autres sont des prédateurs polyphages très efficaces. C'est le cas de *Macrolophuscaliginosus*, prédateur aux stades larvaires et adulte d'aleurodes, de pucerons, d'acariens et qui se nourrit par fois d'œufs de Lépidoptères (Henry, 2009).

- **Les nabides (*Nabidae*)**

Ces punaises dont l'axe de la tête est dans le prolongement de celui du corps, sont prédatrices à tous les stades de leur développement. Leur corps svelte de 5 à 12 mm, est généralement de couleur brun jaunâtre à brun roux. Elles sont polyphages (pucerons, acariens, larves de mirides phytophages et actives en été) (Harris, 1928).

- **Les Névroptères (chrysopes et hémérobés)**

Ces insectes ont des ailes membraneuses très nervurées qui forment au repos, un toit sur l'animal (elles ne se superposent pas). Les chrysopes sont de couleur verte, les hémérobés sont bruns. Leurs larves sont des prédateurs au corps trapu et portant de puissantes mandibules en forme de croissant, leur mobilité en fait de redoutables prédateurs de pucerons, les oeufs de couleur blanche sont pondus au bout d'un frêle pédicelle fixé au végétal, l'adulte de chrysope mesure environ 2 cm et

possède des yeux dorés. Principalement aphidiphages, les larves peuvent aussi, en l'absence de pucerons, s'attaquer à des acariens ou à des oeufs et jeunes larves de lépidoptères, très efficaces en été, les chrysopes consomment une trentaine de pucerons par jours (jusqu'à 500 au cours du cycle de croissance larvaire) (Ronzon, 2006).

- **Thysanoptères (Thrips)**

Les thrips sont des insectes de très petite taille (moins de 2 mm), de forme allongée et cylindrique, caractérisés par des ailes plumeuses. Certaines espèces sont des ravageurs difficiles à combattre, notamment en culture sous abri, mais d'autres ont la propriété de se nourrir de larves de thrips phytophages, de larves de pucerons et de cicadelles, ou encore d'oeufs d'acariens tétranyques (Chabrière et Caudal, 2007).

- **Arachnides prédateurs**

- ✓ **Les acariens**

Sont des arachnides comme les araignées, de nombreuses espèces d'acariens sont phytophages, et ravageurs des cultures, mais d'autres sont prédatrices et sont utilisées comme auxiliaire. Elles sont peu voraces, mais ceci peut être compensé par leur nombre et leurs reproductions rapides. *Phytoseiulus persimilis* est ainsi efficace contre les acariens phytophages et *Amblyseius cucumeris* contre les thrips en culture sous abri (Ronzon, 2006).

- **Les parasitoïdes**

Il s'agit d'insectes appartenant à l'ordre des diptères dont les familles Bombylidae et Tachinidae, ainsi que des Hyménoptères (Ichneumonidae, Chalcidoidea, Serphoidea, Braconidae). Ils peuvent être ectoparasites (à l'extérieur de leur hôte) ou endoparasites (à l'intérieur de leur hôte). Ils sont solitaires (un individu par hôte) ou grégaires (plusieurs individus par hôte) (Pintureau, 2006).

Les familles qui parasitent le puceron appartiennent au sous ordre des Apocrites : Ichneumonidae, Brachonidae et Aphelinidae. Une spécificité d'hôte élevée, une durée de génération courte, une bonne synchronisation phénologique avec son hôte et enfin une fertilité élevée lui confèrent une efficacité potentielle intéressante en lutte biologique.

- **Les micro-organismes**

1. **Les champignons**

Les champignons entomopathogènes ont des effets visibles et identifiables sur les ravageurs infestés. Ils provoquent en effet des mycoses blanches, grises ou brunes sur leur hôte. Ces champignons nécessitent généralement un climat doux et humide pour se développer et limitent particulièrement bien les infestations de pucerons. Ainsi, *Beauverria spp*, s'attaque entre autres aux diptères, les espèces du genre *Entomophthora* s'attaquent aux pucerons, *Verticillium lecanii* prend pour cible les aleurodes et les pucerons. Il est commercialisé, il détruit les foyers d'aleurodes sous serre en

les recouvrant d'un feutrage blanc caractéristique. Un insecte mycose devient infectieux, les climats doux et humides favorisent le développement des champignons (et sa sporulation) qui agit par contact. Chez les champignons, il existe également des espèces antagonistes d'autres champignons parasites comme *Caniotrium ministrans* antagoniste du *Sclerotinia*. Leurs développements empêchent la prolifération N des maladies fongiques (Maameri, 2013).

2. Les nématodes

En plus des auxiliaires dont la présence ou les effets sont directement visibles, il existe des auxiliaires (invertébrés ou micro-organismes) dont la présence n'est pas détectable mais dont l'action peut être néanmoins efficace. Il s'agit de nématodes (vers microscopique) dont certains naturellement présents dans le sol, sont parasites des larves de coléoptères et de lépidoptères. *Steinernema feltiae* est produit commercialiser à cet effet (Baudry, 2000).

3. Les bactéries

La plus connue et la plus utilisée est *Bacillus thuringiensis*, dont plusieurs souches spécifiques sont efficaces contre différentes espèces de lépidoptères (Chinery, 1988).

4. Les virus

Des virus spécifiques eux aussi, dont le virus de la polyédrique nucléaire utilisable pour lutter contre les chenilles de Noctuelle du chou, sont disponibles dans le commerce.

2.4. Lutte intégrée

L'OILB, l'organisation internationale de la lutte biologique a défini la lutte intégrée comme une lutte contre les organismes nuisibles qui utilise un ensemble de méthodes satisfaisant les exigences à la fois économique, écologique toxicologique, en réservant la priorité à la mise en œuvre délibérée des éléments naturels de limitation et en respectant le seuil de tolérance. La lutte intégrée englobe toutes les techniques et mesures capables d'interrompre le cycle de vie insectes au cours l'une ou l'autre de ses phases (Harrewijin, 1989).

Chapitre IV:

Les biopesticides

Chapitre IV- Les biopesticides

Introduction

L'Agence de protection environnementale EPA (2007) définit les biopesticides comme des pesticides dérivés des animaux, des bactéries, des champignons, des plantes et de certains minéraux. Nous distinguons les pesticides biochimiques (phéromones sexuels et extraits de plantes) qui procurent des substances naturelles (peu toxiques à l'homme) pour contrôler les ravageurs des cultures ; les pesticides à base de microbes (bactéries, champignons, virus entomopathogènes ou protozoaires) qui peuvent contrôler les différents types de ravageurs et les protecteurs systémiques tels que *Bt*, Dipel, Biobit (Coulibaly *et al.*, 2006).

Les biopesticides ont des modes d'action spécialisés et uniques qui les rendent plus vulnérables à bien des facteurs biologiques et environnementaux. Leur rémanence est limitée, de sorte qu'il faut parfois répéter les traitements pour obtenir l'efficacité recherchée. On peut les répartir en deux grandes catégories : les pesticides microbiens et les pesticides biochimiques (Charles *et al.*, 2008).

L'utilisation des biopesticides dans la lutte parasitaire a l'avantage de diminuer les risques de santé surtout chez les enfants et les femmes et les risques de pollution de l'environnement (Adétonah, 2005). Par exemple, le neem (*Azadirachta indica* A. Juss) est un produit naturel et non toxique à l'homme, il est 100% biodégradable, protège mieux l'environnement et a un large spectre d'action sur plus de deux cents (200) espèces de ravageurs (EPA, 2007).

Dans le cadre de cette étude, les biopesticides utilisés pour la protection des cultures maraîchères concernent essentiellement l'utilisation des extraits naturels.

1- Quelques biopesticides importants

Tableau 9- Biopesticides importants (Poulver *et al.*, 2003)

Nom	Nom agent(S)	Description	Utilisation	Remarque
Agrobacterium radiobacter K84	<i>Agrobacterium radiobacter</i> K84	Bactéries du sol	Sous serre, dans les pépinières Contre la galle du collet	On la retrouve dans de nombreux types de sols et notamment au niveau des racines de plantes
Bacillus spp.	<i>B. licheniformis</i> <i>B. pumilus</i> <i>B. subtilis</i>	Bactéries du sol ayant des propriétés fongicides	Traitement et protection des semences, de la plante (par application foliaire)	L'association de ces bactéries a donné naissance à l'un des pesticides qui a connu

			Contrôle des maladies dans un grand nombre de cultures (si utilisé sur le sol)	le taux de croissance le plus rapide sur le marché des biopesticides.
Paecilomyces fumosoroseus et P. lilacinus	<i>P. fumosoroseus</i> P. <i>lilacinus</i>	Champignons	Maitrise de plusieurs espèces d'insectes sous serre, y compris les aleurodes, les thrips, les pucerons et les acariens. Lutte contre les nématodes qui attaquent les racines des plantes dans les grandes cultures de légumes, de fruits, mais également le gazon et les plantes ornementales.	
Trichoderma spp.	<i>Trichoderma</i>	Champignon	Stimulation des défenses et de la croissance des plantes Capacité de coloniser facilement, et sans leur nuire, les racines des plantes Capacité à parasiter les champignons nuisibles du système racinaire (sous certaines conditions environnementales) Utilisation dans les pépinières, les industries d'ornement, les grandes cultures et les forêts	Mis au point dans les années 1990 il a été largement commercialisé ces dernières années
Beauveria bassiana	<i>Beauveria bassiana</i>	Champignon du sol qui pousse sous forme de moisissure blanche	Contrôle de nombreux insectes ravageurs cibles (pucerons, thrips et mouches blanches...), une fois infectés ils développent la maladie de la muscardine blanche, et meurent en quelques jours Fréquemment utilisé dans les pépinières, les industries d'ornement, les grandes cultures et les forêts	

Azadirachtine	<i>Azadirachtine</i>	Dérivé des graines de margousier	<p>Agit comme régulateur de croissance des insectes</p> <p>Connu pour affecter quelques 200 espèces d'insectes, il perturbe l'alimentation des insectes et inhibe leur capacité à muer, notamment lors du passage de la nymphe à l'adulte</p>	
Cydia pomonella granulo virus	<i>Cydia pomonella granulo virus</i>	Pathogène naturel du carpocapse	Lutte contre le carpocapse qui l'un des principaux ravageurs des arbres fruitiers tels que les pommiers et les poiriers	<p>Développé à partir de recherche débutée dans les années 1980, son utilisation commerciale dans les systèmes biologiques et conventionnels a connu une montée en puissance depuis une vingtaine d'années, période depuis laquelle le carpocapse a commencé à montrer une résistance à un grand nombre d'insecticides traditionnels.</p>

Dysphania ambrosioides	<i>Dysphania ambrosioides</i>	Extrait de la plante <i>Dysphania ambrosioides</i>	Contrôle d'un certain nombre d'insectes suceurs nuisibles comme les pucerons, les cicadelles, les aleurodes et les acariens dans les agrumes, les raisins, les noix et les légumes	Ce produit décompose l'exosquelette des insectes, affecte leur système respiratoire, et interrompt leur capacité à naviguer (trouver de la nourriture).
------------------------	-------------------------------	--	--	---

2. Biopesticides microbiens

Matière active composé à partir de microorganismes utiles tels que bactéries, champignons, virus ou protozoaires. Ils sont relativement spécifiques aux organismes visés.

2.1. Les Bactéries

Les biopesticides à base de bactéries sont utilisées pour contrôler les maladies des plantes, les nématodes, les insectes et les mauvaises herbes. Les bactéries sont présentes dans tous les sols, où elles sont les micro-organismes les plus abondants. Les biopesticides les plus connus et largement utilisés sont à base de *Bacillus thuringiensis*, communément appelé «Bt». Pendant la formation de spores, Bt produit des protéines insecticides (les delta-endotoxines) qui tuent les chenilles nuisibles, les mouches, les larves de moustiques ou encore les coléoptères (en fonction de la sous-espèce et de la souche de Bt) qui les ingèrent en se nourrissant dans les zones Bt-traités. Hautement spécifiques les delta-endotoxines se lient à la paroi cellulaire du tractus digestif des insectes et le dégrade, empêchant ainsi l'insecte de s'alimenter jusqu'à ce qu'il finisse par mourir (Chafaux, 1995).

2.2. Les Champignons

Différents bio-pesticides fongiques peuvent être utilisés pour lutter contre les maladies des plantes (causées par des champignons, des bactéries et autres nématodes), ainsi que certains insectes nuisibles et les mauvaises herbes. Les champignons sont un groupe diversifié d'organismes et peuvent être trouvés dans presque chaque type d'environnement sur Terre. La plupart ont des cycles de vie complexes, et certains sont des parasites aux eucaryotes, y compris les plantes et les insectes, ceux-ci se sont donc révélés utiles comme biopesticides microbiens. Les bio-fongiques sont tellement diversifiés dans la nature, que leurs moyens d'affecter le ravageur cible sont tout aussi variés. Les modes d'action les plus communs sont l'exclusion compétitive (lutte pour la nourriture et l'espace),

le mycoparasitisme, et la production de métabolites. Ces processus peuvent entraîner la stimulation des défenses et la croissance de la plante hôte (Wood, 1951).

2.3. Les Virus

Les biopesticides microbiens sont connus sous le nom baculovirus qui sont une famille de virus d'origine naturelle ayant un tropisme spécifique pour les invertébrés, ils sont connus pour infecter quelques 600 espèces d'insectes comme les larves des mites, des symphytes, les moustiques mais aussi plusieurs crustacés comme les crevettes (Chen et al., 2002). Aucun des baculovirus connus n'est capable d'infecter les mammifères ou autres vertébrés. La plupart sont tellement spécifiques dans leur action qu'ils infectent et tuent une seule ou quelques espèces de larves lépidoptères (chenilles), ce qui les rend de bons candidats pour la gestion des ravageurs des cultures avec un minimum d'effets hors-cible.

Les baculovirus utilisés comme biopesticides microbiens sont constitués d'ADN entouré par une protéine d'enveloppe (nucléocapside), qui est lui-même incorporé dans une protéine "microcapsule" ou corps d'occlusion (OB = Occlusion Body) qui fournit une protection contre la dégradation dans l'environnement. Selon le virus, l'OB peut contenir une nucléocapside unique appelé granulovirus (GV) ou des nucléocapsides multiples dits nucleopolyhedrovirus. (Robert *et al.*, 1984).

2.4. Les Protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires eucaryotes qui existent à la fois dans l'eau et le sol. Alors que la plupart des protozoaires se nourrissent de bactéries et de matière organique en décomposition, un grand nombre d'espèces sont des parasites d'insectes. Par exemple, le protozoaire *Nosema locustae* est connu pour être un agent de lutte biologique naturelle d'au moins 90 espèces de sauterelle (Capinera, 1993)

3. Biopesticides biochimiques

« Les biopesticides » seraient toutes ces choses incluses dans la définition des pesticides mais avec plusieurs modifications, en particulier qu'ils sont naturels ou dérivés de produits naturels par simple modification chimique. La définition de l'EPA est que les biopesticides sont naturels composés ou mélanges qui gèrent les ravageurs sans mode d'action toxique, tel que l'inhibition du cholinestérase qui est une caractéristique de la plupart des organophosphorés et insecticides carbamates (Leahy *et al.*, 2014).

En général, les biopesticides biochimiques sont caractérisés par un mode d'action qui affecte la croissance et le développement d'un organisme nuisible, sa capacité à se reproduire, ou l'écologie des ravageurs. Ils peuvent aussi avoir un impact sur la croissance et le développement des plantes traitées, y compris leur physiologie post-récolte.

Les biopesticides biochimiques sont divisés en plusieurs sous-catégories de produits :

- ❖ Régulateurs de Croissances des Végétaux
- ❖ Régulateurs de Croissances des Insectes
- ❖ Extraits de plantes
- ❖ Pheromones
- ❖ Minéraux.

4. Biopesticides utilisés dans la lutte contre les insectes

4.1. Azadirachtine (extrait de neem)

L'azadirachtine ou *Azadirachta indica*, substance naturelle dérivée du Neem (membre de Miliaceae) est un tetranortritérpénoïdes, structurellement semblable aux ecdysones d'insectes (Black I et al., 1993). Cette molécule inhibe l'hormone prothoracicotropique et l'hormone allatotropique (Banken et Stark, 1997), stimulant les ecdystéroïdes et l'HJ respectivement, affectant ainsi le développement et la reproduction, L'azadirachtine peut également agir en paralysant le mouvement naturel de l'intestin, provoquant le dépérissement des insectes. Le mode d'action de l'azadirachtine reste encore méconnu, une étude récente montre une association à l'épuisement cytosquelettique de l'actine. Différents travaux ont noté les impacts négatifs de l'azadirachtine sur les organismes visés (Black I et al., 1993).

4.2. *Bacillus thuringiensis* (b401)

Présente dans la plupart des sols, dans les cadavres d'insectes, les végétaux, *Bacillusthuringiensis* est une bactérie Gram positif qui a la particularité de synthétiser un cristal protéique lors de la sporulation. Ces cristaux ont selon les souches une activité larvicide surtout sur ; les Lépidoptères, Coléoptères et Diptères (Chaux, 1994).

Lors de l'ingestion par les larves d'insectes, les cristaux de toxines sont solubilisés du fait du pH alcalin de l'appareil gastro-intestinal et libèrent des pro-toxines. Celles-ci sont par la suite activées par des protéases (trypsines) spécifiques du système digestif. Cependant, les formes activées interagissent avec des récepteurs localisés au niveau des cellules épithéliales de l'intestin moyen. La fixation sur ces récepteurs induit des changements conformationnels de la protéine conduisant in fine à l'insertion de la toxine qui s'oligomérisse (tétramère) dans la membrane au niveau des microvilli de ces cellules.

4.3. Spinosad (TRACER 240 SC)

Le spinosad est un insecticide d'origine naturelle, fait partie de la famille des spinosoïdes, semble représenter une solution plus appropriée par rapport aux molécules classiques. En effet, il montre une faible toxicité pour l'Homme, les mammifères, les invertébrés aquatiques et les organismes non visés, par ailleurs, il préserve l'environnement du fait sa rapide biodégradation et sa

forte sélectivité. Le spinosad présente un mode d'action de type neurotoxique nouveau et unique car il agit à la fois sur les nAChRs et sur les récepteurs GABA ergiques (Rinkevich et Scott, 2012).

4.4. Sincocin (Sincocin AG)

Un produit naturel à base d'acides gras (acide palmique, acide oléique, acide linoléique, nucléiques (ADN, ARN), il pour contrôle biologique des plusieurs ravageurs des cultures et aussi contre les nématodes. Ce produit, il agit généralement par contact et par ingestion sur les différents ordres d'insectes, il est considéré comme un produit non toxique pour l'homme (Agricom, 2015).

2ème Partie :
Étude expérimentale

Objectif du travail

Le but de notre travail est de réaliser une étude comparative de l'efficacité d'Azadirachtine (neem azal), Sincocin (Sincocin AG), Spinosad (TRACER 240 SC), *Bacillus thuringiensis* (B410) bio-insecticides sur des populations des Aphides (*Aphis gossypii*), et leurs ennemis naturels comme les coccinelles, les syrphes, les cécidomyies et les parasitoïdes. Ainsi que de déterminer la sensibilité de ces ravageurs.

Matériels et Méthodes

1.1. Matériel végétal

Pour notre essai, nous avons utilisé la variété Magister. c'est une variété hybride F1, elle est très plastique à une valeur sure très cultivée à l'Ouest de l'Algérie avec un bon rendement, à récolte groupé en début, cultivée sous serre et en plein champs, le fruit est doux, extra long de 8 à 9 cm de largeur, de forme assez rectangulaire de couleur vert foncée avant maturité, puis rouge.



Fig.8. Plant de poivron (Originale, 2020)

1.2. Matériel animal

1.2.1. Les Aphides

L'espèce aphidienne retenue pour notre étude sur la culture du poivron est *Aphis gossypii*. Ce choix a été fait en fonction de leur importance et dominance que leur fréquence sur la culture étudiée.



Fig. 9. Pucerons dispersés sur une feuille du poivron (Originale, 2020)

1.2.2. Les ennemis naturels des aphides

1.2.2.1. Les coccinelles

Les coccinelles sont des insectes de petites tailles, très bombées et de forme circulaire.

Les couleurs sont vives et les dessins très variables, 65% sont aphidiphage.



Fig. 10. Coccinelle à sept points (*Coccinella septempunctata*) au stade, œuf, adulte (Original, 2020).

1.2.2.2. Les syrphes

Les adultes se nourrissent de pollen et de nectar. Leur corps est souvent rayé de jaune et noir, ressemblant à des petites guêpes. Les syrphes se reconnaissent facilement à leur vol stationnaire et rapide.



Fig. 11. Syrpe adulte (Originale, 2020)

1.2.2.3. Les parasitoïdes

Les parasitoïdes se développent généralement sur un seul hôte, souvent à l'intérieur de celui-ci et le tuent une fois leur développement larvaire achevé (Riba et Silvy, 1989). Ces parasitoïdes du puceron sont tous Hyménoptères endoparasitoïdes solitaires (Rabasse, 1983). Ils appartiennent à deux familles différentes : Les Aphidiidae et Les Aphelinidae.

Les parasitoïdes sont différenciés des prédateurs en présentant une phase libre : les stades œuf, larve et nymphe sont parasites tandis que l'adulte est libre. Il s'agit d'insectes appartenant à l'ordre des diptères dont les familles Bombylidae et Tachinidae, ainsi que des Hyménoptères (Ichneumonidae, Chalcidoidea, Serphoidea, Braconidae).



Fig. 12. Parasitoïdes (Originale, 2020).

1.2.2.4. Les cécidomyies

Les adultes se nourrissent de pollen, leur corps est fin. Ce sont de petites mouches de 2.5 mm. La larve est efficace en été et à l'automne. Elles sont rouges assez difficiles à voir. Son développement larvaire est de 3 à 6 jours.



Fig. 13. Larve d'une cécidomyie (Originale, 2020).

1.3. Méthode d'étude

1.3.1. Site expérimental

Le site retenu pour notre étude est situé entre la commune de Mostaganem au nord Mazagran à l'ouest, Hassi Mamèche au sud et Douar à Djdid à l'est (Toudert, 1991). Cette zone est caractérisée par un climat- semi-aride avec une hygrométrie comprise entre 60 et 70% pendant la période estivale, les températures moyennes oscillent entre 25 et 30°C en été et de 6 à 13°C pendant l'hiver.



Fig. 14. Site d'expérimentation de Mazagran (Google Earth, 2020)

1.4. Caractéristiques du sol

Selon Toudert (1991), les caractéristiques du sol du site expérimental sont comme suite :

- Une proportion de sable élevé,
- Un pH alcalin voisin de 8.5,
- Une teneur plus ou moins faible en matière organique,
- Pas de problème de salinité.

L'étude a été réalisée dans des cages sous serre, au niveau de la ferme expérimentale de l'Université de Mostaganem.

1.5. Les produits utilisés

Dans notre expérimentation nous avons utilisées quatre produits bioinsecticides Azadirachtine (neem azal), Sincocin (Sincocin AG), Spinosad (TRACER 240 SC), *Bacillus thuringiensis* (B410).

1.5.1. Azadiractine

C'est un extrait végétal sous forme de NSE (Neem Seed Extract), Le neem, *azadirachta indica* c'est un arbre de la famille des Méliacées. L'azadiractine ne tue pas directement l'insecte mais perturbe son équilibre hormonal jusqu'à causer sa mort. Ses effets biologiques sont multiples et se situent à deux niveaux : comportemental (inhibition de l'alimentation et répulsion) et physiologique (perturbation de la croissance et du développement, inhibition de l'ovipositeur, stérilité et baisse du fitness reproducteur) (Schmutterer, 1985)

1.5.2. Spinosad

Ce produit contient une matière active nommée Spinosad, il est utilisé pour la lutte contre les infestations des insectes de la famille des lépidoptères, des diptères, des hyménoptères, des thysanoptères et certains coléoptères, le Spinosad c'est un bio-pesticide provenant de la fermentation de la bactérie actinomycète, *Saccharopolyspora spinosa*. L'ingrédient actif est composé de deux variantes qui sont Spinosyne A et Spinosyne D (Thompson et al., 1997).

1.5.3. Sincocin

Un produit naturel à base d'acides gras (acide palmique, acide oléique, acide linoléique, nucléiques (ADN, ARN), il pour contrôle biologique des plusieurs ravageurs des cultures et aussi contre les nématodes. Ce produit, il agit généralement par contact et par ingestion sur les différents ordres d'insectes, il est considéré comme un produit non toxique pour l'homme (Agricom, 2015).

1.5.4. *Bacillus thuringiensis*

Le nom *Bacillus thuringiensis* a été introduit en 1911 par le biologiste allemand E. Berliner, pour designer la bactérie parthogène trouvée dans les pupes d'insectes familier des silos à graine en Thuringe (Schnep et al, 1998). Depuis plus de 40 ans, elle est utilisée comme insecticide biologique et représente de nos jours plus de 90 % du marché total des biopesticides (Vassal, 2004).

1.6. Traitement

Le traitement était réalisé avec la dose homologuée de chaque produit : Azadiractine (0,85 ml.l⁻¹), Sincocin (3 ml.l⁻¹), le Spinosad (0,6 ml. l⁻¹) et *Bacillus thuringiensis* (0,9 ml.l⁻¹) La pulvérisation des produits est apportée sur : 100 individus du puceron, 10 individus de coccinelles, 5 individus de cécidomyies, 10 individus de parasitoïdes et 10 individus de syrphes.

L'unité expérimentale est constituée par une plante de poivron porteuse des individus de chacun de ces insectes mise dans une cage de bois entouré avec insecte-proof bien fermée et aérée.

Tous les traitements s'appliquent par une pulvérisation à main l'application doit répéter trois fois pour chaque insecte, les expérimentations sont réalisées *in vivo*.



Fig. 15- Cages d'expérimentation (Originale, 2020)

Le dénombrement du taux de mortalité s'est effectué sur plusieurs tranches d'horaires (24, 48 et 72 heures) sur plusieurs périodes (4, 5 et 6 jours).

Analyse statistique

Les résultats obtenus sont traités statistiquement par le logiciel STATBOX PRO et une comparaison des moyennes est performée au test de Newman et Keuls à 5%.

« ANOVA » ou l'analyse de la variance est un ensemble de modèles statistiques utilisés pour vérifier si les moyennes des groupes proviennent d'une même population¹.

Ce test s'applique lorsque l'on mesure une ou plusieurs variables explicatives catégorielle (appelées alors facteurs de variabilité, leurs différentes modalités étant parfois appelées « niveaux ») qui ont de l'influence sur la loi d'une variable continue à expliquer. On parle d'analyse à un facteur lorsque l'analyse porte sur un modèle décrit par un seul facteur de variabilité, d'analyse à deux facteurs ou d'analyse multifactorielle sinon.

3ème partie :

Résultats et discussion

3ème partie : Résultats et discussion

1. Effet des bio-insecticides sur *Aphis gossypii*

La figure 16 montre que le nombre d'individus morts d'*Aphis gossypii* est significativement élevé sous l'effet des trois bioinsecticides (Aza, Sin, Trac) testés par rapport au témoin par contre pour *Bth* a une faible action sur la population aphidienne.

Les résultats obtenus montrent une nette progression dans le taux de mortalité avec la progression dans le temps, ainsi, le nombre de morts atteint en 24 heures est de (10, 11.6, 7 et 0) sous l'action respective de (Aza, Sin, Spi, *Bth*) contre 0 individu chez le témoin. Par ailleurs, après 6 jours de traitement ces chiffres progressent pour atteindre (72.6, 78.3, 36, 16.6) respectivement sous l'effet d'Aza, Sin, Spi et *Bth* cependant le témoin affiche 2.75 individus.

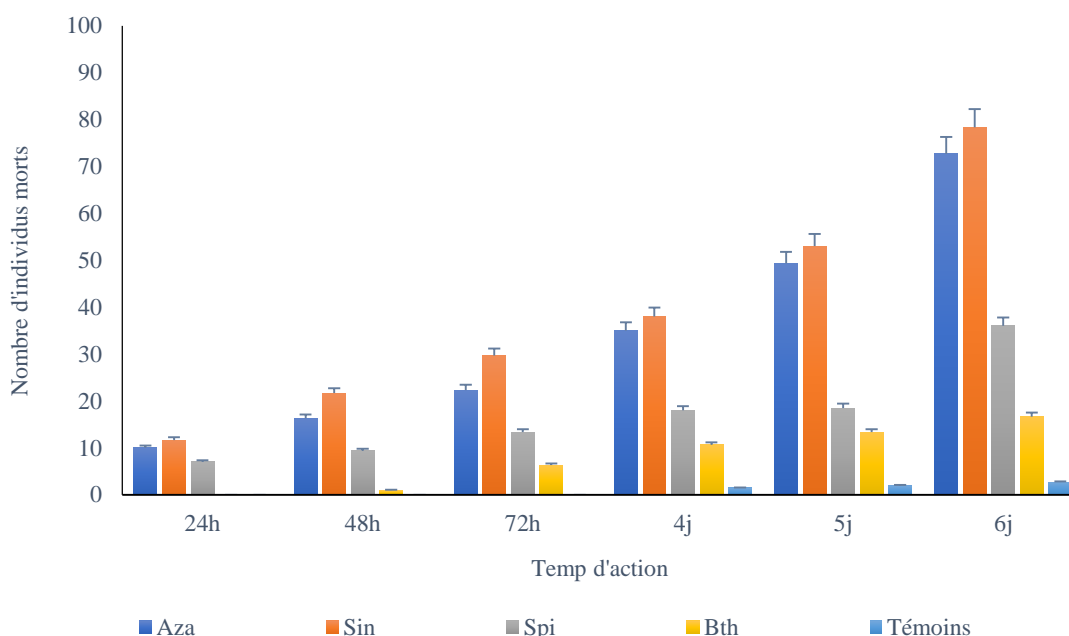


Fig. 16- Nombre de morts d'*Aphis gossypii* *in vivo* sous l'effet de quatre bio-insecticides en 6 jours de traitement. Les données représentent la moyenne de trois répétitions et la barre d'erreur indique l'écart type moyen.

Temps \ Produit	Aza	<i>Bth</i>	Spi	Sin
24h	8,33±1,52 ^{hi}	0±0 ^k	5,33±0,57 ^{ijk}	8±1 ^{hij}
48h	13±2,64 ^{fgh}	1±1 ^{jk}	9±1 ^{ghi}	14,66±1,52 ^{fg}
72h	18,66±3,21 ^{ef}	2,66±1,15 ^{ijk}	13,33±1,52 ^{fgh}	22±2 ^{de}
j4	23,66±3,51 ^{de}	4±1 ^{ijk}	18±1,73 ^{ef}	28,33±2,08 ^{cd}
j5	28,33±6,11 ^{cd}	4±1 ^{ijk}	23,33±3,05 ^{de}	33,66±3,51 ^{bc}
j6	33±7 ^{bc}	6±1 ^{ijk}	28,33±2,08 ^{cd}	38,33±2,08 ^{ab}

Tableau 10- ANOVA à deux facteurs mélangés aléatoirement avec $\alpha = 5\%$, du nombre de morts chez *Aphis gossypii* in vivo traités avec quatre bio-insecticides dans la durée en jour

2. Effet des bioinsecticides sur les coccinelles

La figure 17 n'annonce aucune morte de coccinelle en 24, 48, 72 heures et au 4^{ème} jour de traitement pour les quatre bioinsecticides jusqu'au 5^{ème} jour de traitement où nous remarquons la mort de (0.3, 0.6 et 0.1 individus) sous l'action de (Aza, Trac, *Bth*) et 0 mort pour Sin. Au 6^{ème} jour de traitement, nous enregistrons une augmentation légère d'individus morts de coccinelles de (0.66) sous l'effet d'Aza, de (1.3) sous Spi, de (1) sous Sin, et de (0.8) sous l'effet de *Bthu* et aucun mort pour le témoin.



Fig. 17- Nombre de morts coccinelles in vivo sous l'effet de quatre bioinsecticides en 6 jours de traitement.

Tableau 11- ANOVA à deux facteurs mélangés aléatoirement avec $\alpha = 5\%$, du nombre de morts de coccinelles in vivo traités avec quatre bio-insecticides dans la durée en jour.

Temps \ Produit	Aza	<i>B th</i>	Spi	Sin
24h	0±0 ^d	0,33±0,56 ^{c d}	0±0 ^d	0±0 ^d
48h	0±0 ^d	0±0 ^d	0±0 ^d	0±0 ^d
72h	0±0 ^d	0±0 ^d	0±0 ^d	0±0 ^d
j4	0±0 ^d	0±0 ^d	0±0 ^d	0±0 ^d
j5	0,33±0,56 ^{c d}	0±0 ^d	0,69±0,65 ^{b c d}	0±0 ^d
j6	0,33±0,56 ^{c d}	0±0 ^d	1,43±0,56 ^{a b}	0±0 ^d

3. Effet des bio-insecticides sur les parasitoïdes

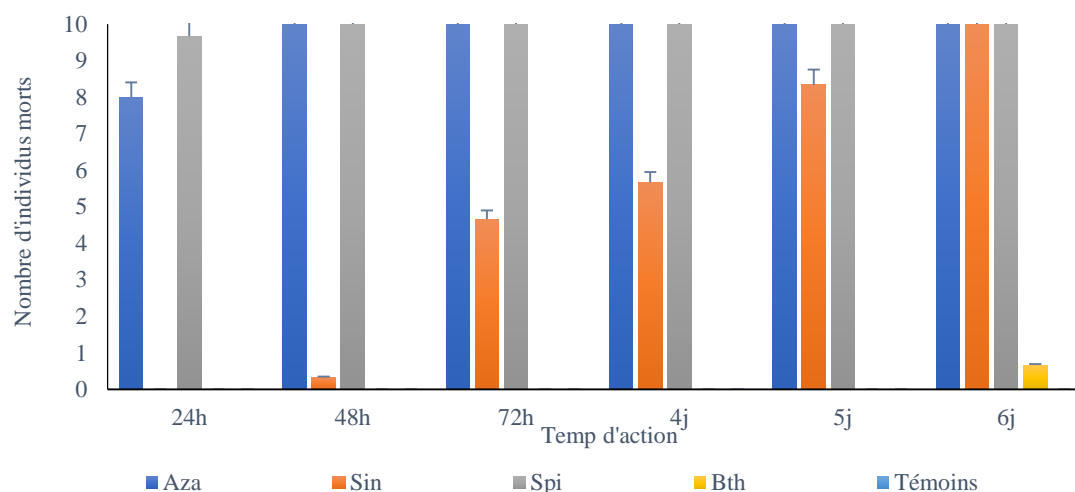


Fig. 18- Nombre d'individus morts de parasitoïdes *in vivo* sous l'effet de quatre bio-insecticides en 6 jours de traitement.

Après 24 heures de traitement, les deux produits (Aza et Spi) enregistrent respectivement 8 et 9.66 d'individus morts contre aucun individu pour *Bthu*, Sin et le témoin. Après 48h de traitement, ce nombre de mort progresse pour atteindre 10 d'individus morts sous l'effet des deux produits : Aza et Spi, ce chiffre se stabilise jusqu'au 6^{ème} jour d'essais (Fig. 18).

L'effet de Sin évolue progressivement dans le temps, puisque, après 2 jours, il commence avec moins de 1 individu pour atteindre 10 morts au 6^{ème} jour de traitement. Cependant, l'effet de *Bthu* est très faible avec 1 parasitoïde après 6 jours d'expérimentation contre 0 mort pour le témoin.

Temps \ Produit	Aza	Bth	Spi	Sin
24h	8±1 ^b	0±0 ^f	9,66±0,57 ^a	0±0 ^f
48h	10±0 ^a	0±0 ^f	10±0 ^a	0,33±0,57 ^f
72h	10±0 ^a	0±0 ^f	10±0 ^a	3±1 ^e
j4	10±0 ^a	0±0 ^f	10±0 ^a	4,66±1,52 ^d
j5	10±0 ^a	0±0 ^f	10±0 ^a	7±1 ^c
j6	10±0 ^a	0±0 ^f	10±0 ^a	9,66±0,57 ^a

Tableau 12-ANOVA à deux facteurs mélangés aléatoirement avec alpha = 5%, du nombre de morts de parasitoïdes *in vivo* traités avec quatre bio-insecticides dans la durée en jour.

4. Effet des bioinsecticides sur les syrphes

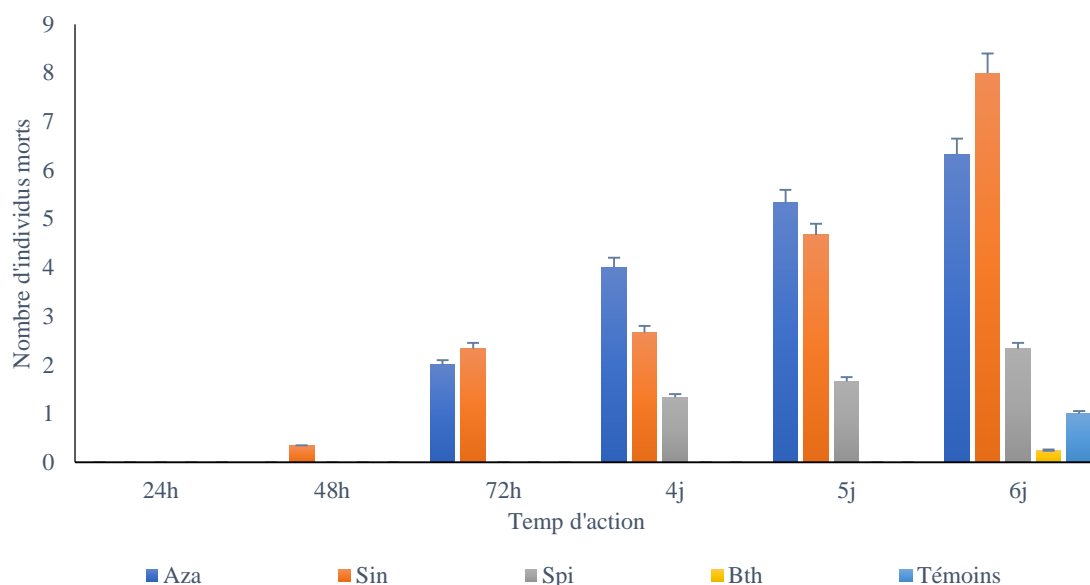


Fig. 19- Nombre d’individus morts de syrphes *in vivo* sous l’effet de quatre bioinsecticides en 6 jours de traitement.

Les résultats obtenus dans la figure 19, n’expriment aucun mort après 24 heures de traitement avec les quatre produits jusqu’au 48h nous enregistrons (1 mort) avec Sin, après 72 heures, nous enregistrons (2 et 2.3 de syrphes morts), ces chiffres évoluent après 4 jours pour donner (4 et 2.6 d’individus morts), ce nombre évolue après 6 jours pour atteindre (6.3 et 8 individus morts) sous l’effet respectif d’Aza et Sin.

Pour Spi contre les syrphes, nous remarquons au 4^{ème} jour, ce bioinsecticide affecte (1.33 individus), ce chiffre progresse pour atteindre au 6^{ème} jour de traitement (2.3 individus morts). D’autre part, *Bth* n’a aucun effet signalé sur les syrphes pendant 5 jours de traitement, un seul mort marqué au 6^{ème} jour et aucun individu mort pour le témoin.

Tableau 13- ANOVA à deux facteurs mélangés aléatoirement avec alpha = 5%, du nombre de morts de syrphes *in vivo* traités avec quatre bio-insecticides dans la durée en jour.

Temps \ Produit	Aza	Bth	Spi	Sin
24 h	0±0 ^e	0±0 ^e	0±0 ^e	0±0 ^e
48 h	0±0 ^e	0±0 ^e	0±0 ^e	0±0 ^e
72 h	1,66±0,57 ^{c d}	0±0 ^e	0±0 ^e	2,33±0,56 ^{b c}
j 4	3±0 ^b	0±0 ^e	1,33±0,56 ^d	2,66±0,56 ^b
j 5	4,66±0,57 ^a	0±0 ^e	1,66±0,56 ^{c d}	4,66±0,56 ^a
j 6	7±0 ^a	0±0 ^e	3,33±0,56 ^{b c}	7±0 ^a

5. Effet des bioinsecticides sur les cécidomyies

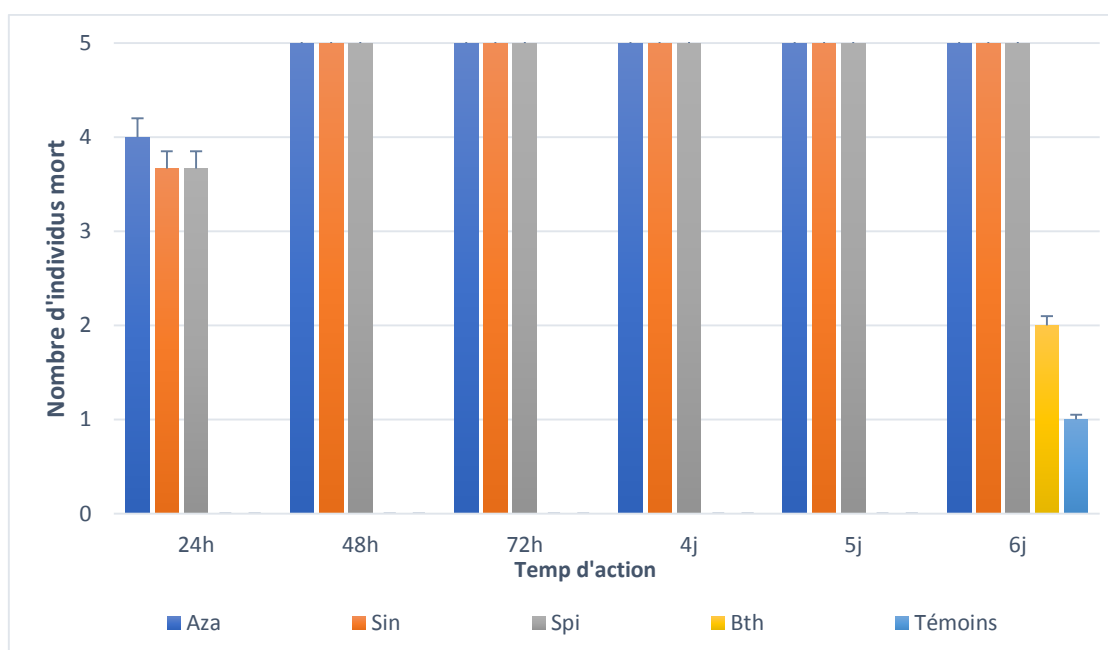


Fig. 20- Nombre d’individus morts de cécidomyies *in vivo* sous l’effet de quatre bioinsecticides en 6 jours de traitement.

Après 24 heures de traitement nous avons un nombre d’individus morts de Cécidomyies de (4, 3, 6 et 3.6) sous l’effet respectif d’Aza, Sin, Spi et *Bth* contre 0 individu pour le témoin. Après 48 heures de traitement ces taux de mortalités progressent pour donner respectivement (5, 5, 5 et 0 individus morts), ces valeurs restent stables jusqu’au 6^{ème} jour de traitement. En revanche, le *Bth* s’active au 6^{ème} jour avec (0.33 individus morts). Le témoin ne donnera aucun individu mort de cécidomyies (Fig. 20).

Tableau 14- ANOVA à deux facteurs mélangés aléatoirement avec alpha = 5%, du nombre de morts de Cécidomyie *in vivo* traités avec quatre bio-insecticides dans la durée en jour.

Temps \ Produit	Aza	Bth	Spi	Sin
24 h	4±1 ^b	0±0 ^d	1±0,57 ^c	4,66±0,57 ^{b c}
48 h	5±0 ^a	0±0 ^d	5±0 ^a	5±0 ^a
72 h	5±0 ^a	0±0 ^d	5±0 ^a	5±0 ^a
j 4	5±0 ^a	0±0 ^d	5±0 ^a	5±0 ^a
j 5	5±0 ^a	0±0 ^d	5±0 ^a	5±0 ^a
j 6	5±0 ^a	0,33±0,57 ^d	5±0 ^a	5±0 ^a

6. Étude comparative des bioinsecticides

La figure 21 et le tableau 15 montre l'effet des quatre bioinsecticides sur le puceron *Aphis gossypii*, cet effet est positif, où les deux produits (Sin et Aza) affichent (78.33 et 72.67 individus morts) sont nettement supérieurs aux deux autres (Spi) en 3^{ème} position avec (36 individus morts) et enfin, le (*Bth*) en 4^{ème} position avec des valeurs très faibles (16.67 morts).

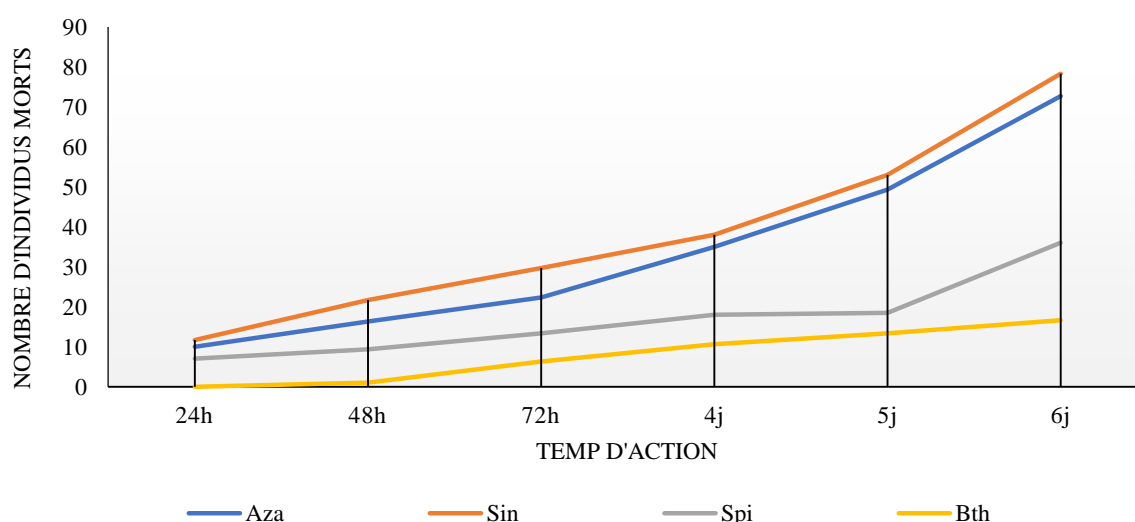


Fig. 21- Effet comparatif des quatre bio-insecticides (*Aza*, *Spi*, *Sin* et *Bth*) sur *Aphis gossypii* pendant 6 jours de traitement.

Produits	Jours					
	24h	48h	72h	4j	5j	6j
Aza	10%	16,3%	22,3%	35%	49,3%	72,6%
Sin	11,6%	21,6%	29,6%	38%	53%	78,3%
Spi	7%	9,3%	13,3%	18%	18,5%	36%
Bth	0%	1%	6,3%	10,6%	13,3%	16,6%

Tableau. 15- Comparaison entre le pourcentage de taux de mortalité d'*Aphis gossypii* sous l'effet des quatre bioinsecticides pendant 6 jours de traitement.

Les quatre bioinsecticides testés dans ce travail (*Aza*, *Spi*, *Sin* et *Bth*) montrent que les deux produits (*Aza* et *Sin*) sont les plus efficaces pour lutter contre les pucerons, car leur effet est rapide et efficace contre *Aphis gossypii* avec respectivement des taux de mortalité de (72.6 et 78.3%). Cependant, le *Spi* atteint 36% de mortalité, le *Bth* arrive en dernière position avec un taux de mortalité de 16.6% (Tableau 15).

Discussion

La lutte intégrée est une stratégie de gestion à long terme des bio-insecticides, qui minimise les risques pour les populations, l'écosystème et l'environnement. Dans ce concept, nous avons testés l'efficacité des quatre bioinsecticides (Aza, Sin, Spi et *Bth*) sur *Aphis gossypii* et leurs effets secondaires sur le complexe parasitaire sur la culture de poivron sous serre.

Les résultats de ces bio-essais montrent une très bonne efficacité de Sin et l'Aza. Cependant, cette efficacité est moins présente chez Spi. D'autre part, le *Bth* n'est pas efficace contre *Aphis gossypii*. Au regard de nos essais, la mortalité des individus est ordinairement due à une intoxication par alimentation. Les processus d'intoxication sont certainement les même chez les individus de pucerons du poivron. Cependant, plusieurs applications sont couramment nécessaires, parce que les insectes peuvent se cacher. Leur application doit se faire dans des « conceptions climatiques idéales », par un temps, où l'absence de pluie est exigée pour éviter le lessivage, et aussi, il faut éviter les jours ventés, pour éviter la dérive et la dispersion dans l'air (Khelifi et al., 2001).

Cependant, les bioinsecticides n'éliminent pas totalement les ravageurs, aussi, une utilisation fréquentative peut installer une résistance chez les insectes. A l'avenir, ces bio-insecticides peuvent contribuer dans un programme de lutte contre *Aphis gossypii* pour réaliser le concept de la lutte intégrée, tout en conservant la faune auxiliaire.

Parmi les trois biopesticides le Sin montre les meilleurs résultats contre le puceron, par ce produit agit par contact et par ingestion sur les différents ordres d'insectes, il est considéré comme un produit non toxique pour l'homme (Agricom, 2015).

Toutefois l'Aza montre son efficacité dès les premiers jours pour dans nos conditions d'expérimentation. Ce que confirment Moulton et al. (2000). Cette méthode de lutte (application des bioinsecticides) nous évite de traiter tous les plants, car, grâce à l'effet de halo, les plants traités par effet de transmission protègent les plants voisins non traités. L'Aza cause une mortalité très forte chez deux ennemis naturels (les parasitoïdes et les cécidomyies in vivo), par contre, une faible mortalité chez les coccinelles et les syrphes in vivo. Toutefois, le bioinsecticide n'élimine pas complètement les ravageurs, et une utilisation répétitive peut installer une résistance chez les insectes. Ce produit ne présente pas de danger pour l'environnement, aussi, il est facile à utiliser, puisqu'il ne nécessite qu'un pulvérisateur conventionnel.

Le Spi est qualifié comme écologique et toxi-insecticide de moindre risque, parce qu'il perturbe directement le système nerveux central de l'insecte (Wang et al., 2005 ; Moadeli et al., 2014). Ces derniers auteurs mentionnent que ce biopesticide cause moins de mortalité chez les ennemis naturels par rapport aux insecticides chimiques.

Au bout de 6 jours de traitement, Spi a révélé sa forte action contre les différents auxiliaires de la culture du poivron et en particulier contre les parasitoïdes. Ces résultats sont en parfaites concordance avec ceux de Williams et *al.* (2003), où ils ont testé le bioinsecticide Spinosad sur 25 espèces de parasitoïdes, les résultats sont stupéfiants avec un taux de mortalité très élevé chez les parasitoïdes de 78 et 86 % respectivement *in vitro* et *in vivo*.

D'autres comme Wang et *al.* (2005) considèrent que Spi est toxique pour de nombreux parasitoïdes d'Hymenoptera. En même temps, ces auteurs considèrent qu'il reste un produit modérément nocif ou nuisible aux parasitoïdes

D'autre part, malgré que la bactérie *Bth* soit l'insecticide le plus utilisé au monde en agriculture biologique n'a donné aucun résultat contre le puceron et les auxiliaires c'était due à son incompatibilité au puceron et sa principale utilisation est dans la lutte contre les lépidoptères défoliateurs et certains papillons parasites des grandes cultures, du maïs notamment (FAO, 2011).

A travers cette étude et d'après les résultats obtenus nous sommes d'accord avec le remplacement à court terme des produits chimiques utilisés dans les insecticides par des produits d'origine naturelle (végétale, animal, microorganismes). Cependant, ils pourraient s'avérer inefficaces à long terme à cause de la résistance engendrée par une sur utilisation.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au terme de ce travail, les trois bioinsecticides (Aza, Sin et Spi) se sont confirmés comme des bons agents de contrôle des populations d'*Aphis gossypii* et leur complexe parasitaire, cependant, le *Bth* n'a eu aucun effet sur le puceron *Aphis gossypii*.

Par ailleurs, les ennemis naturels comme les parasitoïdes et les cécidomyies ont été sensibles à l'Aza et au Spi, par contre, peu d'action contre les coccinelles et les syrphes. Quant au Sin a affecté les Cécidomyies, les parasitoïdes et les syrphes, en revanche, contre les coccinelles n'a pas montré d'influence.

Pour une lutte efficace, nous préconisons une lutte biologique avec l'emploi des bioinsecticides (Aza, Sin et Spi) qui présentent un avantage précieux pour leur fonction dans les situations écologiques délicates. En addition, de leur bonne efficacité, c'est un choix alternatif pour lutter contre le puceron *Aphis gossypii*.

Enfin, nous pouvons accorder que malgré l'impact négatif léger des biopesticides sur quelques auxiliaires évoqués par la bibliographie. Dans notre travail, ces bioinsecticides n'ont pas montré un effet vraiment nocif pour les ennemis naturels par rapport à l'effet catastrophique des produits chimiques sur l'environnement et sur la santé humaine. Pour plus d'informations et de confirmation de nos résultats, nous recommandons de prévoir d'autres expériences écotoxicologiques profondes pour affirmer la nuisance réelle ou non de ces quatre produits sur le complexe parasitaire d'*Aphis gossyp*

Annexes

Annexes :**Annexe 01 : L'effet de l'azadiractine sur les pucerons**

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
0,85 ml	R1	10	16	22	39	49	73
	R2	12	14	20	36	47	69
	R3	8	19	25	30	52	76
Témoin	R'	0	0	0	2	2	3
Moyenne		10	16,333333	22,333333	35	49,333333	72,666667

Annexe 02 : L'effet de l'azadiractine sur les parasitoïdes

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
0,85 ml	R1	7	10	10	10	10	10
	R2	8	10	10	10	10	10
	R3	9	10	10	10	10	10
Témoin	R'	0	0	0	0	0	1
Moyenne		8	10	10	10	10	10

Annexe 03 : L'effet de l'azadiractine sur les coccinelles

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
0,85 ml	R1	0	0	0	0	0	0
	R2	0	0	0	0	1	1
	R3	0	0	0	0	0	1
Témoin	R'	0	0	0	0	0	0
Moyenne		0	0	0	0	0,33333333	0,66666667

Annexe 04 :L'effet de l'azadiractine sur les syrphes

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
0,85 ml	R1	0	0	2	6	7	7
	R2	0	0	2	3	4	6
	R3	0	0	2	3	5	6
Témoin	R'	0	0	0	0	0	0
Moyenne		0	0	2	4	5,3333333	6,3333333

Annexe 05 :L'effet de l'azadiractine sur les cécidomyies

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
0,85 ml	R1	3	5	5	5	5	5
	R2	4	5	5	5	5	5
	R3	5	5	5	5	5	5
Témoin	R'	0	0	0	0	0	0
Moyenne		4	5	5	5	5	5

Annexe 06 :L'effet de Sincocine sur les pucerons

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
3 ml	R1	13	22	31	43	55	81
	R2	12	18	22	36	47	75
	R3	10	25	36	35	57	79
Témoin	R'	0	0	0	2	2	3
Moyenne		11,666667	21,666667	29,666667	38	53	78,333333

Annexe 07 :L'effet de Sincocine sur les parasitoïdes

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
3 ml	R1	0	0	3	4	8	10
	R2	0	0	5	6	8	10
	R3	0	1	6	7	9	10
Témoin	R'	0	0	0	0	0	0
Moyenne		0	0,3333333	4,6666667	5,6666667	8,3333333	10

Annexe 08 :L'effet de Sincocine sur les coccinelles

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
3 ml	R1	0	0	0	0	0	1
	R2	0	0	0	0	0	1
	R3	0	0	0	0	0	1
Témoin	R'	0	0	0	0	0	0
Moyenne		0	0	0	0	0	1

Annexe 09 :L'effet de Sincocine sur les syrphes

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
3 ml /L	R1	0	1	3	3	5	8
	R2	0	0	2	3	4	8
	R3	0	0	2	2	5	8
Témoin	R'	0	0	0	0	0	1
Moyenne		0	0,3333333	2,3333333	2,6666667	4,6666667	8

Annexe 10 : l'effet de Sincofine sur les cécidomyies

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
3ml	R1	4	5	5	5	5	5
	R2	4	5	5	5	5	5
	R3	3	5	5	5	5	5
Témoin	R'	0	0	0	0	2	3
Moyenne		3,6666667	5	5	5	5	5

Annexe 11 : l'effet de Traceur sur les pucerons

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
0,6ml	R1	6	8	12	16	22	33
	R2	6	9	13	19	24	35
	R3	9	11	15	19	26	40
Témoin	R'	0	0	0	0	2	3
Moyenne		7	9,333	13,333	18	18,5	36

Annexe 12: l'effet de traceur sur les parasitoïdes

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
0,6ml	R1	9	10	10	10	10	10
	R2	10	10	10	10	10	10
	R3	10	10	10	10	10	10
Témoin	R'	0	0	0	0	0	0
Moyenne		9,6667	10	10	10	10	10

Annexe 13 :l'effet de Traceur sur les coccinelles

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
0,6ml	R1	0	0	0	0	1	1
	R2	0	0	0	0	1	2
	R3	0	0	0	0	0	1
Témoin	R'	0	0	0	0	0	0
Moyenne		0	0	0	0	0,66667	1,3333

Annexe 14 :L'effet de Traceur sur les syrphes

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
0,6 ml	R1	0	0	0	2	2	3
	R2	0	0	0	1	2	2
	R3	0	0	0	1	1	2
Témoin	R'	0	0	0	0	0	0
Moyenne		0	0	0	1,3333	1,66667	2,3333

Annexe 15 :L'effet de Traceur Sur les cécidomyie

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
0,6 ml	R1	3	5	5	5	5	5
	R2	4	5	5	5	5	5
	R3	4	5	5	5	5	5
Témoin	R'	0	0	0	0	0	0
Moyenne		3,6667	5	5	5	5	5

Annexe 16 :L'effet de bacillus thuringiensis B410 sur les pucerons

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
0,9ml	R1	0	0	6	9	12	15
	R2	0	1	5	11	13	16
	R3	0	2	8	12	15	19
Témoin	R'	0	0	0	2	2	2
Moyenne		0	1	6,3333	10,6667	13,333	16,667

Annexe 17 :L'effet de bacillus thuringiensis B401 sur les parasitoïdes

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
0,9ml	R1	0	0	0	0	0	1
	R2	0	0	0	0	0	1
	R3	0	0	0	0	0	0
Témoin	R'	0	0	0	0	0	0
Moyenne		0	0	0	0	0	0,6667

Annexe 18 :L'effet de bacillus thuringiensis B401 sur les coccinelles

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
0,9ml	R1	0	0	0	0	1	1
	R2	0	0	0	0	0	0
	R3	0	0	0	0	0	1
Témoin	R'	0	0	0	0	0	0
Moyenne		0	0	0	0	0,3333	0,6667

Annexe 19 : L'effet de bacillus thuringiensis B401 sur les syrphes

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
0,9 ml	R1	0	0	0	0	0	1
	R2	0	0	0	0	0	0
	R3	0	0	0	0	0	0
Témoin	R'	0	0	0	0	0	0
Moyenne		0	0	0	0	0	0,25

Annexe 20 :L'effet de bacillus thuringiensis B401 sur les cécidomyies

Les Jours		24H	48H	72J	4J	5J	6J
La Dose Homologué							
0,9 ml	R1	0	0	0	0	1	2
	R2	0	0	0	0	0	2
	R3	0	0	0	0	0	2
Témoin	R'	0	0	0	0	0	0
Moyenne		0	0	0	0	0,3333	2

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ACTA**, 1990. Guide pratique de décence des cultures : 4^{ème} édition réalisée par l'Acta, sous la direction de Bailly R. Edition le carrousel et Acta : 19-12 pp.
- ACTA**, 1999. Guide pratique de décence des cultures : 19-21 p.
- ACTA**, 1999. Guide pratique de défense des cultures, Recueil des effets non intentionnels des produits phytosanitaires, 576, 2211p.
- Anonyme**, 2015. Un article de Wikipédia ; les cultures des tomates, aubergines, poivrons, résumé de la conférence de M. Ferrière.
- Aroune M.E.F.**, 1985. Les aphides et leurs ennemis naturels en vergers d'agrumes de la Mitidja (Algerie). Th. Mag. Agro, El-Harrach : 125 p.
- Asawalam E.F.**, 2007. Contrôle of pests of some capsicum annum species (pepper) cultivars using soil amendments in Umudike-Nigeria. EJEAFCH 6(4) :1975-1979.
- Baudry O., Bourgerie C., Guyot G., Rieux R.**, 2000. Haies composites – réservoirs d'auxiliaires. Ed. Hortipratic, 166 p.
- Bélaïr G.**, 2003. Essai de contrôle des nématodes par l'utilisation des miellats perlé comme engrais vert, Agri- Vision. 2002-2003.
- Blackman D.R.L. et Eastop V.F.**, 1985. Aphids on the world's crops: An identification guide. New York, 466 p.
- Black L, Sylvia K, Green L, Hartman M**, 1993. Maladies du poivron, Un guide pratique. Department of plant pathology and crop physiology Louisiana Agricultural Experiment Station Louisiana State University Agricultural Centre Baton Rouge LA 70803 USA. Centre Asiatique de recherche et de développement de légumes ; centre technique de coopération agricole en rurale ACP-CEE. 14, 18, 24, 30, 32, 50, 64, 84, 88p.
- Blancard D.**, 1988. Maladies de la tomate : Observer, Identifier, Lutter. INRA Paris 1988. 205 p 50.
- Boivin G**, 2002. Guide d'identification des pucerons dans les cultures maraichères au Québec.
- Bonnemain J L**, 2010. Compatible plant-aphid interactions : How aphids manipulate plant responses. C. R. Biologies 333 : 516–523.
- Braut V, Uzest M, Monsion B, Jacquot E and Blanc S**, 2010. Aphids as transport devices for plant viruses Les pucerons, un moyen de transport des virus de plante. C. R. Biologies 333: 525-531.
- Bugg L**, 2008. Flower flies (syrphidae), and other biological control agents of aphids in vegetable crops. 2008.
- Bulbifera L**, 1980. Les cultures maraichères –comprendre la physiologie Agri- Vision. 2002-2003.

- Cavalier-Smith T.** 1993. Kingdom protozoa and its 18 phyla. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 57, 953-994.
- Celini L.** 2001. Le puceron de cotonnier *Aphis gossypii* et son parasite 122 (3) :7-10 p.
- Chabérière C. et Caudal Y.T.,** 2007. Poivron protection phytosanitaire situation actuelle et perspectives. Rencontre technique-plan d'Orgon -5 octobre 2007.10p.
- Chabrière C., Caudal Y.T. et Schoen L.** 2005. *Bemisia tabaci* (Gennadus) dans le sud de la France en culture légumière sous abris. Situation actuelle de la protection intégrée et études réalisées. Rencontre végétale 17 et 18 novembre 2005. 54 p.
- Charles Vincent Catherine Regnault-Roger, Bernard Philogène,** 2008. Biopesticides d'origine végétale, Lavoisier, 2008, 2^e éd., 576 p.
- Chaux C et Foury C,** 1994. Productions légumières. Tome 3. Légumineuses potagères –
- Chen, J., B.E. Carlson, and A.D. Del Genio,** 2002: Evidence for strengthening of the tropical general circulation in the 1990s.
- Chinery M.,** 1986 : Insectes de France et d'Europe occidentale. Ed. Arthaud, 320 p.
- Christelle L,** 2007. Dynamique d'un système hôte- parasitoïde en environnement spatialement hétérogène et lutte biologique Application au puceron *Aphis gossypii* et au parasitoïde *Lysiphlebus testaceipes* en serre de melons. Thèse Doctorat, Agro Paris Tech, Paris. P 43- 44
- Clarence F. A.,** 1958 : Les mauvaises herbes du Canada. 45 p.
- Cloutier et Cloutier C,** 1992. Les solution biologique de lutte pour la répression dees insectes et acariens ravageurs des cultures In lutte biologique pp 62 : 649p
- Csizinszky A.A., Schutester D.J., Jones J.B. et Van Lenteren J.C.,** 2005. Tomatoes: Edited by Ep. Heuvelink. Crop production science in horticulture (13) : CABI Publishing is a division of CAB International.235 p.
- Dajoz, R.,**1988. Écologie des insectes forestiers. (Écologie fondamentale et appliquée) de défense de la plante. Cahiers Agricultures vol. 17, n°, 396: 395-398.
- Dedryver C A,** 1982. Qu'est-ce qu'un puceron ? Journ. D'info et d'étude « : les pucerons des cultures, Le 2, 3 et 4 mars 1981. Ed. Bourd, Paris.pp9-20.
- Deguine J. P. and Leclant F.,** 1997. *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae). Les dépredateur du cotonnier en Afrique tropicale et dans le reste du monde. Ed.Cent.Inter Rech. Agro. Dév. (C.I.R.A.D), n°11,paris
- Delirme,** 1996. Résistance aux insecticides chez les pucerons. PHM Revue Horticole, 369,
- Deyrever C A,** 1981. Qu'est qu'un puceron (les pucerons des cultures) Journée d'étude et d'information Paris 2.3.Et 4 Mars 1981, 9-19pp

- DSA**, 2017. Données statistiques de la direction des services agricoles de Mostaganem.
- DSA**, 2019. Données statistiques de la direction des services agricoles de Mostaganem.
- Elattir H, Skidedj A, Alfadl A**, 2009. Fiche technique V : La tomate , L'aubergine, le poivron, et gambo, Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA n°100. Ministre de l'agriculture et de développement rural. Royaume du maroc. 10p
- Elmhirst J.** 2006 .Profil de la culture de poivron de serre au canada. Elmhirst Diagnostic and Research Abbotsford (Colombie-Britannique) Canada (4) :50 p.
- El-Oumairini A**, 2000. Entomofauna of pepper plants and the effect of plants and the effect of plant variety on biology and morphology of aphids. 27p.
- Estevez et al.**, 2000. Contribution de l'écologie du paysage à la diversification des agroécosystèmes à des fins de phytoprotection 81.
- existence of three main lineages in the phylogeny of aphids (Hemiptera: Aphididae) and the
- FAO**, 2015. Food and Agricultural Organisation, Statistique agricole.
- FAO**, 2011. Food and Agricultural Organisation, statement on biotechnology
- FAO**, 2016. Food and Agricultural Organisation, Statistique agricole.
- Faucher M and Bonnemain J L**, 2010. Compatible plant-aphid interactions : How aphids
- Fraval A**, 2006. Les puceron – 2^e partie, Insectes N° Office pour les insectes et leur environnement, France, 3^e trimestre 2006. 2730, site web :[www.inra.fr / opieinsectes/pdf/ i142fraval3.pdf](http://www.inra.fr/opieinsectes/pdf/i142fraval3.pdf)
- Fredon.**, 2008. Fiche technique sur les pucerons, France.
- Fredon.**, 2011. Fiche technique sur les pucerons, France.
- Ghelamallah, A.** 2016. Étude des pucerons des cultures maraîchères et leurs complexes parasitaires dans la région de Mostaganem (Nord-Ouest Algérien). Thèse de Doctorat, spécialité : protection des végétaux, Université de Tlmcencen, 156 pages.
- Giordanengo P, Brunissen L, Rusterucci C, Vincent C, Bel A V, Dinant S, Girousse C,**
- Faucher M & Bonnemain J L**, 2010. Compatible plant-aphid interactions: How aphids manipulate plant responses. *C. R. Biologies* 333: 516–523.
- Google Earth**, 2020. <http://www.google.fr/intl/fr/earth/index.html>.
- Hall T Y, Skaggs R K**, 2008. New Mexico's Chilies pepper industry : Chile Typer and product surcing. New Mexico Chile task force report 8p
- Harmel N, Francis F, Haubruge E et Giordanengo P**, 2008. Physiologie des interactions
- Harris, 1928 : La longueur des punaises.
- Hebrard E, Froissart R, Louis C and Blanc S**, 1999. Les modes de transmission des virus phytopathogènes par vecteurs *Virologie* 3 :35-38.

- Henry 2009, Slater 1978, Henry & Froeschner 1988 et Brooks & Kelton 1967** : Les Hémiptères de Québec – punaises.
- Howard R, Allan G, Lloyd W**, 1994. Dideases and Pests of vegetable Crops in Canda Société cnadienne de phytopathologie et Société entomologique du canada, 534p
- Hullé M A**, 1999. Les pucerons des plantes maraichères : cycle biologique et activité de vol.
- Hulle M, Turpeau, Ait Ighil E, Robert Y and Monet Y**, 1999. Les pucerons des plantes maraichères. Cycle biologique et activités de vol. Ed A.C.T.A I.N.R.A. Paris
- Ishikawa A, Hongo S , M iura T**, 2008. Morphological and Hostological examination of polyphonic wing formation in the pea aphids *Acyrtosiphon pisum* (Memiptera : Hexapoda) Zoomorphology, 2008, 127 : 121-133p
- Jourdheuil P, Missonnier J**, 1964. Remarques sur quelques phénomènes de régulation du cycle saisonnier des insectes. Extrait de la revue générale des sciences 71, 25-37, 1964, 9p.
- Khelifi M, Iagguê C, and Laçasse B.**, 2001. Lutte pneumatique contre les insectes en phytoprotection. La lutte physique en phytoprotectionl'ouest de la France. Résultat de neuf années de piégeage (1967-1975) Ann. Soc. Ent. FR(NS)12 (04) .1979, 671-690pp.
- Lambert L**, 2005. Les puceron dans les légumes de serre : Des bêtes de séve. Ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'Alimentaion, Québec.
- Laumonier**,1978. Cultures légumières et maraichères.-tome. Edition: Paris:Editions J-B Bailliére,1978. N°ordre: AGR/ 033 ,81p.
- Leahy J, Mendelsohn M, Kough J, Jones R, Berckes N**. Biopesticide Oversight and Registration at the U.S. Environmental ProtectionAgency. In: Biopesticides: State of the Art and Future Opportunities,A.D. Gross et al. (Eds). ACS Symposium Series 1172. WashingtonD.C.:American Chemical Society, 2014: 3–18p.
- Leclant F.**, 1970. Les aphides et la lutte intégrée en vergers B.T.I.M.S ARBO N°249 :260-276.
- Leclant F.**, 1970. Les cultures maraichères en Algérie tome I
- Leete G, Picanço M, Zanunco J, Gusmao M R**, 2007. Factors affecting colonization and abandunce of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) on okra plantations Cienc. Agrotec. Lavars, V. 31, n .2, p.337- 343.
- Leete G, Picanço M, Zanunco J, Gusmao M R**, 2007. Factors affecting colonization and Légumes Fruits. Coll. (AGRICULTURE D'AUJOURD'HUI : Sciences, Techniques,
- Lopes T., Bosquée E., Lozano D.P., Chen J. L., Dengfa C., Yong L., FangQiang Z., Haubruge E., Bragard C. and Francis F.**, 2011. Evaluation de la diversité des pucerons et de leurs ennemis naturels en cultures maraichères dans l'est de la Chine. Entomologie faunistique– Faunistic Entomology 2012 (2011) 64 (3), 63.71.

- Maisonhaute J E**, 2009. Quand le paysage influence les ennemis naturels. Bulletin de la Société d'entomologie du Québec, Vol.16, n° 2 :3-5
- Messiaem C.M et lafon R.** 1970. Les maladies des plantes maraichères 2^{ème} édition. Institut National de la Recherche Agronomique. Marcel Bon 70 – Vesoul. Edit. INRA : 89-117.
- Mordue, A. J.; Blackwell, A.** 1993. Azadirachtin: an update. Journal Insect Physiology 39 (11): 903-924
- Mueller J H, Pepper D A and Dennehy T J**, 2001. Beet Armyworm (Spodoptera exigua)
- Naika S., De Jeude J.V.L., De Goffau M., Hilmi M., Van Dam B., et Florijin A. (2005) : La culture de la tomate. Production transformation et commercialisation ; publié par Agromisa. Foudation.104 p.
- Ortiz-Rivas B and Martínez-Torres D**, 2010. Combination of molecular data support the
- Pintureau B.**, (2009). La lutte biologique, Application aux arthropodes ravageurs et aux adventices, Ellipses.
- Pochard E, Palloix A, Daubeze M**, 1992. Le piment. 420p.
- Powell G, Tosh CR, Hardie J.** 2006. Annual Review of Entomology February 2006 51(1):309-30 .
- Rabasse J.M .**, 1976. Puceron en cultures protégées, les problèmes poses et les moyens de les contrôler en lutte intégrée. Phytoma-Défense des cultures (234) :13-18
- Racah B and Fereres A**, 2009. Plant Virus Transmission by Insects. Encyclopedia of Life Sciences, John Wiley and Sons, Ltd. www.els.net.
- Reboulet J N**, 1999. Les auxiliares entomophages - recooaissance, méthodes d'observation, intérêt agronomique. ED. ACTA. 136 p.
- Riba G et Silvy C**, 1989. Combattre les ravageurs des cultures. Enjeu et perspective. INRA.
- Robert Y & Joelle P J**, 1976. Activité saisonnier de vol des pucerons (Hom: Aphididae) dans l'ouest de la France. Résultat de neuf années de piégeage (1967-1975) Ann. Soc. Ent. FR(NS)12 (04) .1979, 671-690pp.
- Robert Y**, 1984. Fluctuation et dynamique de la population des puceron . Jour . D'étude et d'info : Les puceron descultures, Le 2,3 et 4 mars 1981. ED 1 A.C.T.A, pp 21-35.
- Rondon S L, Cantliffe D J et Price J F**, 2005 Population dynamics of the cotton aphid, aphid gossypii (Hom :Aphididae) en strawberries grown under protected structure.Florida Entomologiste, 88(2) 152-158p.
- Ronzon B**, 2006. Biodiversité et lutte biologique, Comprendre quelque fonctionnements écologique dans une parcelle cultivée,pour prévenir contre le puceron de la salade.Extrait d'un mémoire de fin d'étude sur les bandes fleuries, qui sont utilisées comme réservoir d'insectes auxiliares : 18-22.

- Ryckewaert P and Fabre**, 2001. Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures maraichères à la Réunion. Food and Agricultural Research Council, Réduit, Mauritius. Ed CIRAD, Saint Pierre, La Réunion.
- Saharaoui L, Gourreau I M**, 2000. Les coccinelles d'Algérie : inventaire et régime alimentaire (Coleoptera, Coccinellidae). Recherche Agronomique. 6 : 11-27. INRAA.
- Sarthou J P**, 2004. Dossier : La biodiversité dans tous ses états. Alter Agri N° 76 : 4-14p.
- Saharaoui. L., et Gourreau. J.M.**, 1998. Les coccinelles d'Algérie : Inventaire préliminaire et régime alimentaire (Coleoptera : Coccinellidae). Bull. Soc. Entomo. France, 3(103) : 213-224.
- Sekkat A**, 2007. Les pucerons des agrumes au Maroc. Pour une agrumiculture plus respectueuse de l'environnement. ENA 18 décembre 2007.
- Simon H**, 1994. Agriculture d'aujourd'hui science technique en application. La protection des cultures, Lavoisier London Tec et Doc. New York. 21-22p.
- Skiredj A, Elattir H, ElFadl A**, 2005. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Département d'horticulture. Site Internet : www.legume-fruit-maroc.com, 2005. Consulté le 30 Mai 2007.
- Soucy J B**, 2010. Les pucerons : stratégies de contrôle. 22p.
- Toudert D J**, 1991. Etude agropédologique détaillée de l'atelier agricole et évaluation de la stabilité structurale, sous l'influence du couvert végétal et du port organique (fumier mémoire de fin d'étude INFSA, Mostaganem).
- Tsuji H, Kawada K**, 1987. Development and degeneration of winged and non-winged flight muscles in the pea aphid (*Acyrtosiphon pisum* (Harris)). JpnJ. Appl Entomol Zool, 1978, 31 :247-252p.
- Valdez V**, 1994. Cultivo de Aji, Edition : Centro de información de FDA. 17p.
- Van lenteren J C, Bale J, Bigler F, Hokkanen H et Loomans A J M**, 2006 Assessing risks of realising exotic biological control agents of arthropod pests. Ann. Rev. Entomol 51 : 609- 634p.
- Verheij E et Waaijenberg H**, 2008. Le jardin potager dans les zones tropicales. 67 p.
- Vincent C et Codere D**, 1992. La lutte biologique. Gaetan Morin (eds), Boucherville Québec, 702 p.
- Wang Y, Wang J, Ren X and Zhu W**, 2000. A study on system optimum control to diseases and insect pests of summer soybean. Acta Ecologica Sinica 20 :502-509.
- Williams I. S. and Dixon A. F. G.**, 2003. Life cycles and polymorphism. In: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), Aphids as Crop Pests, Ed. CAB International (UK), 69 - 85.
- Wong J Y et Lin H**, 2000 Effect of Soil pH, nitrogen from and VA-mycorrhiza infection on acquisition of soil phosphorus by paprika plant. Food Science and Agricultural chemistry, 2(3) :25-35p.